ISSN 2226-910X

Вестник

Воронежского государственного УНИВЕРСИТЕТА ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



2019 № 1

16+

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

16+

ВЕСТНИК ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

PROCEEDINGS OF THE VORONEZH STATE UNIVERSITY OF ENGINEERING TECHNOLOGIES

2019, Том. 81, № 1

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В 1938 ГОДУ
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

Воронеж
2019

Журнал включен в перечень изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Министерства науки и высшего образования Российской Федерации для опубликования диссертационных исследований

Письмо о Перечне рецензируемых научных изданий от 28.12.2018 г. (https://goo-gl.ru/4XHR)

Материалы журнала размещаются в
БД РИНЦ (www.elibrary.ru/title_about.asp?id=32905) л/д №6-01/2014 от 22.01.14г
БД AGRIS [ФАО ООН] (http://agris.fao.org) – выборочно,
ЭБС Лань (https://e.lanbook.com/journal/2217) л/д №09/09 от 09.09.13г
ЭБС IPRbooks л/д №894/15 от 20.11.15г
ЭБ КиберЛенинка (https://goo.gl/xNY2jK) л/д №56/31604-01 от 27.09.16г
БД ВИНИТИ РАН
НИС Соционет (https://socionet.ru/collection.xml?h=spz:neicon:vestnik-vsuet)
БД Directory of Open Access Journals (DOAJ) (https://goo.gl/GIdy7L)
БД Open Access scholarly Resources (ROAD) (https://goo.gl/HQEuOJ)
The European Library (TEL) (http://www.theeuropeanlibrary.org/tel4/search?query=2226-910X)
БД AcademicKeys (https://goo.gl/7f7nRO)
Research Bible (http://journalseeker.researchbib.com/view/issn/2226-910X)
БД EBSCO Publishing (http://search.ebscohost.com)

В журнале представлены статьи по следующим научным специальностям:
05.18.00 – Технология продовольственных товаров;
05.17.00 – Химическая технология;
08.00.00 – Экономические науки

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА

Председатель (Главный редактор):
ПОПОВ ВАСИЛИЙ НИКОЛАЕВИЧ доктор биологических наук, профессор, профессор РАН, ректор, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

Заместители председателя (Зам. главного редактора):
КОРНЕЕВА ОЛЬГА СЕРГЕЕВНА доктор биологических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, проректор по научной и инновационной деятельности, зав. кафедрой биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

Chairman (Editor-in-chief):
POPOV VASILIY NIKOLAEVICH Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Russian Academy of Sciences, Rector, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

Vice-chairman:
KORNEEVA OLGA SERGEEVNA Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Worker of Higher School of Russia, Vice Rector for scientific and innovative activity, Head of the Department of Biochemistry and Biotechnology, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ РУБРИК

Процессы и аппараты пищевых производств

ОСТРИКОВ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ (гл. ред.) доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, зав. кафедрой технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

АЛЕКСЕЕВ ГЕННАДИЙ ВАЛЕНТИНОВИЧ доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики. (г. Санкт-Петербург, Россия)

АНТИПОВ СЕРГЕЙ ТИХОНОВИЧ доктор технических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования РФ, заслуженный изобретатель РФ, советник при ректорате по науке, зав. кафедрой машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

OSTRIKOV ALEKSANDR NIKOLAEVICH doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Scientist of Russia, Head of Department Technology of fats, processes and equipment of chemical and food production, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

ALEKSEEV GENNADY VALENTINOVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology of Fats, Processes and Apparatuses for Chemical and Food Production, St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics. (Saint-Petersburg, Russia)

ANTIPOV SERGEY TIKHONOVICH Doctor of Technical Sciences, professor, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, honored inventor of the Russian Federation, Advisor to the administration of science, Head of the Department of machines and equipment for the food industry, Voronezh state university of engineering technologies (Voronezh, Russia)

АХМЕДОВ МАГОМЕД ЭМИНОВИЧ доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой товароведения и экспертизы, Дагестанский государственный технический университет (Махачкала, Россия)

БРЕДИХИН СЕРГЕЙ АЛЕКСЕЕВИЧ доктор технических наук, профессор, кафедра процессы и аппараты перерабатывающих производств, Российский государственный аграрный университет - Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева (Москва, Россия)

ВАСИЛЕНКО ВИТАЛИЙ НИКОЛАЕВИЧ доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, декан технологического факультета, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ВИНЧЕНЦО СТОРНЕЛЛИ профессор, профессор кафедры электроники, Университет Л'Акуила (Аквила, Италия)

ДРАННИКОВ АЛЕКСЕЙ ВИКТОРОВИЧ доктор технических наук, доцент, профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств, декан факультета пищевых машин и автоматов, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

МАКСИМЕНКО ЮРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ доктор технических наук, доцент, доцент кафедры технологические машины и оборудование, Астраханский государственный технический университет (Астрахань, Россия)

ПАНФИЛОВ ВИКТОР АЛЕКСАНДРОВИЧ доктор технических наук, профессор, академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, почетный работник высшего профессионального образования РФ, профессор кафедры процессов и аппаратов перерабатывающих производств, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева (Москва, Россия)

ПРЕЙС ВЛАДИМИР ВИКТОРОВИЧ доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой технологические системы пищевых, полиграфических и упаковочных производств Тульский государственный университет, Политехнический институт, (Тула, Россия)

ЧЕРТОВ ЕВГЕНИЙ ДМИТРИЕВИЧ доктор технических наук, профессор, советник при ректорате, зав. кафедрой технической механики, почетный работник высшего профессионального образования РФ, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ШЕВЦОВ АЛЕКСАНДР АНАТОЛЬЕВИЧ доктор технических наук, профессор, заслуженный изобретатель РФ, профессор кафедры общепрофессиональных дисциплин, Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (Воронеж, Россия)

AHMEDOV MAGOMED EMINOVICH doctor of technical sciences, professor, head. Department of Commodity Science and Expertise, Dagestan State Technical University (Makhachkala, Russia)

BREDIKHIN SERGEY ALEKSEEVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Processes and Apparatuses of Processing Industries, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after them. K.A. Timiryazev (Moscow, Russia)

VASILENKO VITALII NIKOLAEVICH doctor of Technical Sciences, prof., Professor of the Department of Fats technology, processes and apparatuses of chemical and food industries, the Dean of the Technology Faculty, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

VINCENZO STORNELLI Professor, Professor of the Department of Electronics, University of L'Aquila (L'Aquila, Italy)

DRANNIKOV ALEKSEJ VIKTOROVICH Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Machines and Apparatuses of Food Production, Dean of the Faculty of Food Machines and Automata, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

MAKSIMENKO YURI ALEKSANDROVICH Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Technological Machines and Equipment, Astrakhan State Technical University (Astrakhan, Russia)

PANFILOV VIKTOR ALEKSANDROVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of RAS, Honored Worker of Science of the Russian Federation, Honored Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Professor of the Department Processes and Apparatuses of Processing Industries, Russian State Agrarian University -Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev (Moscow, Russia)

PRICE VLADIMIR VIKTOROVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technological Systems of Food, Printing and Packaging Production Tula State University, Polytechnic Institute, (Tula, Russia)

CHERTOV EVGENY DMITRIEVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Advisor to the administration, Head of the Department of Technical Mechanics, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Voronezh state university of engineering technologies (Voronezh, Russia)

SHEVTCOV ALEKSANDR ANATOLEVICH doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Inventor of the Russian Federation, Professor of General Professional Disciplines, Air Force Academy named after Prof. N. E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin (Voronezh, Russia)

Пищевая биотехнология

АНТИПОВА ЛЮДМИЛА ВАСИЛЬЕВНА (гл. ред.) доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

АГАФОНОВ ГЕННАДИЙ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

АКСЕНОВА ЛАРИСА МИХАЙЛОВНА доктор технических наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник ВНИИ кондитерской промышленности (Москва, Россия)

ВИКТОРОВА ЕЛЕНА ПАВЛОВНА доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной и инновационной деятельности Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции (Краснодар, Россия)

ANTIPOVA LIUDMILA VASILEVNA doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Professor of the Department of technology of animal origin products, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

AGAFONOV GENNADII VIACHESLAVOVICH doctor of Technical Sciences, prof., Head of the Department of Technology of fermentation and sugar industries, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

AKSENOVA LARISA M. Doctor of Technical Sciences, professor, Academician-secretary of the Russian Academy of Agricultural Sciences, Chief research officer at the Research Institute of Confectionery Industry (Moscow, Russia)

VICTOROVA ELENA PAVLOVNA Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director for Scientific and Innovation Activities North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture and Wine, Krasnodar Research Institute of Storage and Processing of Agricultural Products (Krasnodar, Russia)

ГОЛУБЕВА ЛЮБОВЬ ВЛАДИМИРОВНА доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, профессор кафедры технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

GOLUBEVA LIUBOV VLADIMIROVNA doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of the Higher School of Russia, Professor of the Department of technology of animal origin products, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

ДОНЧЕНКО ЛЮДМИЛА ВЛАДИМИРОВНА доктор технических наук, профессор, профессор ВАК, профессор кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина (Краснодар, Россия)

DONCHENKO LYUDMILA VLADIMIROVNA Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of VAK, Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Plant Production, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina (Krasnodar, Russia)

ИЗТАЕВ АУЕЛБЕК доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии хлебопродуктов и перерабатывающих производств, директор НИИ пищевых технологий, Алматинский Технологический Университет (Алматы, Казахстан)

IZTAEV AUELBEK Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology of bakeries and processing industries, director of the Research Institute of Food Technologies, Almaty Technological University (Almaty, Kazakhstan)

КУЛЬНЕВА НАДЕЖДА ГРИГОРЬЕВНА доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

KULNEVA NADEZHDA GRIGOREVNA Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology of fermentation and sugar industries, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

ЛИСИЦЫН АНДРЕЙ БОРИСОВИЧ доктор технических наук, профессор, академик РАН, лауреат Государственной премии РФ, директор ФГБНУ "ВНИИМП им. В.М. Горбатова" (Москва, Россия)

LISITSYN ANDREI B. Doctor Of Technical Sciences, Professor, Academician Of The Russian Academy Of Sciences, Laureate Of The State Prize Of The Russian Federation, Director Of The All-Russian Research Institute Of Meat Industry Named After V. M. Gorbatov. (Moscow, Russia)

МАГОМЕДОВ ГАЗИБЕГ ОМАРОВИЧ доктор технических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования РФ, зав. кафедрой технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

MAGOMEDOV GAZIBEG OMAROVICH doctor of Technical Sciences, prof., Honored Worker of Higher Professional Education of the Russia, Head of the Department of Technology of bakery, confectionery, pasta and grain-processing industries, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

ПЕТРОВ АНДРЕЙ НИКОЛАЕВИЧ доктор технических наук, профессор, академик РАН, директор ФГБНУ ВНИИ Технологии консервирования (Видное, Московская обл., Россия)

PETROV ANREJ NIKOLAEVICH Doctor of Technical Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of the All-Russian Scientific Research Institute of Preserving Technology (Vidnoe, Moscow Region, Russia)

ПОЛЯКОВ ВИКТОР АНТОНОВИЧ доктор технических наук, профессор, академик РАН, директор ФГБУН ВНИИ Пищевой биотехнологии (Москва, Россия)

POLYAKOV VIKTOR ANTONOVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of the All-Russian Research Institute of Food Biotechnology (Moscow, Russia)

РОДИОНОВА НАТАЛЬЯ СЕРГЕЕВНА доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой сервиса и ресторанного бизнеса, декан факультета экономики и управления, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

RODIONOVA NATALIA SERGEEVNA Doctor of Technical Science, Prof., Head of the Department of service and restaurant business, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

ХАТКО ЗУРЕТ НУРБИЕВНА доктор технических наук, доцент, зав. кафедрой технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Майкопский государственный технологический университе, (Майкоп, Россия)

KHATKO ZURET NURBIEVNA Doctor of Technical Sciences, associate professor, Head of the department of manufacturing technology and processing of agricultural products, Maikop State Technological University, (Maikop, Russia)

Химическая технология

КАРМАНОВА ОЛЬГА ВИКТОРОВНА (гл. ред.) доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой химии и химической технологии органических соединений и переработки полимеров, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

KARMANOVA OLGA VIKTOROVNA doctor of Technical Sciences, prof., Head of the Department of Chemistry and Chemical Technology of organic compounds and Polymers processing, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

БИТЮКОВ ВИТАЛИЙ КСЕНОФОНТОВИЧ доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, советник при ректоратепрофессор кафедры информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

BITIUKOV VITALII KSENOFONTOVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Scientist of Russia, Advisor to the administration, Professor of the Department of Information and Control Systems, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

ВАНИЕВ МАРАТ АБДУРАХМАНОВИЧ доктор технических наук, доцент, зав. кафедрой химия и технология переработки эластомеров, Волгоградский государственный технический университет, кафедра химия и технология переработки эластомеров (Волгоград, Россия)

VANIEV MARAT ABDURAKHMANOVICH Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head. Department of Chemistry and Technology of Elastomer Processing, Volgograd State Technical University, Department of Chemistry and Technology of Elastomer Processing (Volgograd, Russia)

ДОРМЕКШИН ОЛЕГ БОРИСОВИЧ доктор технических наук, профессор, лауреат Премии Национальной академии наук Беларуси, отличник народного образования Республики Беларусь, проректор по научной работе, зав. кафедрой технологии неорганических веществ и общей химической технологии, Учреждение образования "Белорусский государственный технологический университет" (Минск, Беларусь)

DORMEKSHIN OLEG BORISOVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Laureate of the National Academy of Sciences of Belarus, Excellence in Public Education of the Republic of Belarus, Vice Rector for Research, head of the department of technology of inorganic substances and general chemical technology, Educational Establishment "Belarusian State Technological University" (Minsk, Belarus)

КУЧМЕНКО ТАТЬЯНА АНАТОЛЬЕВНА доктор химических наук, профессор, профессор РАН, зав. кафедрой физической и аналитической химии, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ЛЮСОВА ЛЮДМИЛА РОМУАЛЬДОВНА доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой химии и технологии переработки эластомеров имени Ф.Ф. Кошелева, Московский технологический университет МИРЭА, Московский государственный университет тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия)

МОКШИНА НАДЕЖДА ЯКОВЛЕВНА доктор химических наук, доцент, доцент кафедры физики и химии, Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (Воронеж, Россия)

НИКУЛИН СЕРГЕЙ САВВОВИЧ доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии органического синтеза и высокомолекулярных соединений, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ПРОКОПЧУК НИКОЛАЙ РОМАНОВИЧ доктор химических наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, зав. кафедрой технологии нефтехимического синтеза и переработки полимеров, Учреждение образования "Белорусский государственный технологический университет" (Минск, Беларусь)

ПУГАЧЕВА ИННА НИКОЛАЕВНА доктор технических наук, доцент, профессор кафедры инженерной экологии, декан факультета экологии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

СУХАНОВ ПАВЕЛ ТИХОНОВИЧ доктор химических наук, профессор, проректор по учебной работе, профессор кафедры физической и аналитической химии, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ФРАНЧЕСКО ВЕЛЬО профессор, профессор кафедры теории развития химических процессов, Университет Л'Акуила (Аквила, Италия)

KUCHMENKO TATIANA ANATOLEVNA doctor of Chemical Sciences, Prof., Head of the Department of Physical and Analytical Chemistry, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

LYUSOVA LYUDMILA ROMUALDOVNA Doctor of Technical Sciences, Professor, Head. Department of Chemistry and Technology of Elastomers Processing named after F.F. Kosheleva, Moscow Technological University MIREA, Moscow State University of Fine Chemical Technologies. M.V. Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia)

MOKSHINA NADEZHDA IAKOVLEVNA doctor of Chemical Sciences, associate professor, Associate professor of the Department of Physics and Chemistry, Air Force Academy named after Prof. N. E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin (Voronezh, Russia)

NIKULIN SERGEI SAVVOVICH doctor of Technical Sciences, prof., Professor of the Department of Technology of Organic Synthesis and macromolecular compounds, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

PROKOPCHUK NIKOLAI ROMANOVICH Doctor of Chemical Sciences, Professor corresponding member of National Academy of Sciences of Belarus, Head of the department of Technology of petrochemical synthesis and polymers processing, Educational Establishment "Belarusian State Technological University" (Minsk, Belarus)

PUGACHEVA INNA NIKOLAEVNA doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Environmental Engineering, Dean of the Faculty of Ecology and Chemical Technology, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

SUKHANOV PAVEL TIKHONOVICH doctor of Chemical Sciences, Professor, Vice-Rector for Academic Affairs; Professor of the Department of Physical and Analytical Chemistry, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

FRANCESCO VEGLIO Professor, Professor of the Department of Theory of Chemical Processes development, University of L'Aquila, (L'Aquila, Italy)

Экономика и управление

ХОРЕВ АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ (гл. ред.) доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, зав. кафедрой экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

БАЛЫХИН МИХАИЛ ГРИГОРЬЕВИЧ доктор экономических наук, доцент, и.о. ректора, Московский государственный университет пищевых производств (Москва, Россия)

БЕЛЯЕВА ГАЛИНА ВИКТОРОВНА доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой бухгалтерского учета и бюджетирования, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

БОГОМОЛОВА ИРИНА ПЕТРОВНА доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой управления, организации производства и отраслевой экономики, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ВОРОНИН ВАЛЕРИЙ ПАВЛОВИЧ доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры теории экономики, товароведения и торговли, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ЗАКШЕВСКИЙ ВАСИЛИЙ ГЕОРГИЕВИЧ доктор экономических наук, профессор, академик РАН, почетный работник агропромышленного комплекса России, директор ФГБУ НИИЭОАПК ЦЧР России (Воронеж, Россия)

KHOREV ALEKSANDR IVANOVICH Doctor of Economic Science, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Head of the Department of economic security and financial monitoring, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

BALYKHIN MIKHAIL GRIGORYEVICH doctor of economic sciences, associate professor, acting. Rector, Moscow State University of Food Production (Moscow, Russia)

BELIAEVA GALINA VIKTOROVNA Doctor of Economic Science, Professor, Head of the Department of Accounting and budgeting, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

BOGOMOLOVA IRINA PETROVNA Doctor of Economic Science, Professor, Head of the Department of management, organization of manufacture and branch economy, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

VORONIN VALERII PAVLOVICH Doctor of Economic Science, Professor, Professor of the Department of Economics Theory, commodity research and commerce, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

ZAKSHEVSKY VASILY GEORGIEVICH Doctor of Economics, Professor, Academician of the RAS, Honorary Worker of the Russian Agroindustrial Complex, Director of the "Research Institute of Economics and Organization of the Agro-Industrial Complex of the Central Black Earth Region of the Russian Federation" (Voronezh, Russia)

МЕРЗЛИКИНА ГАЛИНА СТЕПАНОВНА доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой экономики и управления, Волгоградский государственный технический университет (Волгоград, Россия)

МИТЯКОВ СЕРГЕЙ НИКОЛАЕВИЧ доктор физико-математичеких наук, профессор, директор института экономики и управления, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (Нижний Новгород, Россия)

МОРКОВИНА СВЕТЛАНА СЕРГЕЕВНА доктор экономических наук, профессор, проректор по науке и инновациям профессор кафедры Менеджмента и экономики предпринимательства, Кафедра экономики и финансов Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова (Воронеж, Россия)

САЛИКОВ ЮРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

СИБИРСКАЯ ЕЛЕНА ВИКТОРОВНА доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры статистики, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова (Москва, Россия)

MERZLIKINA GALINA STEPANOVNA Doctor of economic sciences, professor, head. Department of Economics and Management, Volgograd State Technical University (Volgograd, Russia)

MITYAKOV SERGEY NIKOLAEVICH Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Director of the Institute of Economics and Management, Nizhny Novgorod State Technical University them. R.E. Alekseeva (Nizhny Novgorod, Russia)

MORKOVINA SVETLANA SERGEYEVNA Doctor of Economics, Professor, Vice-Rector for Science and Innovations, Professor of the Department of Management and Economics of Entrepreneurship, Department of Economics and Finance Voronezh State Forestry University. G.F. Morozova (Voronezh, Russia)

SALIKOV IURII ALEKSANDROVICH Doctor of Economic Science, Professor, Professor of the Department of economic security and financial monitoring, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

SIBIRSKAYA ELENA VIKTOROVNA Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Statistics, Russian Economic University. G.V. Plekhanov (Moscow, Russia)

Официальный сайт «Вестник ВГУИТ» www.vestnik-vsuet.ru

Подписной индекс издания в агентстве "Роспечать" 70927

Ответственный секретарь: ДЕРКАНОСОВА А.А. (эл. почта: post@vestnik-vsuet.ru)

Учредитель: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций: Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-56830 от 29 января 2014 г.

Адрес университета, редакции, издательства и отдела полиграфии ФГБОУ ВО «ВГУИТ»
394036, Воронеж, пр. Революции д.19 ауд.11
тел./факс: (473) 255-37-16
E-mail: post@vestnik-vsuet.ru

Сдано в набор 10.03.2019. Подписано в печать 19.03.2019
Выход в свет: 27.03.2019
Формат 70×100 1/8.
Усл. печ. л. 62,25 Тираж 1500 экз. Заказ.
Цена – свободная.

© ФГБОУ ВО «Воронеж. гос. ун-т инж. технол.», 2019

CONTENTS

PROCESSES AND APPARATUSES OF FOOD ENGINEERING

Antipov S.T., Klyuchnikov A.I. Adaptation of the diffusion mathematical model to describe process microfiltration process fluids food production 11

Afanasiev V.A., Ostrikov A.N., Manuilov V.V., Aleksandrov A.I. Development of highly efficient technology of grain moisture-heat treatment and the design of conditioner steamer 19

Shakhov S.V., Saranov I.A., Sadibaev A.K., Malibekov A.A., Litvinov E.V., Gruzdov P.V. The research of moisture forms in the rape by the thermogravimetric analysis method 27

Lytkina L.I., Shentsova E.S., Koptev D.V., Sitnikov N. Yu. The bioreactor with use of impeller mixers for cultivation of biomass of microalgas 32

Shishatsky Ju.I., Barbashin A.M., Nickel S.A. Development of mathematical model of extraction from lupine with cheese serum by applying low-frequency mechanical vibrations 36

Fatykhov Yu.A., Shumanova M.V., Shumanov V.A. The mechanism of mass transfer in the process of fish salting 42

Botov M.I., Davydov D.M., Davydov A.M., Ziborov D.M. The method of calculating sheet-channel heat exchangers used in the thermal equipment of catering 47

Orlova O.I., Belova M.V., Zhdankin G.V., Obolenskiy N.V. Development and justification of the parameters of the microwave installation for heat treatment of rejected chicken eggs 53

Shamin E.A., Novikova G.V., Belova M.V., Mikhailova O.V. Justification of parameters of microwave installation for separation of down from skins of rabbits in the continuous mode 59

FOOD BIOTECHNOLOGY

Eliseev M.N., Osipova V.P., Emelyanova L.K., Lakutin D.G., Alekseeva O.M. The quality indicators of french cognac 66

Perfilova O.V., Magomedov G.O. The research of rheological properties of bagasse based paste 72

Lazarev S.I., Rodionov D.A., Polyanskiy K.K., Bogomolov V. Yu. Research of a diffusion transmittivity of proteins through ultrafiltrational membranes 77

Slavjanskij A.A., Semenoc E.V., Alekseev A.A., Antipov S.T. Mathematical modelling of the process of rinsing centrifugal draught ferry (on the example of sugar production) 82

Rakhimova E.I., Sirotkin A.S., Saitova E.E. Study and implementation of industrial processing equipment steaming in the production of mayonnaise 88

Timoshenkova I.A., Bazarnova Yu.G. Technology of fish semi-finished products using antimicrobial compositions with organic acids and salts 94

Sabirov A.A., Barakova N.V., Samodelkin E.A. The effect of proteolytic enzymes on the amino acid composition of the filtrate and the grain mash obtained from the shock-activator-disintegrating treated rye 99

Dunchenko N.I., Hadgu M.S., Voloshina E.S., Yankovskaya V.S., Kuptsova S.V., Ginzburg M.A. Identification of health and safety management system components in the fish patty production 105

Zueva N.V., Agafonov G.V., Korchagina M.V., Dolgov A.N., Chusova A.E. Selection of enzyme preparations and temperature-time regimes of water-heat and enzymatic treatment in the development of complex technology of processing of grain raw materials 112

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Антипов С.Т., Ключников А.И. Адаптация диффузионной математической модели для описания процесса микрофильтрации технологических жидкостей пищевого производства 11

Афанасьев В.А., Остриков А.Н., Мануйлов В.В., Александров А.И. Разработка высокоэффективной технологии влаготепловой обработки зерна и конструкции кондиционера-пропаривателя 19

Шахов С.В., Саранов И.А., Садибаев А.К., Малибеков А.А., Литвинов Е.В., Груздов П.В. Исследование форм связи влаги в рапсе методом термогравиметрического анализа 27

Лыткина Л.И., Шенцова Е.С., Коптев Д.В., Ситников Н.Ю. Биореактор с применением импеллерных мешалок для культивирования биомассы микроводорослей 32

Шишацкий Ю.И., Барбашин А.М., Никель С.А. Разработка математической модели экстрагирования из люпина подсырной сывороткой наложением низкочастотных механических колебаний 36

Фатыхов Ю.А., Шуманова М.В., Шуманов В.А. Механизм массообмена в процессе посола рыбы 42

Ботов М.И., Давыдов Д.М., Давыдов А.М., Зиборов Д.М. Методика расчета теплообменников листоканального типа, применяемых в тепловых аппаратах предприятий питания 47

Орлова О.И., Белова М.В., Жданкин Г.В., Оболенский Н.В. Разработка и обоснование параметров СВЧ-установки для термообработки отбракованных куриных яиц 53

Шамин Е.А., Новикова Г.В., Белова М.В., Михайлова О.В. Обоснование параметров СВЧ установки для отделения пуха от шкурок кроликов в непрерывном режиме 59

ПИЩЕВАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ

Елисеев М.Н., Осипова В.П., Емельянова Л.К., Лакутин Д.Г., Алексеева О.М. Показатели, формирующие качество и идентификацию коньяков Франции 66

Перфилова О.В., Магомедов Г.О. Исследование реологических свойств пасты на основе свекольных выжимок 72

Лазарев С.И., Родионов Д.А., Полянский К.К., Богомолов В.Ю. Исследование диффузионной проницаемости белков через ультрафильтрационные мембраны 77

Славянский А.А., Семенов Е.В., Алексеев А.А., Антипов С.Т. Математическое моделирование процесса центробежного промывания осадка паром (на примере сахарного производства) 82

Рахимова Э.И., Сироткин А.С., Саитова Э.Э. Обоснование и промышленная реализация обработки оборудования острым паром при производстве майонеза 88

Тимошенкова И.А., Базарнова Ю.Г. Технология натуральных рыбных полуфабрикатов с использованием антимикробных композиций на основе органических кислот и их солей 94

Сабиров А.А., Баракова Н.В., Самоделкин Е.А. Влияние протеолитических ферментов на аминокислотный состав фильтрата и дробины зернового сусла, полученного из УДА-обработанной ржи 99

Дунченко Н.И., Хаджу М.С., Волошина Е.С., Янковская В.С., Купцова С.В., Гинзбург М.А. Разработка элементов системы менеджмента безопасности при производстве рыбных котлет 105

Зуева Н.В., Агафонов Г.В., Корчагина М.В., Долгов А.Н., Чусова А.Е. Выбор ферментных препаратов и температурно-временных режимов водно-тепловой и ферментативной обработки при разработке комплексной технологии переработки зернового сырья 112

Alekseeva T.V., Kalgina Yu.O., Evlakova V.S., Malakova L.A., Zdorovtsev E.O., Fursova A.P. Getting food emulsified foams enriched with native calcium 120

Алексеева Т.В., Калгина Ю.О., Евлакова В.С., Малакова Л.А., Здоровцев Е.О., Фурсова А.П. Получение пищевых эмульгированных пен, обогащенных нативным кальцием 120

Shestakova E.A., Raspopov D.S., Verboloz E.I. Development of flow technology for the purification and production of food sunflower phospholipids 125

Шестакова Е.А., Распопов Д.С., Верболоз Е.И. Разработка поточной технологии очистки и получения пищевых подсолнечных фосфолипидов 125

Vasilenko V.N., Frolova L.N., Dragan I.V., Mihajlova N.A. Development of production extruded feed for tilapia industrial production 132

Василенко В.Н., Фролова Л.Н., Драган И.В., Михайлова Н.А. Разработка продукционных экструдированных комбикормов для индустриального производства тиляпии 132

Bityukov V.K., Avcinov I.A., Sukhanova N.V. The process of controlling the mass of piece products on pneumatic devices 138

Битюков В.К., Авцинов И.А., Суханова Н.В. Процесс контроля массы штучных изделий на пневматических устройствах 138

Perfilova O.V. The using of microwave, infrared heating in technology of carrot powder from refuse 144

Перфилова О.В. Применение СВЧ-, ИК-нагрева в технологии получения морковного порошка из выжимок 144

Bessarab O.V., Platonova T.F., Protunkevitch I.V. Modeling of the corrosion process in the interaction of tinplate with vegetable canned food 149

Бессараб О.В., Платонова Т.Ф., Протункевич И.В. Моделирование коррозионного процесса при взаимодействии белой жести с овощными консервами 149

Lobanov V.G., Kasyanov G.I., Mazurenko E.A. Features of the diet of athletes playing sports 160

Лобанов В.Г., Касьянов Г.И., Мазуренко Е.А. Особенности режима питания спортсменов игровых видов спорта 160

Novikova Zh.V., Sergeeva S.M., Zakharova A.D., Semisazhonova Ju.A. Justification of the use of green tea "Matcha" in the production of functional confectionery 168

Новикова Ж.В., Сергеева С.М., Захарова А.Д., Семисажонова Ю.А. Обоснование применения зеленого чая «Матча» в производстве сбивных кондитерских изделий функционального назначения 168

Kolpakova V.V., Kovalenok V.A. Relationship of the functional properties of dry wheat gluten with amino acid composition and its quality indicators 173

Колпакова В.В., Коваленок В.А. Взаимосвязь функциональных свойств сухой пшеничной клейковины с аминокислотным составом и показателями её качества 173

Kolpakova V.V., Chumikina L.V., Arabova L.I. Modification of functional properties of white and brown rice protein concentrates 181

Колпакова В.В., Чумикина Л.В., Арабова Л.И. Модификация функциональных свойств белковых концентратов из белого и коричневого риса 181

Rodionova N.S., Popov E.S., Matveev D.I., Pevtsova E.S., Sokolova A.V., Diakov A.A. Vegetable biocorrectors influence on the moisture state in functional purpose flour products 190

Родионова Н.С., Попов Е.С., Матвеев Д.И., Певцова Е.С., Соколова А.В., Дьяков А.А. Влияние растительных биокорректоров на состояние влаги в мучных изделиях функционального назначения 190

Gryaznov A.A., Letyago Ju.A., Belkina R.I., Ponomareva E.I. Obtaining of bread with the use of mixtures of wheat flour of the highest grade and wholemeal from the grain pigmented barley varieties Granal 32 196

Грязнов А.А., Летяго Ю.А., Белкина Р.И., Пономарева Е.И. Получение хлеба с использованием смесей муки пшеничной высшего сорта и обойной из зерна пигментированного ячменя сорта Гранал 32 196

Shevtsova T.G., Kotliarov R.V., Romanova V.V., Krol A.N., Litvinova I.A., Ivina O.A. Online-calculator “A calculation of baking formula” for automated workplace of operator-technologist 201

Шевцова Т.Г., Котляров Р.В., Романова В.В., Кроль А.Н., Литвинова И.А., Ивина О.А. Онлайн-калькулятор «Расчет рецептур хлебобулочных изделий» для АРМ оператора-технолога 201

Antipova L.V., Popova Ya.A., Cherkasova A.V. Evaluation of rabbit meat properties as raw material for functional products manufacturing 207

Антипова Л.В., Попова Я.А., Черкасова А.В. Оценка свойств мяса кролика как сырья для производства функциональных продуктов 207

Zharkova I.M., Samokhvalov A.A., Gustinovich V.G., Koryachkina S. Ya., Roslyakov Yu.F. Review of bakery products for gluten free and herodietetic nutrition 213

Жаркова И.М., Самохвалов А.А., Густинович В.Г., Корячкина С.Я., Росляков Ю.Ф. Обзор мучных изделий для безглютенового и геродиетического питания 213

Nilova L.P., Ikramov R.A., Malyutenkova S.M. The effect of microwave heating on the optical characteristics of berry extracts 218

Нилова Л.П., Икрамов Р.А., Малютенкова С.М. Влияние СВЧ-нагрева на оптические характеристики ягодных экстрактов 218

Antipova L.V., Popova Ya.A., Cherkasova A.V. Products from rabbit meat for a healthy diet: the creation of assortment lines, nutritional and biological value 225

Антипова Л.В., Попова Я.А., Черкасова А.В. Продукты из мяса кроликов для здорового питания: создание ассортиментных линеек, пищевая и биологическая ценность 225

Magomedov G.O., Cheshinsky V.L., Trufanova Ju.N., Magomedov M.G., Isaev V.A. Constructive and technological methods of intensification of kneading and improving the quality of bread 232

Магомедов Г.О., Чешинский В.Л., Труфанова Ю.Н., Магомедов М.Г., Исаев В.А. Конструктивные и технологические приемы интенсификации замеса теста и повышения качества хлеба 232

Bychkov A.L., Ryabchikova E.I., Korolev K.G., Bukhtoyarov V.A. Synthesis of silver nanoparticles stabilized by the products of mechanically assisted hydrolysis of yeast biopolymers 238

Бычков А.Л., Рябчикова Е.И., Королёв К.Г., Бухтояров В.А. Получение наноразмерных частиц серебра, стабилизированных продуктами гидролиза дрожжевых биополимеров 238

Sergazieva O.D., Pershina E.V., Krivonos O.N. Application of the principles of healthy nutrition in the network of fast food service enterprises of Astrakhan 247

Сергазиева О.Д., Першина Е.В., Кривонос О.Н. Применение принципов здорового питания в сети предприятий быстрого обслуживания г. Астрахани 247

Skrypnikov A.V., Belokurova E.V., Sotnikov N.V. Mathematical modeling of processes of interaction of functional and which contaminate microorganisms in biotechnology system 252
Kovaleva A.E., Pyanikova E.A. Effect of wild rose hip fruit powder on consumer properties of biscuit 256

Gavrish I.A., Lebedev S.V., Korotkova A.M., Kvan O.V. Effect of metal nanoparticles on physiological and biochemical parameters of soft Wheat. 263

FUNDAMANTAL AND APPLIED CHEMISTRY, CHEMICAL TECHNOLOGY

Shentsova E.S., Lytkina L.I., Saranov I.A., Polyansky K.K. Assessment of sorption properties of sorbent based on silicon dioxide 269
Kuchmenko T.A., Poryadina D.A., Kuchmenko D.A. New way of definition of an androstenon 276
Vysotskaya M.A., Shekhovtsova S. Yu., Kuznetsov D.A. Reaction ability of alternative mineral dispersed materials as a tool for developing efficient road composites 282

Vinogradova L.A., Rusakova Yu.P. Infrared spectraof SP–2VU superplastifying agent and a cement mortar with additive 289

Sabirov R.F., Makhotkin A.F., Sakharov Yu.N., Makhotkin I.A., Sakharov I.Yu. Mechanism of the process of decomposition of apatitis with phosphoric acid 294
Akhmetshina A.M., Chirkova Yu.N. Synthesis of alcoholate of sodium aliphatic aminoalcohols 298
Neliub V.A., Berlin A.A. Properties of carbon fiber made of metallized tapes 303
Akulinin E.I., Golubyatnikov O.O., Dvoretsky D.S., Dvoretsky S.I. Numerical study of the dynamics and optimization of the modes of air adsorption separation and oxygen concentration 310
Orlov Yu.N. The impact of the degree of polymerization of the cationic polyelectrolyte on the dosage when carrying out the coagulation of latexes of synthetic emulsion rubbers 318
Sabirov R.F., Makhotkin A.F., Sakharov Yu.N., Makhotkin I.A., Sakharov I.Yu. Change of acidity of the environment in the process of decomposition of apatitis sulfuric acid 325

ECONOMICSANDMANAGEMENT

Kozlov V.A., Frolova O.A.,. Yukhlina Yu.A Development of recommendations to provide grants for beginning farmers 329

Mizambekova S.K., Bogomolova I.P. Kazakhstan's experience in regulating agro-industrialo Complex within the framework of Interstate Processes 337

Krikun E.S., Suvorov N.S., Ageeva E.V. Income of the company and customer's loyalty programs 345

Kislitsyna L.V., Kapustina S.A. Financial equilibrium as the special capital condition in holding: abilities to achieve 351

Khorev A.I., Belyeva G.V., Polozova A.N., Nuzhdin R.V. The optimization procedure in the tax system, the processing organizations 357
Litvinova A.V., Talalaeva N.S., Parfenova M.V. Comparative analysis of the prerequisites and priorities of import substitution at various stages of development of the Russian economy 366
Chekunov A.S. Technological modernization of agricultural production: condition, forms, methods and directions of innovations support 373

Скрыпников А.В., Белокурова Е.В., Сотников Н.В. Математическое моделирование процессов взаимодействия функциональных и контаминирующих микроорганизмов в биотехнологической системе 252
Ковалева А.Е., Пьяникова Э.А. Влияние порошка плодов дикорастущего шиповника на потребительские свойства бисквитов 256

Гавриш И.А., Лебедев С.В., Короткова А.М., Кван О.В. Влияние металлических наночастиц на физиолого-биохимические показатели Пшеницы мягкой 263

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ, ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Шенцова Е.С., Лыткина Л.И., Саранов И.А., Полянский К.К. Оценка сорбционных свойств сорбента на основе диоксида кремния 269
Кучменко Т.А., Порядина Д.А., Кучменко Д.А. Новый способ определения андростенона 276
Высоцкая М.А., Шеховцова С.Ю., Кузнецов Д.А. Реакционная способность альтернативных минеральных дисперсных материалов как инструмент для разработки эффективных дорожных композитов 282

Виноградова Л.А., Русакова Ю.П. ИК-спектры суперпластификатора СП–2ВУ и цементного раствора с добавкой 289

Сабиров Р.Ф., Махоткин А.Ф., Сахаров Ю.Н., Махоткин И.А., Сахаров И.Ю. Механизм процесса разложения апатита фосфорной кислотой 294
Ахметшина А.М., Чиркова Ю.Н. Синтез алкоголята натрия алифатических аминоспиртов 298
Нелюб В.А., Берлин А.А. Свойства углепластиков, изготовленных из металлизированных углеродных лент 303
Акулинин Е.И., Голубятников О.О., Дворецкий Д.С., Дворецкий С.И. Численное исследование динамики циклических процессов адсорбционного разделения атмосферного воздуха 310
Орлов Ю.Н. Влияние степени полимеризации катионного полиэлектролита на его дозировку при проведении коагуляции латексов синтетических эмульсионных каучуков 318
Сабиров Р.Ф., Махоткин А.Ф., Сахаров Ю.Н., Махоткин И.А., Сахаров И.Ю. Изменение кислотности среды в процессе разложения апатита серной кислотой 325

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Козлов В.А., Фролова О.А., Юхлина Ю.А. Разработка рекомендаций предоставления грантов начинающим фермерам 329

Мизамбекова С.К., Богомолова И.П. Опыт Казахстана по регулированию агропромышленного комплекса в рамках межгосударственных интеграционных процессов 337

Крикун Е.С., Суворов Н.С., Агеева Е.В. Выручка предприятия в условиях применения программ лояльности 345

Кислицына Л.В., Капустина С.А. Финансовое равновесие как особое состояние капитала в границах холдинга: возможность обеспечения 351

Хорев А.И., Беляева Г.В., Полозова А.Н., Нуждин Р.В. Оптими-зационные процедуры в системе налогообложения перерабатывающих организаций 357
Литвинова А.В., Талалаева Н.С., Парфенова М.В. Сравнительный анализ предпосылок и приоритетов импортозамещения на различных этапах развития экономики России 366
Чекунов А.С. Технологическая модернизация сельскохозяйственного производства: состояние, формы, методы и направления поддержки инноваций 373

Glotova I.A., Ryazanceva A.O., Galochkina N.A., Shahov S.V., Pryanishnikov V.V. Marketing potential of combined meat-plant food products as innovative consumer objects 380

Anisimov Yu.P., Zhuravlev Yu.V., Kuksova I.V., Balabanova E.I., Zhilnikov A. Yu., Elagina T.V. Spatial analysis of the development of innovative potential of enterprises 391

Chekudaev K.V., Suyazova G.A., Motina E.A., Matvienko N.A. Application financial analysis methods for the designing of innovative food enterprises, aimed at import substitution 397

Kiseleva I.A., Simonovich N.E., Solomatina E.D. Social well-being of people and the strategy of innovative development of the enterprise. 402

Kazmina I.V., Titova E.A. Mechanism of implementation of public-private partnership at the enterprises of the military-industrial complex 412

Ryazanceva A.O., Glotova I.A., Galochkina N.A., Shahov S.V. Innovative development scenario of the domestic market of meat products: problems, factors, trends 420

Kudryavtseva N.N., Pakhomova Yu.V., Duvanova Yu.N. The concept of management development management enterprise 429

Afanasiev M. Yu., Lysenkova M.A. Approach to the analysis and comparison of national innovation systems on the example of Russia and other countries 434

Kiseleva I.A., Simonovich N.E., Pribytkova O.V. Economic and psychological aspects of estimation of risks of securitization of banking assets 443

Sokolinskaya Yu.M. Model of interaction of the state and small entrepreneurship 449

Narolina Ju.V., Sabetova T.V. The influence of innovative development on economic security of the region 457

Dvoryaninova O.P., Alekhina A.V., Kosenko I.S., Evstratova A.S. Quality evaluation of bakery products with application of statistical methods of analysis 464

Kruchinina V.M., Ryzhkova S.M. Cooperatives in the field of energy supply of agriculture (taking into account international experience) 470

Sokolinskaya Yu.M., Kolesnichenko E.A. Criminalization as a main threat to economic security 480

Narizhny V.N. To the question about improvement of profit formation management of the enterprise 485

Kiseleva I.A., Simonovich N.E., Knyazeva I.Yu. Business risks: psychological features of risk assessment in business 492

Глотова И.А., Рязанцева А.О., Галочкина Н.А., Шахов С.В., Прянишников В.В. Маркетинговый потенциал продуктов переработки мясного сырья как инновационных потребительских объектов 380

Анисимов Ю.П., Журавлев Ю.В., Куксова И.В., Балабанова Е.И., Жильников А.Ю., Елагина Т.В. Пространственный анализ развития инновационного потенциала предприятий 391

Чекудаев К.В., Суязова Г.А., Мотина Е.А., Матвиенко Н.А. Применение методов перспективного финансового анализа для проектирования инновационных пищевых предприятий, направленных на импортозамещение 397

Киселева И.А., Симонович Н.Е., Соломатина Е.Д. Социальное самочувствие людей и стратегия инновационного развития предприятия 402

Казьмина И.В., Титова Е.А. Механизм реализации государственно-частного партнерства на предприятиях оборонно-промышленный комплекса 412

Рязанцева А.О., Глотова И.А., Галочкина Н.А., Шахов С.В. Инновационный сценарий развития отечественного рынка мясных продуктов: проблемы, факторы, тенденции 420

Кудрявцева Н.Н., Пахомова Ю.В., Дуванова Ю.Н. Концепция менеджмента в управлении развитием предприятия 429

Афанасьев М.Ю., Лысенкова М.А. Подход к анализу и сопоставлению национальных инновационных систем на примере России и других стран 434

Киселева И.А., Симонович Н.Е., Прибыткова О.В. Экономические и психологические аспекты оценки рисков секьюритизации банковских активов 443

Соколинская Ю.М. Модель взаимодействия государства и малого предпринимательства 449

Наролина Ю.В., Сабетова Т.В. Влияние инновационного развития на экономическую безопасность региона 457

Дворянинова О.П., Алехина А.В., Косенко И.С., Евстратова А.С. Оценка качества хлебобулочных изделий с применением статистических методов анализа 464

Кручинина В.М., Рыжкова С.М. Кооперативы в сфере энергообеспечения сельского хозяйства (с учетом зарубежного опыта) 470

Соколинская Ю.М., Колесниченко Е.А. Криминализация как основная угроза экономической безопасности 480

Нарижний В.Н. К вопросу о совершенствовании управления формированием прибыли предприятия 485

Киселева И.А., Симонович Н.Е., Князева И.Ю. Предпринимательские риски: психологические особенности оценки рисков в бизнесе 492

Процессы и аппараты пищевых производств

Оригинальная статья/Original article

УДК 66.067.38.62

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-11-18

Адаптация диффузионной математической модели для описания процесса микрофильтрации технологических жидкостей пищевого производства

Сергей Т. Антипов [1] ast@vsuet.ru

Андрей И. Ключников [1] kaivanov@mai.ru

[1] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. В статье показана возможность адаптации однопараметрической диффузионной модели к мембранному процессу разделения за счет учета проницаемости одной из стенок рассматриваемого канала прямоугольного сечения. Изучена структура гидродинамического потока, позволяющая определить поведение поля концентраций растворенного вещества на поверхности мембраны и оценить эффективность применяемых мероприятий, направленных на снижение концентрационной поляризации гидродинамическими методами за счет вариаций скорости. Исследования процесса микрофильтрации пива нефильтрованного непастеризованного осуществляли на экспериментальной установке проточной микрофильтрации. Микрофильтрация пива при проточном режиме организации процесса проводилась при следующих технологических параметрах: температура 2–60 °С, рабочее давление 0,08–0,25 МПа, скорость разделяемого потока над поверхностью мембраны 2–3 м/с. Изучение гидродинамики мембранных процессов, ввиду их высочайшей сложности и специфики, позволяет на сегодняшний день создать теоретические описание в общем виде и только для одной фазы или компонента. Наиболее удобно использовать для теоретического описания именно диффузионную математическую модель. При математическом моделировании гидродинамических процессов с участием мембран невозможно объективно провести количественный учет большинства факторов из-за их большого многообразия и изменчивости. Следует отметить отсутствие единой и общепринятой теории массопереноса при исследовании мембранных процессов, что является существенным сдерживающим фактором. Особая сложность трансмембранного переноса возникает в случае наложения гидродинамических неустойчивостей переменной интенсивности, т. к. любое (даже незначительное) изменение режимных параметров процесса микрофильтрации приводит к различным условиям образования (или разрушения) поверхностного слоя, что неизбежно отражается на граничных условиях.

Ключевые слова: математическое моделирование, микрофильтрация, мембранный модуль, концентрационная поляризация, удельная проницаемость, уравнения движения вязкой несжимаемой жидкости, диффузионная модель, гидродинамическая структура потока

Adaptation of the diffusion mathematical model to describe process microfiltration process fluids food production

Sergei T. Antipov [1] ast@vsuet.ru

Andrey I. Klyuchnikov [1] kaivanov@mai.ru

[1] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The article shows the possibility of adapting a one-parameter diffusion model to the membrane separation process by taking into account the permeability of one of the walls of the channel of rectangular cross section under consideration. The structure of the hydrodynamic flow is studied, which allows determining the behavior of the solute concentration field on the membrane surface and evaluating the effectiveness of the measures used to reduce the concentration polarization using hydrodynamic methods due to velocity variations. Investigations of the process of microfiltration of unfiltered unpasteurized beer were carried out on an experimental installation of flow microfiltration. The microfiltration of beer under the flow-through mode of the organization of the process was carried out at the following technological parameters: temperature 2–60 °C, working pressure 0.08–0.25 MPa, speed of the divided flow above the membrane surface 2–3 m/s. The study of hydrodynamics of membrane processes, in view of their highest complexity and specificity, makes it possible today to create a theoretical description in general form and only for one phase or component. It is most convenient to use the diffusion mathematical model for the theoretical description. In mathematical modeling of hydrodynamic processes involving membranes, it is impossible to objectively quantitatively take into account most of the factors due to their large diversity and variability. It should be noted the absence of a unified and generally accepted theory of mass transfer in the study of membrane processes, which is a significant deterrent. The particular complexity of transmembrane transport arises in the case of the imposition of hydrodynamic instabilities of variable intensity, since Any (even insignificant) change in the regime parameters of the microfiltration process leads to different conditions for the formation (or destruction) of the surface layer, which inevitably affects the boundary conditions.

Keywords:mathematical modeling, microfiltration, membrane module, concentration polarization, specific permeability, equations of motion of a viscous incompressible fluid, diffusion model, hydrodynamic structure of the flow

Для цитирования

Антипов С.Т., Ключников А.И. Адаптация диффузионной математической модели для описания процесса микрофильтрации технологических жидкостей пищевого производства // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 11–18. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-11-18

For citation

Antipov S.T., Klyuchnikov A.I. Adaptation of the diffusion mathematical model to describe process microfiltration process fluids food production. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 11–18. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-11-18

Введение

В основе диффузионной модели лежит допущение, что структура потока описывается уравнением, аналогичным уравнению молекулярной диффузии, но в отличие от коэффициента молекулярной диффузии здесь используется коэффициент продольного перемешивания или турбулентной диффузии. Можно сказать, что основой диффузионной модели является модель идеального вытеснения, осложненная обратным перемешиванием. Параметром модели является коэффициент продольного перемешивания.

Изучение гидродинамики мембранных процессов ввиду их высочайшей сложности и специфики позволяет на сегодняшний день создать теоретические описания в общем виде и только для одной фазы или компонента. В этом случае приходится прибегать к использованию приближенных описаний внутренней структуры потоков, характеризующейся степенью перемешивания, определяющей поле концентраций и температуры обрабатываемой технологической жидкости. Поскольку в каналах мембранных аппаратов происходит, главным образом, только продольное и радиальное перемешивание, то наиболее удобно использовать для теоретического описания именно диффузионную математическую модель. Для ее адаптации к мембранному процессу разделения требуется учет проницаемости одной из стенок рассматриваемого канала прямоугольного сечения. Изучение структуры потоков в конечном итоге позволит определить поведение поля концентраций растворенного вещества на поверхности мембраны и оценить эффективность применяемых мероприятий, направленных на снижение концентрационной поляризации [1–8].

Цель работы – создание такой математической модели движения вязкой несжимаемой жидкости в мембранном канале прямоугольного сечения, которая бы позволила, с одной стороны, определить гидродинамическую составляющую для характеристики эффективности применяемых способов снижения концентрационной поляризации, а с другой – параметр, учитывающий удельную проницаемость мембраны.

Теоретический анализ

Выделим некоторый элемент мембранного канала (рисунок 1), длина которого l, высота h, по которому под давлением P движется поток разделяемой технологической жидкости с заданным расходом G_0 на входе и $G_к$ – на выходе. Поток пермеата, прошедшего через мембрану, составляет величину ΔG.

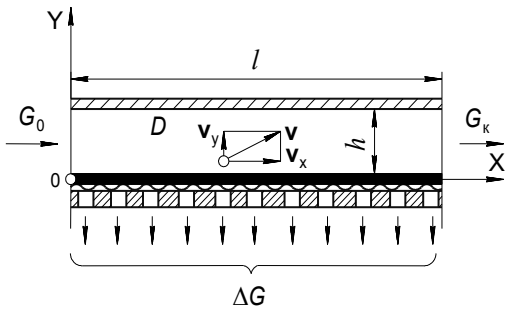


Рисунок 1. Графическая интерпретация физической модели

Figure 1. Graphic interpretation of the physical model

Основные допущения при создании физической модели.

1. При стационарном режиме массопереноса концентрация вещества на входе в пору мембраны всегда равна концентрации на выходе.

2. Поток пермеата ΔG вдоль поверхности рассматриваемой мембраны длиной l имеет постоянную величину.

3. Отсутствие нелинейных эффектов любой природы.

4. Расход исходной технологической жидкости G_0 всегда больше расхода получаемого пермеата, ΔG, т. е. $G_0 >> \Delta G$.

5. Рассматривается абсолютно плоская мембрана.

6. Исходная технологическая жидкость однородна по составу, газовая фаза отсутствует.

Запишем уравнения движения вязкой несжимаемой жидкости для элементарного объема разделяемой жидкости, движущейся вдоль поверхности мембраны в декартовой системе координат 0 (x, y) со скоростью v [9 – 11]:

$$j_x = v_x c - D\frac{\partial c}{\partial x}; \quad (1)$$

$$j_y = v_y c - D\frac{\partial c}{\partial y}, \quad (2)$$

где D – коэффициент диффузии, м^2/с; c – концентрация раствора в рассматриваемом объеме, масс. %.

В общем случае выражения (1) и (2) можно привести к следующей форме:

$$v_x\frac{\partial c}{\partial x} + v_y\frac{\partial c}{\partial y} = D\frac{\partial^2 c}{\partial y^2}. \quad (3)$$

Формулировка граничных условий запишется в виде:

$$c\,(0; y) = c_0 = \text{const};$$

$$y = 0;$$

$$v_y c(x,0) - D\frac{\partial c(x,0)}{\partial y} = kc(x,0);$$

$$y = h;\ v_y = 0;$$

$$v_y c(x,h) - D\frac{\partial c(x,h)}{\partial y} = 0;$$

где k – проницаемость мембраны по длине канала, м^3/(м^2·с).

Приведем уравнение (3) к безразмерному виду:

$$c_0 v_x \frac{1}{h}\frac{\partial\left(\frac{c}{c_0}\right)}{\partial\left(\frac{x}{h}\right)} + c_0 v_y \frac{1}{h}\frac{\partial\left(\frac{c}{c_0}\right)}{\partial\left(\frac{y}{h}\right)} = c_0 D\frac{1}{h^2}\frac{\partial^2\left(\frac{c}{c_0}\right)}{\partial\left(\frac{y}{h}\right)^2} \quad (4)$$

В уравнение (4) входят: концентрация, скорость, коэффициент диффузии, а также параметр, характеризующий геометрию мембранного канала. Именно математическая модель с данными параметрами представляет научно-практический интерес.

Введем безразмерные переменные:

$$X = x/y; Y = y/h;\ C(X,Y) = c(x,y)/c_0;$$
$$K = k/\nu_x; V = \nu_y/\nu_x, \quad (5)$$

где x, y – продольная и поперечная координаты, отсчитываемые от нижней кромки мембранного канала высотой h; $c(x, y)$ и c_0 – текущая и при входе в мембранный канал концентрации разделяемого раствора, масс. %; v_x и v_y – скорости разделяемого продукта в канале, м/с; k – проницаемость мембраны, м^3/(м^2·с).

С учетом (5) уравнение (4) можно переписать в виде:

$$\frac{\partial C(X,Y)}{\partial X} + V\frac{\partial C(X,Y)}{\partial Y} = \frac{D}{v_x h}\frac{\partial^2 C(X,Y)}{\partial Y^2}, \quad (6)$$

где Pe = $(v_x \cdot h)$ / D – диффузионный критерий Пекле;

$$C(0,Y) = 1; \quad (7)$$
$$Y = 0;$$

$$VC(X,0) - \frac{1}{\mathrm{Pe}}\frac{\partial C(X,0)}{\partial Y} = KC(X,0), \quad (8)$$
$$Y = 1;$$

$$VC(X,1) - \frac{1}{\mathrm{Pe}}\frac{\partial C(X,1)}{\partial Y} = 0. \quad (9)$$

В результате проведенного синтеза уравнений модели получена система дифференциальных уравнений в частных производных в безразмерном виде. В уравнениях (8) и (9) величины Pe и K являются параметрами модели.

Введем новую переменную:

$$N(X,Y) = C(X,Y) - 1,$$

тогда система дифференциальных уравнений (6)–(9) запишется в следующем виде:

$$\frac{\partial N(X,Y)}{\partial X} + V\frac{\partial N(X,Y)}{\partial Y} = \frac{1}{\mathrm{Pe}}\frac{\partial^2 N(X,Y)}{\partial Y^2}, \quad (4)$$

$$N(0, Y) = 0; \quad (5)$$
$$Y = 0;$$

$$VN(X,0) - \frac{1}{\mathrm{Pe}}\frac{\partial N(X,0)}{\partial Y} = -V + K + KN(X,0), \quad (6)$$
$$Y = 1;$$

$$VN(X,1) - \frac{1}{\mathrm{Pe}}\frac{\partial N(X,1)}{\partial Y} = -V. \quad (7)$$

Для решения уравнений (10)–(13) применим интегральное преобразование Лапласа по переменной x:

$$sN_L(s,Y) + V\frac{\partial N_L(s,Y)}{\partial Y} = \frac{1}{\mathrm{Pe}}\frac{d^2 N_L(s,Y)}{dY^2}, \quad (8)$$

$$VN_L(s,1) - \frac{1}{\mathrm{Pe}}\frac{dN_L(s,1)}{dY} = -\frac{V}{s},$$

$$VN_L(s,0) - \frac{1}{\mathrm{Pe}}\frac{dN_L(s,0)}{dY} = \frac{K-V}{s} + KN_L(s,0),$$

где s и $N_L(s, Y)$ – изображения X и $N(X, Y)$ по Лапласу.

Перепишем уравнение (14) в виде:

$$\frac{d^2 N_L(s,Y)}{dY^2} - V\mathrm{Pe}\frac{dN_L(s,Y)}{dY} - s\mathrm{Pe}N_L(s,Y) = 0. \quad (15)$$

Равенство (15) представляет собой линейное дифференциальное уравнение в обыкновенных производных с постоянными коэффициентами.

Составим характеристическое уравнение вида:

$$\lambda^2 - V\cdot\mathrm{Pe}\cdot\lambda - s\cdot\mathrm{Pe} = 0, \quad (16)$$

где λ – характеристическое число.

Из уравнения (16) следует:

$$\lambda_1 = V\frac{\mathrm{Pe}}{2} + \sqrt{\frac{(V\cdot\mathrm{Pe})^2}{4} + s\cdot\mathrm{Pe}};$$
$$\lambda_2 = V\frac{\mathrm{Pe}}{2} - \sqrt{\frac{(V\cdot\mathrm{Pe})^2}{4} + s\cdot\mathrm{Pe}}. \quad (17)$$

На основании (17) общее решение уравнения (15) можно записать в виде:

$$N_L(s,Y)=C_1\exp\left\{\left[V\frac{\mathrm{Pe}}{2}+\sqrt{\frac{(V\mathrm{Pe})^2}{4}+s\mathrm{Pe}}\right]Y\right\}+$$

$$+C_2\exp\left\{\left[V\frac{\mathrm{Pe}}{2}-\sqrt{\frac{(V\mathrm{Pe})^2}{4}+s\mathrm{Pe}}\right]Y\right\}.$$

После преобразований получим:

$$N_L(s,\ Y)=\{-[V/s\ \exp(-b)\ a\cdot\mathrm{Pe}^{-1}+$$
$$+(K-V)/s\ (1/2\ V\cdot\mathrm{sh}\ a+a\ \mathrm{Pe}^{-1}\ \mathrm{ch}\ a)]\cdot\mathrm{ch}\ (aY)+$$
$$+[-(1/2V\cdot\mathrm{ch}\ a+a\mathrm{Pe}-{}^{1}\mathrm{sh}\ a)\ (K-V)/s-$$
$$-V/s\ \exp(-b)\ (V-b\cdot\mathrm{Pe}^{-1}-K)]\mathrm{sh}\ (a\cdot Y)\}\times$$
$$\times\exp(-b\cdot Y)/[(1/2V\mathrm{ch}\ a+a\mathrm{Pe}-{}^{1}\mathrm{sh}\ a)\ a\cdot\mathrm{Pe}^{-1}+$$
$$+(1/2V\cdot\mathrm{sh}\ a+a\cdot\mathrm{Pe}^{-1}\cdot\mathrm{ch}\ a)\cdot(V-b\cdot\mathrm{Pe}^{-1}-K)]$$

Запишем окончательно решение поставленной задачи:

$$C(X,Y)=F(X,Y)+$$
$$+\sum_{\mathrm{n}=1}^{\infty}R_{\mathrm{n}}^{-1}\left[\begin{matrix}P_n\cos(\mu_nY)+\\Q_n\sin(\mu_nY)\end{matrix}\right]\times$$
$$\times\exp\left\{\begin{matrix}-1/2V\mathrm{Pe}Y-\\-\mathrm{Pe}^{-1}\left[\mu_n^2+1/4(V\mathrm{Pe})^2\right]X\end{matrix}\right\}$$

при $V\le 2K$: $F(X,\ Y)=0$;

при $V>2K$ и $4K\cdot\mathrm{Pe}/[V(V-2K)]>1$;

$F(X,\ Y)=0$;

при $V>2K$ и $4K\cdot\mathrm{Pe}/[V(V-2K)]<1$;

$$F(X,\ Y)=R^{-1}[P\cos(\mu Y)+$$
$$+Q\sin(\mu Y)]\exp\{-1/2V\cdot\mathrm{Pe}\cdot Y+$$
$$+\mathrm{Pe}^{-1}[\mu^2-1/4(V\cdot\mathrm{Pe})^2]X\},$$

$$R=(1/2V\cdot\mathrm{ch}\ \mu+\mathrm{Pe}-{}^{1}\mu\cdot\mathrm{sh}\ \mu)\ \mathrm{Pe}^{-1}-$$
$$-(1/2V\cdot\mathrm{sh}\ \mu/\mu+\mathrm{Pe}-{}^{1}\mathrm{ch}\ \mu)\cdot(1/2V-K)+$$
$$+\mathrm{Pe}^{-1}\times[\mu-1/4(V\times\mathrm{Pe})^2]\ [(1/4V\cdot\mathrm{Pe}\cdot\mathrm{sh}\ \mu/\mu+$$
$$+1/2\ \mathrm{sh}\ \mu/\mu+1/2\ \mathrm{ch}\ \mu)\ \mathrm{Pe}^{-1}-(1/4V\cdot\mathrm{Pe}\cdot\mathrm{ch}\ \mu/\mu-$$
$$-1/2V\cdot\mathrm{Pe}\cdot\mathrm{sh}\ \mu/\mu^{3/2}+1/2\ \mathrm{sh}\ \mu/\mu)\cdot(1/2V-K)],$$

$$P=-[V\cdot\mathrm{Pe}^{-1}\exp(V\cdot\mathrm{Pe}/2)+$$
$$+(K-V)\ (1/2V\cdot\mathrm{sh}\mu/\mu+\mathrm{Pe}-{}^{1}\mathrm{ch}\mu)],$$

$$Q=[(1/2V\ \mathrm{ch}\ \mu+\mathrm{Pe}-{}^{1}\mu\cdot\mathrm{sh}\ \mu)\cdot(K-V)+$$
$$+V\exp(V\times\mathrm{Pe}/2)\cdot(1/2V-K)]/\mu,$$

где μ – корень уравнения;

$$\mathrm{th}\ \mu=4K\cdot\mathrm{Pe}\cdot\mu/[V(V-2K)-4\mu^2];$$

$$R_n=(1/2V\cdot\cos\mu_n-\mathrm{Pe}^{-1}\cdot\mu_n\ \sin\mu_n)\mathrm{Pe}^{-1}-$$
$$-(1/2V\cdot\sin\mu_n/\mu_n+\mathrm{Pe}-{}^{1}\cos\mu_n)\cdot(1/2V-K)-$$
$$-\mathrm{Pe}^{-1}\ [(\mu^2{}_n+1/4(V\cdot\mathrm{Pe})^2]\ [(1/4V\cdot\mathrm{Pe}\cdot\sin\mu_n/\mu_n+$$
$$+1/2\sin\mu_n/\mu_n+1/2\cos\mu_n)\mathrm{Pe}^{-1}+$$
$$+(1/4\cdot V\cdot\mathrm{Pe}\cdot\cos\mu_n/\mu^2{}_n-1/2V\cdot\mathrm{Pe}\cdot\sin\mu_n/\mu_n\sqrt{\mu_{\mathrm{n}}}-$$
$$-1/2\ \sin\mu_n/\mu_n)\ (1/2V-K)];$$

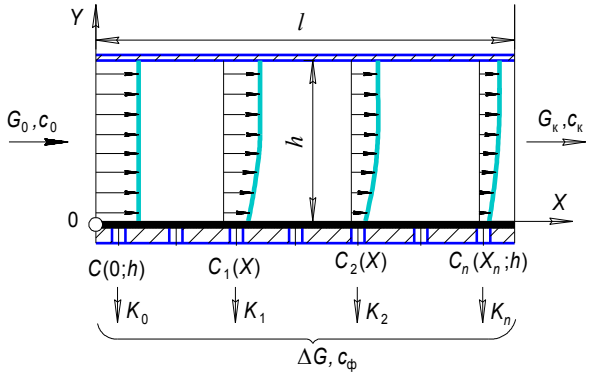
$$P_n=-[V\cdot\mathrm{Pe}^{-1}\exp(V\cdot\mathrm{Pe}/2)+(K-V)\ (1/2V\cdot\sin\mu_n/\mu_n+$$
$$+\mathrm{Pe}-{}^{1}\cos\mu_n)];$$

$$Q_n=[(1/2V\cdot\cos\mu_n-\mathrm{Pe}^{-1}\mu_n\cdot\sin\mu_n)\ (K-V)+$$
$$+V\exp(V\cdot\mathrm{Pe}/2)\ (1/2V-K)]/\mu,)$$

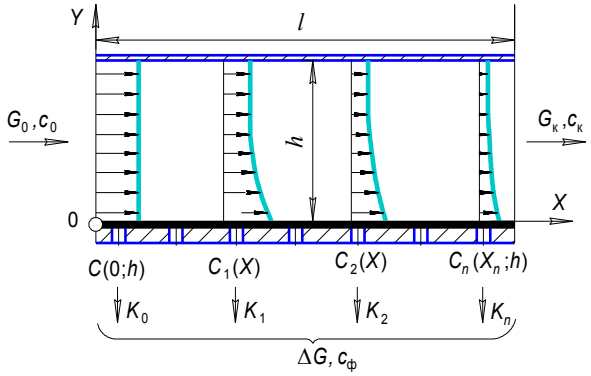
где μ_n – корень уравнения

$$\mathrm{tg}\ \mu_n=4K\cdot\mathrm{Pe}\cdot\mu_n/[V(V-2K)+4\mu^2{}_n].$$

Графическая интерпретация результатов расчета профилей концентраций разделяемого раствора в мембранном канале прямоугольного сечения при различных входных параметрах *K*, *V*, Pe представлена на рисунке 2.



а)



б)

Рисунок 2. Поперечные профили концентраций разделяемого раствора в мембранном модуле плоскорамного типа: *а* – $K=1{,}5$; $V=0{,}2$; $\mathrm{Pe}=2$; *б* – $K=0{,}6$; $V=1{,}2$; $\mathrm{Pe}=2$

Figure 2. Transverse profiles of the partial solution concentrations in the Membrane module of the plane type: *a* – $K=1.5$; $V=0.2$; On = 2; *б* – $K=0.6$; $V=1.2$; $\mathrm{Pe}=2$

Экспериментальная часть

Исследования процесса микрофильтрации пива нефильтрованного непастеризованного осуществляли на экспериментальной установке (рисунок 3), состоящей из баллона *1* со сжатой пищевой газовой смесью «BIOGON», емкости *2* с фильтруемым пивом, манометров *3*, насоса *4*, плоскорамного мембранного модуля *5*, приемной емкости *6* осветленного продукта, коммуникаций с вентилями, стеклянной трубки с делениями для измерения скорости процесса, мерного цилиндра с колпаком для осветленного пива (на рисунке не показаны).

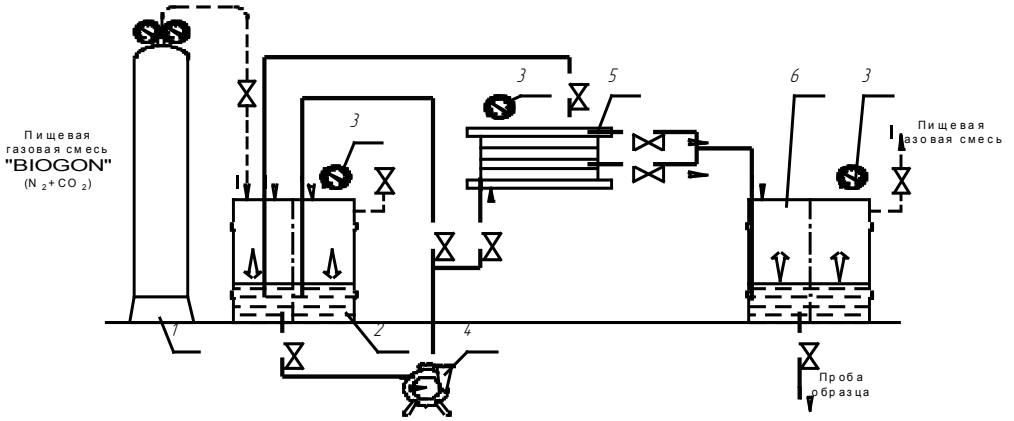


Рисунок 3. Экспериментальная установка проточной микрофильтрации

Figure 3. Experimental installation of running microfiltration

Микрофильтрация пива при проточном режиме организации процесса проводилась при следующих технологических параметрах: температура 2–6 °С, рабочее давление 0,08–0,25 МПа, скорость разделяемого потока над поверхностью мембраны 2–3 м/с.

С увеличением скорости разделяемого потока над мембраной можно показать линейный рост проницаемости ядерного фильтра с разрешающей способностью 0,90 мкм (рисунок 4). При достижении скоростей потока до величин 3,5–4,5 м/с проницаемость мембран достигала значений $45{,}6\cdot10^{-6}$ (кривая *3*), $48{,}7\cdot10^{-6}$ (кривая *2*) и $52{,}3\cdot10^{-6}$ м/с (кривая *1*) для высот мембранного канала 2,7, 1,47 и 0,5 мм соответственно. При выбранном диапазоне тангенциальной скорости 3,5–4,5 м/с и правильной организации гидравлической системы мембранной установки можно предотвратить оседание частиц белковых взвесей, дрожжей и бактерий на ядерном фильтре. Величина потерь давления для плоскорамного мембранного модуля составит не более 0,2–0,3 МПа.

Превышение диапазона тангенциальной скорости сопровождается существенными потерями давления до 0,6–0,8 МПа, что нерационально по причине увеличивающихся энергетических затрат. Следует подчеркнуть, что проведение экспериментов при тангенциальной скорости свыше 5 м/с сопровождалось существенным увеличением объема образующего концентрата с большим количеством целевого компонента. Концентрат для более глубокой очистки вынуждены были возвращать в циркуляционный контур, что приводило к ухудшению качества разделяемого продукта.

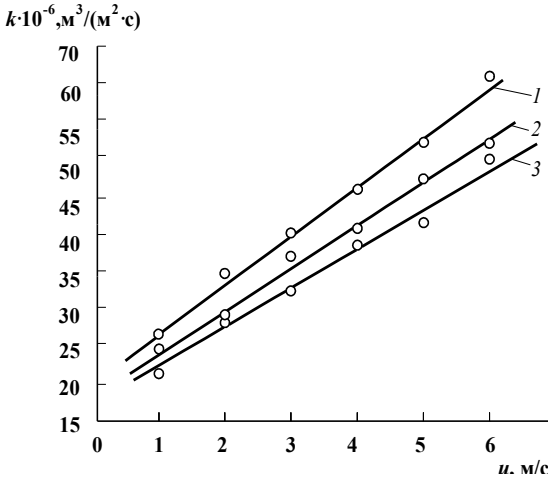


Рисунок 4. Зависимость удельной скорости микрофильтрации пива на трековой мембране с размером пор 0,90 мкм от величины тангенциальной скорости в мембранном канале различной высоты, мм: *1* – 0,5; *2* – 1,45; *3* – 2,7

Figure 4. Dependence of the specific speed of microfiltration of beer on the track membrane with the size of pores 0.90 microns from the value of tangential velocity in the membrane channel of different heights, MM: *1* – 0,5; *2* – 1,45; *3* – 2,7

Для того чтобы изменить высоту мембранного канала плоскорамного мембранного модуля, использовали комплект прокладок высотой 0,50, 1,45 и 2,70 мм. Анализ полученной зависимости (рисунок 5) говорит о существенном влиянии высоты мембранного канала в момент формирования слоя высокой концентрации на ядерном фильтре.

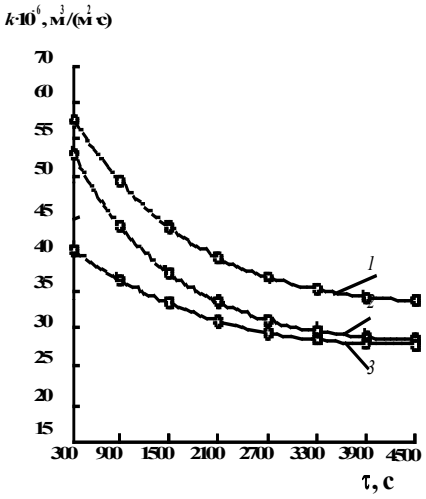


Рисунок 5. Зависимость удельной скорости микрофильтрации пива на трековой мембране с размером пор 0,90 мкм от продолжительности процесса в мембранном канале различной высоты, мм: *1* – 0,5; *2* – 1,45; *3* – 2,7

Figure 5. Dependence of the specific speed of microfiltration of beer on the track membrane with the size of pores 0.90 microns from the duration of the process in the membrane channel of different heights, MM: *1* – 0.5; *2* – 1.45; *3* – 2.7

Через 5–10 мин ведения процесса проницаемость ядерного фильтра составляла (55–58)·10^{-6} м/с в мембранном канале высотой 0,5 мм (кривая *1*). Как показывает кинетическая зависимость, кривые *1–3* проницаемости постепенно выходят на постоянный уровень, что свидетельствует о малозначащем влиянии высоты мембранного канала по истечении определенного времени. Режим движения жидкости в мембранном канале напрямую влияет на слой высокой концентрации, т. е. с увеличением высоты канала уменьшается величина тангенциальной скорости, число Рейнольдса также уменьшается и, как следствие, падает проницаемость мембраны из-за образования слоя высокой концентрации на ее поверхности [12–14].

Результаты и обсуждение

Полученные в результате вычислений профили концентраций растворенного вещества позволяют сделать вывод о характере гидродинамических условий в канале мембранного аппарата. Для более объективной картины расчеты проводили при числе Pe = 2. При этом случай, при котором величины безразмерной проницаемости $K = 1,5$ и безразмерной скорости $V = 0,2$, является наиболее предпочтительным для изучаемого мембранного процесса микрофильтрации, т. к. характер поведения профилей концентраций предполагает создание таких гидродинамических условий, при которых обеспечивается и проницаемость мембраны, и снижение концентрации растворенного вещества на ее поверхности по длине рассматриваемого канала. Такие результаты говорят об эффективности проводимых мероприятий по снижению концентрационной поляризации на поверхности мембраны при помощи гидродинамических методов воздействия на слой высокой концентрации, например, за счет вариаций скорости разделяемого потока.

Таблица 1.

Параметры, определяемые на основании результатов эксперимента

Table 1.

Parameters defined based on the results of the experiment

Линейная скорость, м/с Linear velocity, m/s	Re	$Re^{-0.25}$	Коэффициент сопротивления Блазиуса Resistance coefficient of Blazius	$Re^{0.125}$	Pe	Коэффициент продольного перемешивания, $м^2/с$ The longitudinal mixing coefficient, m^2/s
2,5	2717	0,1385	0,0437	2,68	2,04	0,183
3	3260	0,1323	0,0418	2,74	2,08	0,215
3,5	3804	0,1273	0,0402	2,80	2,12	0,246
4	4347	0,1231	0,0389	2,84	2,16	0,277

Важнейшей характеристикой гидродинамической структуры потока является коэффициент продольного перемешивания, который можно вычислить через статистические параметры дифференциальной функции распределения времени пребывания индикатора в канале мембранного аппарата, получаемой экспериментально с помощью импульсного метода. Однако экспериментальный мембранный модуль имел небольшие геометрические размеры (длина мембранного канала $l = 0,15$ м; высота мембранного канала $h = 2,7 \cdot 10^{-3}$ м), а при скорости движения 2,5–3,5 м/с разделяемый поток находился в мембранном канале менее 1,0–1,5 с, поэтому выполнить достоверные измерения концентрации индикатора на выходе из мембранного модуля не представлялось возможным. Также практически невозможно определить существующими инструментальными методами характер распределения поля концентраций растворенного вещества по высоте и длине мембранного канала с данными геометрическими размерами.

Поэтому определение практических значений чисел Ре с целью его сравнения с результатами, полученными по математической модели, осуществляли на основании экспериментальных значений тангенциальной скорости потока.

Исходные данные для расчета: плотность пива ρ = 1018,6 кг/м^3; динамическая вязкость пива при температуре микрофильтрации t = 2 °С $\xi = 2{,}816 \cdot 10^{-3}$ Па·с. Для приближенного расчета коэффициента турбулентного перемешивания Ре использовали уравнения Тейлора [15]. Результаты вычислительного эксперимента удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными для скорости потока 2,5 м/с и мембранного канала высотой 2,7 мм (таблица 1).

Заключение

Показана возможность адаптации однопараметрической диффузионной модели к мембранному процессу разделения за счет учета проницаемости одной из стенок рассматриваемого канала прямоугольного сечения. Изучена структура гидродинамического потока, позволяющая определить поведение поля концентраций растворенного вещества на поверхности мембраны и оценить эффективность применяемых мероприятий, направленных на снижение концентрационной поляризации гидродинамическими методами за счет вариаций скорости. Ввиду практических сложностей вычисления характера распределения поля концентраций растворенного вещества по высоте и длине мембранного канала существующими инструментальными методами показана возможность оценки коэффициента эффективного перемешивания Ре с помощью уравнений Тейлора по практическим значениям тангенциальных скоростей разделяемого потока.

ЛИТЕРАТУРА

1 Ахмадиев Ф.Г., Фарахов М.И., Бекбулатов И.Г., Исянов Ч.Х. Математическое моделирование процесса фильтрования двухфазных суспензий в трубчатых фильтрах в неизотермических условиях // Теоретические основы химической технологии. 2016. Т. 50. № 1. С. 44.

2 Gan Q., Howell J.A., Field R.W., England R. et al. Beer clarification by microfiltration – product quality control and fractionation of particles and macromolecules // Journal of Membrane Science. 2001. V. 194. P. 185.

3 Hunt J.W., Brouchaert C.J., Raal J.D., Treffry-Goatley K. et al. The unsteady-state modeling of cross-flow microfiltration // Desalination. 1987. V. 64. P. 431.

4 Бабёнышев С.П., Чернов П.С., Мамай Д.С. Моделирование процесса мембранной фильтрации жидких систем // Научный журнал КубГАУ. 2012. № 76 (02). С. 1–11.

5 Баженов В.И., Устюжанин А.В. Математическая модель биологической очистки сточных вод с учетом гидродинамических и нестационарных условий // Вестник ИрГТУ. 2014. № 11 (94). С. 128–133.

6 Горбунова, Ю.А., Тимкин В.А. Гидродинамика процессов микро- и ультрафильтрационного разделения молока и творожного калье // Аграрный вестник Урала. 2016. № 06 (148). С. 70–75.

7 Лобасенко Б.А., Павский В.А. Определение концентрации растворенных веществ в пограничном слое на поверхности мембраны // Известия вузов. Пищевая технология. 2001. № 2–3. С. 68–70.

8 Семенов А.Г. Развития гелевого загрязнения мембраны при тангенциальной ультрафильтрации раствора высокомолекулярного соединения // Техника и технология пищевых производств. 2011. № 1 (20). С. 79а–83.

9 Беккер В.Ф. Моделирование химико-технологических объектов управления: учеб. пособ.: изд. 2-е, перераб. и доп. М.: РИОР : ИНФРА-М, 2014. 142 с.

10 Тимашев С.Ф. Физикохимия мембранных процессов. М.: Химия, 1998.

11 Брык М.Т. и др. Ультрафильтрация; отв. ред. Пилипенко А.Т. Киев: Наук. думка, 1989.

12 Schmitz P., Houi D., Wandelt B. Hydrodynamic aspects of crossflow microfiltration. Analysis of particle deposition at the membrane surface // Journal of Membrane Science. 1992. V. 71. P. 29.

13 Антипов С.Т., Кретов И.Т., Шахов С.В., Ключников А.И. Концентрационная поляризация в процессе осветления пива // Пиво и напитки. 2001. № 3. С. 18.

14 Пат. № 2147459, RU, B01D 61/00 Мембранный аппарат с изменяющейся высотой каналов / Антипов С.Т., Шахов С.В., Рязанов А.Н., Ключников А.И. и др.; заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. технол. акад. № 98119322/28; Заявл. 26.10.1998; Опубл. 20.04.2000, Бюлл. № 11.

15 Лаптев А.Г., Лаптева Е.А. Определение коэффициентов турбулентного перемешивания в одно- и двухфазных средах по модели Тейлора // Фундаментальные исследования. 2015. № 2. С. 2810–2814.

REFERENCES

1 Akhmadiev F.G., Farakhov M.I., Bekbulatov I.G., Isyanov Ch.Kh. Mathematical modeling of the process of filtering two-phase suspensions in tubular filters in non-isothermal conditions. *Teoreticheskiye osnovy khimicheskoy tekhnologii* [Theoretical foundations of chemical technology]. 2016. vol. 50. no. 1. pp. 44. (in Russian).

2 Gan Q., Howell J.A., Field R.W., England R. et al. Beer clarification by microfiltration – product quality control and fractionation of particles and macromolecules. Journal of Membrane Science. 2001. vol. 194. pp. 185.

3 Hunt J.W., Brouchaert C.J., Raal J.D., Treffry-Goatley K. et al. The unsteady-state modeling of cross-flow microfiltration. Desalination. 1987. vol. 64. pp. 431.

4 Babenyshev S.P., Chernov P.S., Mamai D.S. Modeling the process of membrane filtration of liquid systems. *Nauchnyy zhurnal KubGAU* [Scientific Journal of KubSAU]. 2012. no. 76 (02). pp. 1–11. (in Russian).

5 Bazhenov V.I., Ustyuzhanin A.V. Mathematical model of biological wastewater treatment taking into account hydrodynamic and non-stationary conditions. *Vestnik IrGTU* [Proceedings of ISTU]. 2014. no. 11 (94). pp. 128–133. (in Russian).

6 Gorbunova Yu.A., Timkin V.A. Hydrodynamics of the processes of micro – and ultrafiltration separation of milk and cottage cheese. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals]. 2016. no. 06 (148). pp. 70–75. (in Russian).

7 Lobasenko B.A., Pavsky V.A. Determination of the concentration of solutes in the boundary layer on the membrane surface. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya* [News of universities. Food technology]. 2001. no. 2–3. pp. 68–70. (in Russian).

8 Semenov A.G. Development of gel contamination of the membrane during tangential ultrafiltration of a solution of high-molecular compound. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Technique and technology of food production]. 2011. no. 1 (20). (in Russian).

9 Becker V.F. Modelirovaniye khimiko-tekhnologicheskikh ob"yektov upravleniya [Modeling of chemical-technological objects of management]. Moscow, RIOR : INFRA-M, 2014. 142 p. (in Russian).

10 Timashev S.F. Fizikokhimiya membrannykh protsessov [Physico-chemistry of membrane processes]. Moscow, Khimiya, 1998. (in Russian).

11 Bryk M.T. at al. Ul'trafil'tratsiya [Ultrafiltration; ed. Pilipenko A.T.]. Kiev, Nauk. dumka, 1989. (in Russian).

12 Schmitz P., Houi D., Wandelt B. Hydrodynamic aspects of crossflow microfiltration. Analysis of particle deposition at the membrane surface. Journal of Membrane Science. 1992. vol. 71. pp. 29.

13 Antipov S.T., Kretov I.T., Shakhov S.V., Klyuchnikov A.I. Concentration polarization in the process of clarifying beer. *Pivo i napitki* [Beer and drinks]. 2001. no. 3. pp. 18. (in Russian).

14 Antipov S.T., Shakhov S.V., Ryazanov A.N., Klyuchnikov A.I. et al. Membrannyy apparat s izmenyayushcheysya vysotoy kanalov [Membrane apparatus with changing the height of the channels]. Patent RF, no. 2147459, 2000.

15 Laptev A.G., Lapteva E.A. Determination of turbulent mixing coefficients in one – and two-phase media using the Taylor model. *Fundamental'nyye issledovaniya* [Fundamental research]. 2015. no. 2. pp. 2810–2814. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Сергей Т. Антипов д.т.н., профессор, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ast@vsuet.ru

Андрей И. Ключников д.т.н., профессор, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kaivanov@mai.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 10.11.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 22.01.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Sergei T. Antipov Dr. Sci. (Engin.), professor, machines and equipment of food production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ast@vsuet.ru

Andrey I. Klyuchnikov Dr. Sci. (Engin.), professor, machines and equipment of food production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kaivanov@mai.ru

CONTRIBUTION

Authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 11.10.2018

ACCEPTED 1.22.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 664:542.69:621.867.4

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-19-26

Разработка высокоэффективной технологии влаготепловой обработки зерна и конструкции кондиционера-пропаривателя

Валерий А. Афанасьев [1] vnii_kp@gmail.ru
Александр Н. Остриков [1] oan@vsuet.ru
Владимир В. Мануйлов [1] manuylovv@mail.ru
Алексей И. Александров [1] alex-nadezhda@mail.ru

[1] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. В результате выполненных экспериментальных исследований были определены основные кинетические закономерности исследуемого процесса пропаривания и обоснован выбор рациональных режимов процесса влаготепловой обработки зерна: пропаривание паром ячменя и пшеницы до влажности 19% при расходе пара 100–180 кг/ч и давлении 0,20–0,35 МПа в течение 10–12 минут, а кукурузы – от 15 до 16 минут. Эти разработанные режимы обеспечивают наилучшие условия для термомеханической деструкции белково-углеводного комплекса с целью повышения доступности его действию пищеварительных ферментов и увеличение переваримости крахмала, не снижают переваримость протеина и улучшают санитарное состояние. Была разработана методика инженерного расчета, которая легла в основу создания оригинальной конструкции кондиционера-пропаривателя. Выполненный конструктивный расчет включал расчет смесителя-увлажнителя, расчет струйной форсунки и определение дисперсных характеристик при распыливании пара, а также тепловой расчет кондиционера-пропаривателя, который позволил определить расход пара и подобрать рациональную температуру нагрева зерен и величину их влажности. Отличительной особенностью кондиционера-пропаривателя является более высокая производительность вследствие существенного ускорения процесса диффузии влаги внутрь зерен; возможность улучшения качества за счет повышения степени клейстеризации крахмала вследствие подобранных технологических режимов пропаривания.

Ключевые слова: технология, пропаривание, зерно, пар, кондиционер-пропариватель, методика расчета

Development of highly efficient technology of grain moisture-heat treatment and the design of conditioner steamer

Valery A. Afanasiev [1] vnii_kp@gmail.ru
Alexander N. Ostrikov [1] oan@vsuet.ru
Vladimir V. Manuilov [1] manuylovv@mail.ru
Alexey I. Aleksandrov [1] alex-nadezhda@mail.ru

[1] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. As a result of the conducted experimental studies, the main kinetic regularities of the steaming process under investigation were determined and the choice of rational modes of grain moisture-heat treatment was validated: steaming of barley and wheat with steam to a moisture content of 19 % at a steam consumption of 100–180 kg/h and a pressure of 0.20–0.35 MPa for 10–12 minutes, and corn – for 15–16 minutes. These developed modes provide the best conditions for the thermomechanical destruction of the protein-carbohydrate complex in order to increase its availability to digestive enzymes and increase the digestibility of starch, do not reduce the digestibility of protein and improve sanitary condition. A method of engineering calculation was developed, which formed the basis for the creation of an original design of conditioner steamer. The performed constructive calculation included the calculation of the mixer-humidifier, the calculation of the jet nozzle and the determination of the dispersed characteristics during steam atomization, as well as the thermal calculation of the conditioner steamer, which made it possible to determine the steam consumption and determine the rational heating temperature of the grains and their moisture content. A distinctive feature of the conditioner steamer is a higher productivity due to the significant acceleration of diffusion process of moisture into grains; the possibility of improving the quality by increasing the degree of starch gelatinization due to selected technological steaming modes.

Keywords: technology, steaming, grain, steam, conditioner steamer, calculation method

Введение

Зерно злаковых культур наряду с другими видами питательных веществ содержит много крахмала, усвоение которого при кормлении животных происходит медленно, при этом продуктивно используются только определенные формы и то в небольшом количестве [2, 3]. По данным ряда исследований, усвояемость питательного потенциала крахмала в созданной природной форме не превышает 20–25% в зависимости от вида культур. Поэтому задача новых технологий переработки зерна состоит во внедрении таких способов обработки исходного сырья, которые позволили бы перевести крахмал в удобную для усвоения организмом животных форму [1, 4]. Это возможно при разрушении

Для цитирования

Афанасьев В.А., Остриков А.Н., Мануйлов В.В., Александров А.И. Разработка высокоэффективной технологии влаготепловой обработки зерна и конструкции кондиционера-пропаривателя // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 19–26. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-19-26

For citation

Afanasiev V.A., Ostrikov A.N., Manuilov V.V., Aleksandrov A.I. Development of highly efficient technology of grain moisture-heat treatment and the design of conditioner steamer. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 19–26. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-19-26

зернистой структуры крахмала на клеточном уровне, что способствует разрыву природных связей между отдельными составляющими частями и переводу в более простые углеводы в виде декстринов и сахаров, т. е. происходит желатинизация крахмала или декстринизация его на более простые составляющие [2, 3].

Без специальной обработки трудноусвояемой является и клетчатка, которая содержится в большом количестве в зерне и бобах, особенно в их верхних защитных слоях и оболочках. Поэтому разрабатываемые способы углубленной переработки исходного зернового сырья должны способствовать деструкции части целлюлозно-лигниновых образований клетчатки в природных формах в более простые виды моносахаров [5].

Под воздействием теплоты и влаги в зерне протекают сложные биохимические процессы, в результате которых происходит клейстеризация и декстринизация крахмала. Клейстеризацию определяют как разрыв оболочек крахмальных гранул под воздействием возрастающего внутри зерна давления. Благодаря клейстеризации комплекс молекул нативного крахмала легче расщепляется на простые растворимые углеводы, так как ферменты, превращающие полисахариды в моносахара, на оклейстеризованный крахмал действуют гораздо интенсивнее. Действие высоких температур при нагревании вызывает деструкцию крахмала, сопровождающуюся укорачиванием цепей макромолекул и образованием легкорастворимых углеводов, в первую очередь, декстринов [6].

Пропаривание зерна сопровождается увеличением его влажности, причем приращение влажности будет определяться условиями процесса: состоянием слоя обрабатываемого зерна, условиями и характером обтекания зерен потоком пара, параметрами и его количеством, длительностью воздействия.

При разработке режимов процессов необходимо стремиться к тому, чтобы вся влага, внесенная паром, была поглощена зерном.

Механизм увлажнения зерна паром определяется сорбцией влаги поверхностью зерен и последующим ее внутренним переносом. Вопросы проникновения влаги в зерно изучались многими исследователями, которыми установлено, что при увлажнении паром влага в зерновку практически равномерно проникает по всей ее поверхности. В начальные моменты обработки, когда температура зерна низкая, происходит конденсация пара на его поверхности и дальнейшее диффузионное проникновение влаги внутрь зерна.

В неподвижной паровой среде увлажнение зерна незначительно. Для достижения необходимой интенсивности увлажнения и приращения влажности следует увеличить скорость потока пара или количество его на единицу веса материала [4, 5, 8–10].

Цель работы – обоснование выбора технологических режимов влаготепловой обработки зерна и расчет и обоснование конструкции кондиционера-пропаривателя.

Результаты и обсуждения

Исследованиями установлено, что пропаривание при избыточном давлении 0,05–0,35 МПа не позволяет повысить влажность обрабатываемого зерна до 18–20% без предварительного замачивания. Известно, что зерно ячменя состоит в основном из гидрофильных биополимеров – белков и углеводов, которые обладают способностью поглощать и удерживать влагу.

Температура зерна в зависимости от условий процесса пропаривания повышается до 95–97 °С в течение 2–3 мин. При этом на интенсивность тепло- и влагообмена оказывает существенное влияние расход пара.

Производство требует интенсивного ведения процессов, поэтому, учитывая условия пропаривания: перемешиваемый лопатками слой зерна с начальной температурой 10–20 °С, подвод пара в нескольких точках аппарата и др., принимаем для исследования расход пара в пределах от 110 до 550 г/(кг·мин).

Установлено, что эффективность процесса увлажнения зерна ячменя влажным паром очень высокая, особенно в начальный период до полного насыщения водой. Сравнение расчетных и фактических данных увлажнения зерна показывает, что в первые 3 мин около 90 % пара поглощается зерном. В дальнейшем по достижении влажности 27–30% темп увлажнения зерна замедляется, однако, но нашему мнению, длительная обработка паром должна увеличить степень клейстеризации крахмала зерна.

Эффективность увлажнения зерна зависит от параметров поступающего пара. При одинаковом расходе пара и продолжительности обработки процесс увлажнения происходит более интенсивно при подаче пара с меньшим давлением. Результаты опытов по обработке ячменя влажным паром при давлении 0,15–0,20 МПа показывают, что процесс увлажнения проходит более интенсивно. Так, влажность зерна достигает величины 30–33% в течение 3–5 мин при расходе пара 0,11 кг/мин на 1 кг зерна (рисунок 1).

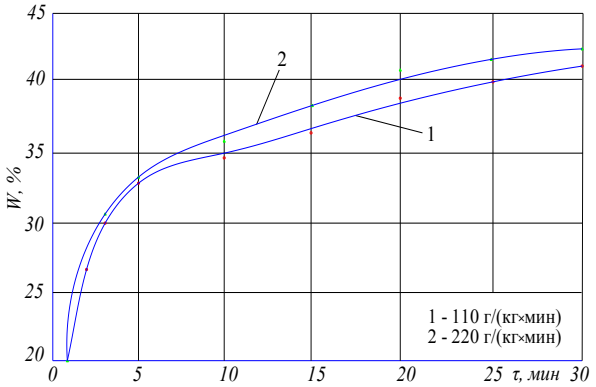


Рисунок 1. Характер изменения влажности зерна при обработке паром при давлении 0,15–0,2 МПа

Figure 1. The nature of changes in the moisture content of grain when processing with steam pressure of 0.15–0.2 MPa

Увеличение расхода пара хотя и интенсифицирует процесс увлажнения зерна, однако приводит к большему его расходу и, следовательно, экономически нецелесообразно. В процессе обработки ячменя паром отмечены изменения физико-механических свойств. Так, температура зерна после пропаривания возросла до 85–90 ºС, объемная масса пропаренного ячменя снизилась с 670 до 610–630 кг/м^3, что объясняется набуханием зерна при увлажнении.

Помимо физико-механических свойств изменениям подверглись и биохимические свойства зерна. Выявлено влияние длительности обработки и расхода пара на степень клейстеризации крахмала. Полученные результаты (рисунок 2) позволяют сделать вывод о том, что степень клейстеризации крахмала увеличивается с увеличением длительности пропаривания и практически не зависит от расхода пара в исследованных пределах.

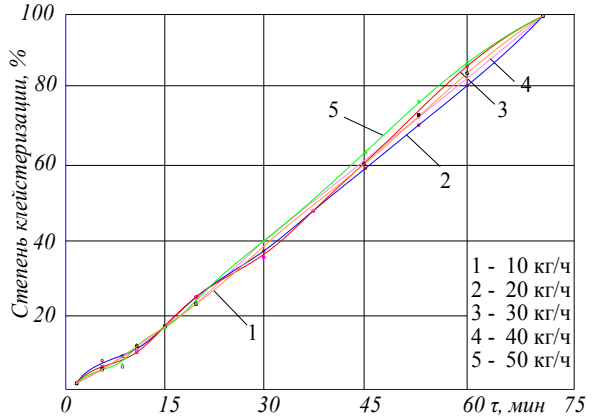


Рисунок 2. Влияние расхода пара и длительности пропаривания на степень клейстеризации крахмала ячменя

Figure 2. The effect of steam consumption and steaming time on the degree of gelatinization of barley starch

В процессе пропаривания молекулы воды, образующие пар, располагают большим запасом кинетической энергии и беспрепятственно преодолевают влагоудерживающие слои зерна. В результате обработки паром зерно гораздо быстрее увлажняется и набухает, чем при обработке водой.

Расчет смесителя-увлажнителя. Скорость движения зерна по корпусу смесителя определяется по формуле:

$$\upsilon = \frac{bn\sin 2\alpha \cdot (m-1)}{120}\left(\cos\alpha - \varphi\sin\alpha\right) =$$
$$= \frac{0{,}05 \cdot 342 \cdot \sin 60^{\circ} \cdot (5-1)}{120} \times$$
$$\times(\cos 30^{\circ} - 0{,}3 \cdot \sin 30^{\circ}) = 0{,}35 \ \text{м/с},$$

где υ – скорость движения смеси по корпусу смесителя, м/с; b – ширина лопатки, м; n – частота вращения вала, мин$^{-1}$; α – угол наклона лопаток, град.; m – количество лопастей в одном шаге, шт.; φ – коэффициент трения.

Диаметр камеры смесителя определяется из выражения:

$$D = \sqrt{\frac{1{,}27 \cdot Q}{\upsilon \cdot \rho \cdot K \cdot \eta \cdot \psi}} =$$
$$= \sqrt{\frac{1{,}27 \cdot 0{,}833}{0{,}35 \cdot 500 \cdot 0{,}3 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}4}} = 0{,}36 \ \text{м},$$

где $D = 400$ мм – диаметр камеры смесителя, м; $Q =$ 3000 кг/ч = 0,833 кг/с – производительность, кг/с; $\rho = 500$ кг/м^3 – насыпная плотность ячменя смеси, кг/м^3; K – коэффициент влияния формы лопаток; $\eta = 0{,}4$ – коэффициент влияния величины зазора; $\psi = 0{,}4$ – коэффициент заполнения камеры смесителя; υ – осевая скорость смеси, м/с.

Оптимальное расстояние между лопастями определяется по формуле:

$$l = \frac{b \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha \cdot \cos\gamma}{\cos(\alpha + \gamma)} =$$
$$= \frac{0{,}05 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}87 \cdot 0{,}66}{0{,}19} = 0{,}075 \ \text{м},$$

где l – оптимальное расстояние между лопастями, м; γ – угол трения продукта о лопасть ($\gamma = 50^{\circ}$).

Шаг лопастей определяется из выражения:

$$S = (m-1) \cdot l = (5-1) \cdot 0{,}075 = 0{,}3 \ \text{м}.$$

Рабочая длина камеры смесителя определяется по формуле:

$$L = (8 \div 9) \cdot S = 8 \cdot 0{,}3 \div 9 \cdot 0{,}3 = 2{,}4 \div 2{,}7 \ \text{м}.$$

Расчет кондиционера-пропаривателя. Шаг шнека H, м, и диаметр вала шнека d, м (рисунок 3):

$$H = K \cdot D = 0,9 \cdot 0,6 = 0,54 \text{ м};$$

$$d = K_1 \cdot D = 0,28 \cdot 0,6 = 0,168 \text{ м},$$

где коэффициенты K = 0,7…0,9; K_1 = 0,25…0,4.

Шаг шнека выбираем равным H = 0,6 м. По полученному значению d = 168 мм подбираем стальную бесшовную холоднотянутую трубу для изготовления вала с размерами (по ГОСТ 8734–78): наружный диаметр d = 168 мм; толщина стенки – 14 мм (рисунок 3).

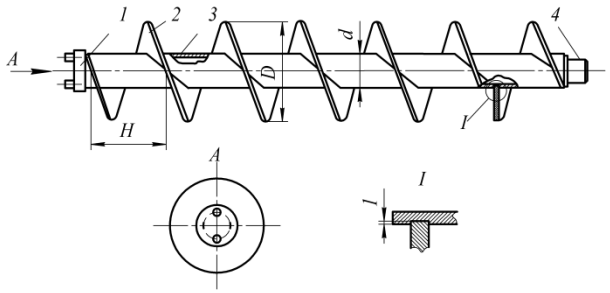


Рисунок 3. Шнек с полым валом: *1* – опорная цапфа; *2* – виток; *3* – полый вал; *4* – ведущая цапфа

Figure 3. Screw with hollow shaft: 1 – support axle; 2 – turn; 3 – hollow shaft; 4 – drive axle

Угол подъема винтовой линии шнека на периферии, α_D, рад:

$$\alpha_D = \text{arctg}\left[H/(\pi D)\right] = \text{arctg}\left[0,6/(3,14 \cdot 0,6)\right] = 0,3083 \text{ рад}.$$

Угол подъема винтовой линии шнека у вала α_d, рад:

$$\alpha_d = \text{arctg}\left[H/(\pi d)\right] = \text{arctg}\left[0,6/(3,14 \cdot 0,168)\right] = 0,721 \text{ рад}.$$

С достаточной для инженерных расчетов точностью принимаем среднеарифметический угол подъема винтовой линии $\alpha_{ср}$, рад:

$$\alpha_{ср} = 0,5(\alpha_D + \alpha_d) = 0,5(0,3083 + 0,721) = 0,5147 \text{ рад} \approx 29^\circ 30'.$$

Коэффициент отставания транспортируемого материала K_o:

$$K_o = 1 - \left[\cos^2 \alpha_{ср} - 0,5 f \sin(2\alpha_{ср})\right] = 1 - \left[\cos^2 29^\circ 30' - 0,5 \cdot 0,6 \sin(2 \cdot 29^\circ 30')\right] = 0,5.$$

Зерно, которое транспортируется в шнековых кондиционерах, обладает адгезией. В этом случае в качестве f используется коэффициент внутреннего трения.

Предельный диаметр вала шнека $d_{пр}$, м:

$$d_{пр} = (H/\pi)\text{tg}\varphi = (0,6/3,14) \cdot 0,6 = 0,115 \text{ м},$$

где $\text{tg}\varphi = f$ – коэффициент трения, f = 0,6 (φ – угол трения).

Диаметр вала шнека d всегда принимается больше $d_{пр}$. Таким образом, условие $d \geq d_{пр}$ (0,168 м > 0,115 м) выполняется.

Наибольший изгибающий момент в последнем витке шнека по внутреннему контуру $M_и$, (Н·м)/м:

$$M_u = \frac{P_{max} D^2}{32} \cdot \frac{1,9 - 0,7a^{-4} - 1,2a^{-2} - 5,2\ln a}{1,3 + 0,7a^{-2}} = \frac{0,3 \cdot 10^6 \cdot 0,6^2}{32} \times \frac{1,9 - 0,7 \cdot 3,57^{-4} - 1,2 \cdot 3,57^{-2} - 5,2\ln 3,57}{1,3 + 0,7 \cdot 3,57^{-2}} = -8785,5 \text{ Н} \cdot \text{м/м},$$

где $a = D/d$ – отношение диаметров шнека и вала шнека (a = 600/168 = 3,57).

Толщина витка шнека δ, м:

$$\delta = \sqrt{\frac{6M_и}{[\sigma]}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 8785,5}{145 \cdot 10^6}} = 19 \cdot 10^{-3} \text{ м} \approx 19 \text{ мм},$$

где [σ] = 145 МПа – допускаемое напряжение материала витка шнека при изгибе.

Допускаемое напряжение при изгибе можно принять равным допускаемому напряжению при растяжении. Номинальное допускаемое напряжение при растяжении для стали 20 равно [σ] = 145 · 10^6 Па [7].

Угловая частота вращения шнека ω, $с^{-1}$, определяется исходя из производительности $П$, кг/с, его геометрических параметров и коэффициента отставания K_o из зависимости

$$П = 0,125\left(D^2 - d^2\right)(H - \delta)(1 - K_o)\rho\psi\omega,$$

где ρ – плотность транспортируемого ячменя, кг/м^3; ψ – коэффициент подачи, учитывающий степень заполнения межвиткового пространства и режим работы формующего устройства. Для транспортирующего кондиционера ψ = 0,7.

Тогда

$$\omega = \frac{0,833}{0,125 \cdot \left(0,6^2 - 0,168^2\right)} \times \frac{1}{(0,6 - 0,019)(1 - 0,5) \cdot 0,7 \cdot 530} \approx 0,2 \text{ с}^{-1}.$$

Площадь внутренней цилиндрической поверхности корпуса шнекового устройства по длине одного шага $F_в$, м^2:

$$F_в = \pi D(H - \delta) = 3,14 \cdot 0,6(0,6 - 0,019) = 1,095 \text{ м}^2.$$

Площадь поверхности витка шнека по длине одного шага $F_ш$, м^2:

$$F_{ш}=\frac{1}{4\pi}\left(\pi DL-\pi dl+H^2\ln\frac{D+2L}{d+2l}\right)=\frac{1}{4\cdot 3{,}14}\times$$

$$\times\left(3{,}14\cdot 0{,}6\cdot 2-3{,}14\cdot 0{,}168\cdot 0{,}8+0{,}6^2\ln\frac{0{,}6+2\cdot 2}{0{,}168+2\cdot 0{,}8}\right)=$$

$$=0{,}294\ \text{м}^2,$$

где L и l – длины винтовых линий, соответствующие диаметрам шнека и вала, м;

$$L=\sqrt{H^2+(\pi D)^2}=\sqrt{0{,}6^2+(3{,}14\cdot 0{,}6)^2}=2\ \text{м};$$

$$l=\sqrt{H^2+(\pi d)^2}=\sqrt{0{,}6^2+(3{,}14\cdot 0{,}168)^2}=0{,}8\ \text{м}.$$

Условие работоспособности шнекового кондиционера соблюдается, т. к. $F_{в} > F_{ш}$ (1,095 м^2 > 0,294 м^2) [7].

Крутящий момент на валу шнека $M_{кр}$, Н·м:

$$M_{кр}=0{,}131nP_{max}\left(D^3-d^3\right)\text{tg}\alpha_{ср}=$$

$$=0{,}131\cdot 2\cdot 0{,}1\cdot 10^6\left(0{,}6^3-0{,}168^3\right)\text{tg}\,29^\circ 30'-9{,}78\ \text{кН}\cdot\text{м},$$

где $n = 2$ – число рабочих витков шнека.

Осевая сила, действующая на вал шнека $S_{ос}$, Н:

$$S_{ос}=0{,}392n\left(D^2-d^2\right)P_{max}=$$

$$=0{,}392\cdot 2\left(0{,}6^2-0{,}168^2\right)0{,}1\cdot 10^6=26011\ \text{Н}.$$

Нормальные $\sigma_{сж}$, Па, и касательные τ, Па, напряжения в опасном сечении вала шнека

$$\sigma_{сж}=S_{ос}/F;\qquad \tau=M_{кр}/W_{р},$$

где F – площадь поперечного сечения полого вала шнека, м^2;

$$F=\frac{\pi}{4}\left(d^2-d_{вн}^2\right)=$$

$$=\frac{3{,}14}{4}\left(0{,}168^2-0{,}14^2\right)=0{,}00677\ \text{м}^2,$$

где d, $d_{вн}$ – соответственно наружный и внутренний диаметры полого вала шнека (d = 0,168 м; $d_{вн}$ = 0,14 м). Полый вал выбирается с целью облегчения конструкции шнека.

Для полого вала

$$\sigma_{сж}=26011/0{,}00677=3{,}84\ \text{МПа}.$$

Полярный момент сопротивления полого вала шнека $W_{р}$, м^3:

$$W_{р}=\frac{\pi d^3}{16}\left(1-\frac{d_{вн}^4}{d^4}\right)\approx 0{,}2d^3\left(1-\frac{d_{вн}^4}{d^4}\right)=$$

$$=0{,}2\cdot 0{,}168^3\left(1-\frac{0{,}14^4}{0{,}168^4}\right)=491\cdot 10^{-6}\ \text{м}^3.$$

Для полого вала

$$\tau=0{,}00978/491\cdot 10^{-6}=19{,}9\ \text{Па}.$$

Эквивалентное напряжение $\sigma_{экв}$, Па, для полого вала

$$\sigma_{экв}=\sqrt{\sigma_{сж}^2+4\tau^2}=$$

$$=\sqrt{\left(3{,}84\cdot 10^6\right)^2+4(19{,}9)^2}=3{,}85\ \text{МПа}.$$

Проверим условие прочности полого вала шнека

$$3{,}85\ \text{МПа} < 180\ \text{МПа},$$

где [σ] – допускаемое напряжение материала вала, Па. Принимаем, что вал шнека изготовлен из стали 12х18Н10Т, для которой [σ] = 180·10^6 Па = = 180 МПа.

Таким образом, условие прочности для полого вала выполняется.

Мощность, затрачиваемая на привод шнекового кондиционера N, кВт:

$$N=10^{-3}M_{кр}\omega/\eta=$$

$$=10^{-3}\cdot 9{,}78\cdot 10^3\cdot 0{,}2/0{,}65\approx 3\ \text{кВт},$$

где $\eta \approx 0{,}65$ – КПД привода.

В кондиционерах используются сварные шнеки. В этом случае для получения шнека диаметром D, м, с заданным диаметром вала d, м, и шагом H, м, следует изготовить кольца (рисунок 4) с наружным D_o и внутренним d_o диаметрами и разомкнутыми на угол выреза α_o.

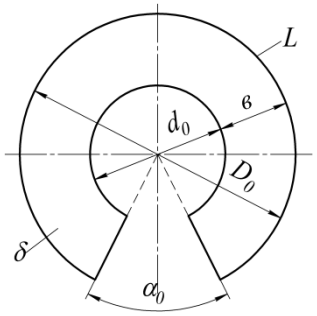


Рисунок 4. Кольцевая заготовка для шнека

Figure 4. Ring preparation for the screw

Длина шнека $L_{шн}$, м

$$L_{шн}=z\cdot H=7\cdot 0{,}6=4{,}2\ \text{м}.$$

Ширина винтовой поверхности b, м:

$$b=0{,}5(D-d)=0{,}5(0{,}6-0{,}168)=0{,}216\ \text{м}.$$

Угол выреза α_o, рад:

$$\alpha_o=2\pi-(L-l)/b=$$

$$=2\cdot 3{,}14-(4{,}2-2{,}938)/0{,}216=$$

$$=0{,}442\ \text{рад}=25^\circ 23'.$$

Если на валу предварительно проточить винтовую канавку под витки шнека, то размеры колец-заготовок рассчитываются с учетом глубины и ширины канавки.

Определение дисперсных характеристик при распыливании пара. Проведенный анализ основных типов гидравлических форсунок показал, что применительно к исследуемому процессу увлажнения зерна наиболее предпочтительны струйные форсунки.

Струйная форсунка (рисунок 5) представляет собой насадок с соплом, из которого вытекает струя, распадающаяся на капли относительно крупного размера и образующая факел с малым корневым углом и значительной дальнобойностью струи. Наилучшее равномерное мелкодиспергированное распыливание пара наблюдалось при использовании форсунок с диаметром 0,8–1,0 мм.

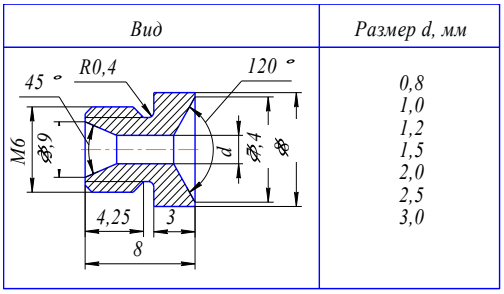


Рисунок 5. Струйная форсунка
Figure 5. Jet nozzle

Для определения дисперсных характеристик распыливаемого пара было получено критериальное уравнение

$$\frac{d_{32}}{d_c} = 3{,}2\ \mathrm{We}^{-0{,}6}\ \mathrm{Lp}^{-0{,}005}\left(\frac{D}{L}\right)^2,$$

где d_{32} – средний объемно-поверхностный диаметр пара, м; d_c – диаметр соплового канала конически расходящейся струйной форсунки, м; $\mathrm{We} = \left(w_п^2 l \rho_п\right)/\sigma$ – критерий Вебера; $\mathrm{Lp} = (l\rho_п\sigma)/\mu_п^2$ – критерий Лапласа; $w_п$ – скорость пара на выходе из форсунки, м/с; σ – поверхностное натяжение пара, Н/м; $\rho_п$ – плотность пара, кг/м^3; $\mu_п$ – динамическая вязкость пара, Па·с; l – длина соплового канала форсунки, м; D – диаметр факела распыла пара (за диаметр факела принят диаметр сечения D_{95}, внутри которого протекает не менее 95 % всего пара); L – дальнобойность факела распыла пара, м.

Тепловой расчет кондиционера-пропаривателя. Исходные данные: начальная влажность зерна 12%; конечная влажность зерна 20%; начальная температура зерна на входе 20 °С; конечная температура зерна на выходе 70 °С. Удельная теплоемкость сухих веществ зерна ячменя составляет 1,423 кДж/(кг·К). Удельная теплоемкость воды составляет 4,19 кДж/(кг·К) [8–10].

Уравнение теплового баланса.

$$Q_{св}^н + Q_в^н + Q_{ув} + Q_{оп} = Q_{св}^к + Q_в^к + Q_{пот},$$

где $Q_{св}^н = G_{св} c_з t_н$ – теплота, вносимая сухим веществом зерна, кДж/ч; $Q_{св}^к = G_{св} c_з t_к$ – теплота, уносимая сухим веществом зерна, кДж/ч; $G_{св}$ – производительность кондиционера в расчете на сухое вещество зерна, кг/ч; $c_з$ – теплоемкость зерна ячменя, кДж/(кг·К), ($c_з$ = 1,423 кДж/(кг·К)); $t_н$ и $t_к$ – соответственно температура поступающего и выходящего из кондиционера зерна, °С; $Q_в^н = G_в^н c_в t_н$ – теплота, вносимая влагой зерна, кДж/ч; $Q_{ув} = G_{ув} c_в t_{окр}$ – теплота, вносимая влагой при увлажнении зерна ($t_{окр}$ – температура окружающей среды) (если кроме пара в кондиционер вносится вода), кДж/ч; $Q_{оп} = D_п\left[r_п + c_п(t_s - t_к\right]$ – теплота, вносимая острым паром при увлажнении зерна ($D_п$ – расход острого пара на увлажнение зерна), кг/ч; $r_п$ – скрытая теплота парообразования водяного пара, определяется по таблицам теплофизических свойств воды по температуре; $c_п$ – теплоемкость насыщенного водяного пара; $t_к$ – температура насыщенного пара при рабочем давлении пара, кДж/ч; $Q_в^к = (G_{ув}^к + Д_{оп} + G_{ув}) c_в t_к$ – теплота, уносимая влагой шрота, кДж/ч; $G_в^н$ и $G_в^к$ – соответственно количество влаги в поступающем и выходящем из кондиционера зерне $G_в^к = G_в^н - G_в$, кг/ч; $c_в$ – теплоемкость влаги $c_в$ = 4,2 кДж/(кг·К); $r_в$ – скрытая теплота парообразования влаги, кДж/кг ($r_в$ определяется по таблицам теплофизических свойств воды по температуре; $c_в^п$ – теплоемкость паров влаги ($c_в^п$ = 1,94 + 0,00033t), кДж/(кг·К); где $Q_{пот}$ – тепловые потери с поверхности кондиционера (принимаются равными в размере 3–5% от общей теплоты), кДж/ч.

Расход пара $D_п$, кг/ч, будет

$$D_п = Q/i_п,$$

где $i_п$ – теплосодержание острого пара, кДж/кг.

В результате проведенных исследований и выполненного расчета была разработана оригинальная конструкция кондиционера-пропаривателя, реализующая предлагаемую технологию влаготепловой обработки зерна [11, 12].

Отличительной особенностью кондиционера-пропаривателя (рисунок 6) является более высокая производительность вследствие существенного ускорения процесса диффузии влаги внутрь зерен; возможность улучшения качества за счет повышения степени клейстеризации крахмала вследствие подобранных технологических режимов пропаривания. Технические характеристики кондиционера-пропаривателя приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Технические характеристики кондиционера-пропаривателя

Table 1.

Technical characteristics of the air conditioner-steamer

Параметр Parameter	Значение Value
Производительность на комбикорме, т/ч | Productivity on compound feed, t/h	0,8–1,6
Установленная мощность, кВт | Installed power, kW	3
Расход пара, кг/ч | Steam consumption, kg / h	100–150
Частота вращения лопастного вала, об/мин | Blade shaft rotation frequency, rpm	342
Количество лопастей, шт. | Number of blades, pcs.	26
Угол поворота лопастей, град | Angle of rotation of the blades, hail	35–55
Шаг между лопастями, мм | Blade spacing, mm	128
Внутренний диаметр смесительной камеры, мм | Internal diameter of mixing chamber, mm	208
Длина смесительной камеры, мм | The length of the mixing chamber, mm	1822
Радиальный зазор между лопастями и внутренней поверхностью смесительной камеры, мм Radial clearance between the blades and the inner surface of the mixing chamber, mm	2
Габаритные размеры Д×Ш×В, мм: | Overall dimensions L×W×H, mm:	2188×322×780
Масса, кг | Weight, kg	240

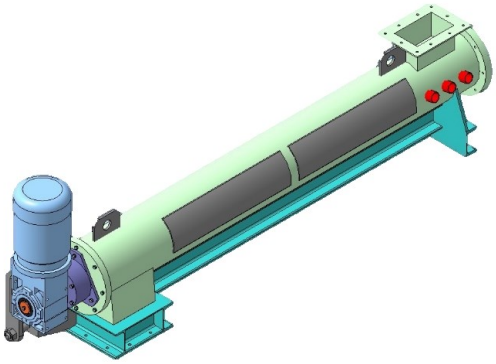


Рисунок 6. Кондиционер-пропариватель

Figure 6. Conditioning steamer

Заключение

Применение экспериментально подобранных технологических режимов пропаривания позволило увеличить производительность кондиционера-пропаривателя за счет активных гидродинамических режимов и существенного ускорения процесса диффузии влаги внутрь зерен, а также улучшить степень усвоения термообработанных зерен за счет повышения степени клейстеризации крахмала.

ЛИТЕРАТУРА

1 Пелевин А.Д., Пелевина Г.А., Венцова И.Ю. Комбикорма и их компоненты. М.: ДеЛи принт, 2008. 519 с.

2 Рынок комбикормов в Российской Федерации // Аграрная наука. 2018. № 6. С. 8–9.

3 Шаршунов В.А., Рукшан Л.В., Пономаренко Ю.А., Червяков А.В. Технология и оборудование для производства комбикормов. Часть 2. Технологическое оборудование комбикормовых предприятий. Минск, 2014.

4 Шаршунов В.А., Рукшан Л.В., Пономаренко Ю.А., Червяков А.В. Технология и оборудование для производства комбикормов. Часть 1. Технология комбикормов. Минск, 2014.

5 Афанасьев В.А. Энерго- и ресурсосберегающие технологии комбикормов. Воронеж: ВГУИТ, 2017. 473 с.

6 Афанасьев В.А., Остриков А.Н. Приоритетные методы тепловой обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов. Воронеж, 2015. 336 с.

7 Остриков А.Н., Абрамов О.В., Прибытков А.В., Потапов А.И. Практикум по курсу «Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств»: учебное пособие. Воронеж: ВГУИТ, 2014. 204 с.

8 Cheevitsopon E., Noomhorm A. Effects of superheated steam fluidized bed drying on the quality of parboiled germinated brown rice // Journal of Food Processing and Preservation. 2015. V. 39. № 4. P. 349–356.

9 Ramachandran R.P., Bourassa J., Paliwal J., Cenkowski S. Effect of temperature and velocity of superheated steam on initial condensation of distillers' spent grain pellets during drying // Drying technology. 2017. V. 35. № 2. P. 182–192.

10 Bourassa J., Ramachandran R.P., Paliwal J., Cenkowski S. Drying characteristics and moisture diffusivity of distillers' spent grains dried in superheated steam // Drying technology. 2015. V. 33. № 15–16. P. 2012–2018.

11 Johnson P., Paliwal J., Cenkowski S. Analysing the effect of particle size on the disintegration of distiller's spent grain compacts while drying in superheated steam medium // Biosystems Engineering. 2015. V. 134. P. 105–116.

12 Ramachandran R.P., Akbarzadeh M., Paliwal J., Cenkowski S. Three-dimensional CFD modelling of superheated steam drying of a single distillers' spent grain pellet // Journal of food engineering. 2017. V. 212. P. 121–135.

13 Шамин А.Е., Заикин В.П., Игошин А.Н., Лисина А.Ю. Проблемы уборки зерна в России // Вестник НГИЭИ. 2018. № 6 (85). С. 130–138.

REFERENCES

1 Pelevin A.D., Pelevin A.G., Ventsov I.Yu. Kombikorma i ih komponenty [Feed and their components]. Moscow, DeLi print print, 2008. 519 p. (in Russian).

2 Feed market in the Russian Federation. *Agrarnaya nauka* [Agricultural science]. 2018. no. 6. pp. 8–9. (in Russian).

3 Sharshunov V.A., Rukshan L.V., Ponomarenko, Y.A., Chervyakov A.V. Tekhnologiya i oborudovanie dlya proizvodstva kombikormov. Chast' 2. Tekhnologicheskoe oborudovanie kombikormovyh predpriyatij [Technology and equipment for feed production. Part 2. Technological equipment feed enterprises]. Minsk, 2014. (in Russian).

4 Sharshunov V.A., Rukshan L.V., Ponomarenko, Y.A., Chervyakov A.V. Tekhnologiya i oborudovanie dlya proizvodstva kombikormov. Chast' 1. Tekhnologiya kombikormov [Technology and equipment for feed production. Part 1. Technology of animal feed]. Minsk, 2014. (in Russian).

5 Afanasiev V.A. Energo- i resursos-beregayushchie tekhnologii kombikormov [Energy and resource-saving technologies of compound feeds]. Voronezh, VSUET, 2017. 473 p. (in Russian).

6 Afanasiev V.A., Ostrikov A.N. Prioritetnye metody teplovoj obrabotki zernovyh komponentov v tekhnologii kombikormov [Priority methods of heat treatment of grain components in animal feed technology]. Voronezh, 2015. 336 p. (in Russian).

7 Ostrikov A.N., Abramov O.V., Pribitkov A.V., Potapov A.I. Praktikum po kursu "Raschet i konstruirovanie mashin i apparatov pishchevyh proizvodstv" [Workshop on the course "Calculation and design of machines and apparatus of food production"] Voronezh, VSUET, 2014. 204 p. (in Russian).

8 Cheevitsopon E., Noomhorm A. Effects of superheated steam fluidized bed drying on the quality of parboiled germinated brown rice. Journal of Food Processing and Preservation. 2015. vol. 39. no. 4. pp. 349–356.

9 Ramachandran R.P., Bourassa J., Paliwal J., Cenkowski S. Effect of temperature and velocity of superheated steam on initial condensation of distillers' spent grain pellets during drying. Drying technology. 2017. vol. 35. no. 2. pp. 182–192.

10 Bourassa J., Ramachandran R.P., Paliwal J., Cenkowski S. Drying characteristics and moisture diffusivity of distillers' spent grains dried in superheated steam. Drying technology. 2015. vol. 33. no. 15–16. pp. 2012–2018.

11 Johnson P., Paliwal J., Cenkowski S. Analysing the effect of particle size on the disintegration of distiller's spent grain compacts while drying in superheated steam medium. Biosystems Engineering. 2015. vol. 134. pp. 105–116.

12 Ramachandran R.P., Akbarzadeh M., Paliwal J., Cenkowski S. Three-dimensional CFD modelling of superheated steam drying of a single distillers' spent grain pellet. Journal of food engineering. 2017. vol. 212. pp. 121–135.

13 Shamin A.E., Zaikin V.P., Igoshin A.N., Lisina A.Yu. Problems of grain harvesting in Russia. *Vestnik NGIEI* [Herald NGIEI]. 2018. no. 6 (85). pp. 130–138. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Валерий А. Афанасьев д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарных, кондитерских, макаронных и зерноперерабатывающих производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, vnii_kp@gmail.ru

Александр Н. Остриков д.т.н., профессор, кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, oan@vsuet.ru

Владимир В. Мануйлов к.т.н., кафедра технологии хлебопекарных, кондитерских, макаронных и зерноперерабатывающих производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, manuylovv@mail.ru

Алексей И. Александров к.т.н., кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, alex-nadezhda@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 06.02.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 04.03.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Valery A. Afanasiev Dr. Sci. (Engin.), professor, technologies of baking, confectionery, macaroni and grain processing industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, vnii_kp@gmail.ru

Alexander N. Ostrikov Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of fats, processes and devices of chemical and food production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, oan@vsuet.ru

Vladimir V. Manuilov Cand. Sci. (Engin.), technologies of baking, confectionery, macaroni and grain processing industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, manuylovv@mail.ru

Alexey I. Aleksandrov Cand. Sci. (Engin.), technology of fats, processes and devices of chemical and food production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, alex-nadezhda@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 2.6.2019

ACCEPTED 3.4.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 663.933

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-27-31

Исследование форм связи влаги в рапсе методом термогравиметрического анализа

Сергей В. Шахов [1] s_shahov@mail.ru
Игорь А. Саранов [1] mr.saranov@mail.ru
Абилхан К. Садибаев [2] asadibayev@mail.ru
Асет А. Малибеков [2] asetmalibekov@mail.ru
Евгений В. Литвинов [1] zenlit@yandex.ru
Павел В. Груздов [1] gruzdov90100@mail.ru

[1] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия
[2] Таразский государственный университет имени М.Х. Дулати, ул. Ниеткалиева, 1, Тараз, Казахстан

Аннотация. В работа рассмотрен метод термогравиметрического анализа, представляющий собой один из немногих абсолютных методов анализа, что делает его одним из наиболее точных методов. В данном исследовании проведен термогравиметрический анализ рапса, который позволил определить температурные зоны, соответствующие влагоудалению с различной энергией связи, что дает возможность прогнозировать режимные параметры процесса влагоудаления и выбирать наиболее эффективный способ их дегидратации. Исследования проводились в лаборатории центра коллективного пользования «Контроль и управление энергоэффективных проектов» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» на приборе синхронного термического анализа модели STA 449 F3 (NETZSCH, Германия) Прибор фиксирует изменение массы вещества и различие теплового потока в тигле, содержащем образец, и тиглем содержащем эталонное вещество. Принцип работы анализатора основан на постоянной регистрации зависимости изменения массы материала от времени или температуры при его нагревании в соответствии с заданной температурной программой в установленной газовой атмосфере. Одновременно регистрируется выделение или поглощение тепла образцом, обусловленное фазовыми переходами или химическими реакциями. Исследования проводили при следующих режимах: давление – атмосферное, максимальная температура 413 К, скорость изменения температуры 5 К/мин. Для опыта использовали алюминиевые тигли с общей массой навески 12 мг. Для построения полученных зависимостей TG и DTG использовалось программное обеспечение NETZSCH Proteus. Полученные зависимости позволил выделить периоды дегидратации воды и преобразования сухих веществ при термическом воздействии на рапс, а также выявить температурные зоны, которые соответствуют высвобождению влаги с различной формой и энергией связи.

Ключевые слова: рапс, связь влаги, термогравиметрический анализ.

The research of moisture forms in the rape by the thermogravimetric analysis method

Sergey V. Shakhov [1] s_shahov@mail.ru
Igor A. Saranov [1] mr.saranov@mail.ru
Abilhan K. Sadibaev [2] asadibayev@mail.ru
Aset A. Malibekov [2] asetmalibekov@mail.ru
Eugene V. Litvinov [1] zenlit@yandex.ru
Pavel V. Gruzdov [1] gruzdov90100@mail.ru

[1] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia
[2] Taraz state University named after M.Kh. Dulati, Nietkaliev str., 1, Taraz, Kazakhstan

Abstract. The paper considers the method of thermogravimetric analysis, which is one of the few absolute methods of analysis, which makes it one of the most accurate methods. In this study, a thermogravimetric analysis of rapeseed was carried out, which allowed to determine the temperature zones corresponding to moisture removal with different binding energy, which makes it possible to predict the regime parameters of the process of moisture removal and to choose the most effective way of their dehydration. Studies were conducted in the laboratory of the center for collective use "Control and management of energy efficient projects" of the "Voronezh State University of Engineering Technologies" on the device of synchronous thermal analysis model STA 449 F3 (NETZSCH, Germany) the Device records the change in the mass of matter and the difference in the heat flow in the crucible containing the sample, and the crucible containing the standard of the test substance. The principle of operation of the analyzer is based on the constant recording of the dependence of the change in the mass of the material on time or temperature when it is heated in accordance with a given temperature program in the established gas atmosphere. At the same time, heat release or absorption by the sample due to phase transitions or chemical reactions is recorded. The study was performed in the following modes: pressure is atmospheric, the maximum temperature of 413 K, the rate of change of temperature of 5 ˚C/min. For the experiment using aluminum crucibles with a total weight of 12 mg. NETZSCH Proteus software was used to build the resulting Tg and DTG dependencies. The obtained dependences allowed to identify the periods of water dehydration and conversion of dry substances under thermal effects on rapeseed, as well as to identify the temperature zones that correspond to the release of moisture with different forms and binding energy.

Keywords: rape, relationship of moisture, thermogravimetric analysis

Введение

Термогравиметрический (ТГА) анализ является прецизионным методом анализа и совершенным экспериментальным методом, который заключается в измерении зависимости массы образца от температуры среды в которую он помещен при постоянной скорости изменения температуры.

При этом влияние размера частиц на результаты термогравиметрического измерения довольно мало изучены. Размер частиц влияет на процесс диффузии выделяющихся газов, что сказывается на скорости реакции и соответственно на форме кривой. Чем меньше размер частиц, тем быстрее достигается равновесие и

Для цитирования
Шахов С.В., Саранов И.А., Садибаев А.К., Малибеков А.А., Литвинов Е.В., Груздов П.В. Исследование форм связи влаги в рапсе методом термогравиметрического анализа // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 27–31. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-27-31

For citation
Shakhov S.V., Saranov I.A., Sadibaev A.K., Malibekov A.A., Litvinov E.V., Gruzdov P.V. The research of moisture forms in the rape by the thermogravimetric analysis method. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 27–31. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-27-31

тем больше для любой заданной температуры степень разложения.

Для нахождения рациональных режимов сушки семян рапса необходимы исследования форм связи влаги с материалом и определения температурных режимов, на которых происходит структурное изменение продукта. В основе данной работы лежит метод термограметрического анализа, который позволяет получить данные о механизме влагоудаления, выявить температурные режимы, а также количество влаги, удаляемой из материала.

Материалы и методы

В представленном исследовании все измерения проводились на приборе синхронного термического анализа модели STA 449 F3 Jupiter (NETZSCH, Германия) (рисунок 1, 2) с держателем образца типа S в алюминиевом тигле с проколотой крышкой, измерения проводились в среде азота класса 5,0 (расход активного газа 50 мл/мин, защитного – 20 мл/мин).



Рисунок 1. Прибор синхронного термического анализа модели STA 449 F3 Jupiter

Figure 1. Simultaneous thermal analysis device STA 449 F3 model Jupiter

Используемый термоанализатор состоит из весовой системы, держателя образца, который размещается в камере печи и подъемного устройства печи. Запуск измерения, регистрация и контроль показаний массы, температуры и времени производились с помощью программного обеспечения Proteus, установленного на персональный компьютер. [1, 2, 5].

Принцип работы термического анализатора основан на непрерывной регистрации зависимости массы материала, изменяющейся во времени, от температуры при его нагревании в соответствии с заданной температурной программой в выбранной газовой атмосфере [1, 2, 5].

Исследования проводили при следующих режимах: давление – атмосферное, максимальная температура 413 K, скорость изменения температуры 5 °C/мин. [3] В опыте использовали алюминиевые тигли с общей массой навески 12 мг.

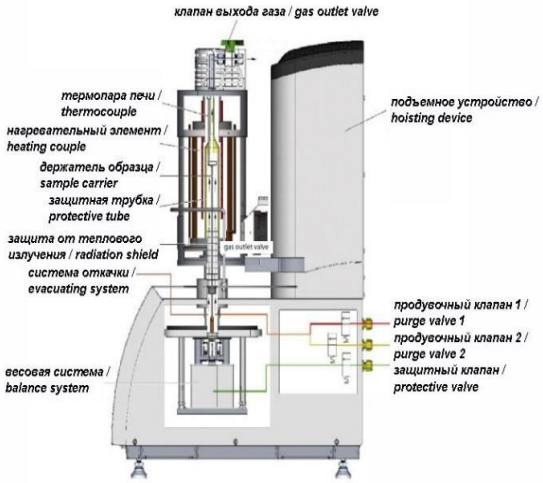


Рисунок 2. Внутреннее устройство прибора синхронного термического анализа модели STA 449 F3 Jupiter

Figure 2. The internal structure of the device simultaneous thermal analysis model STA 449 F3 Jupiter

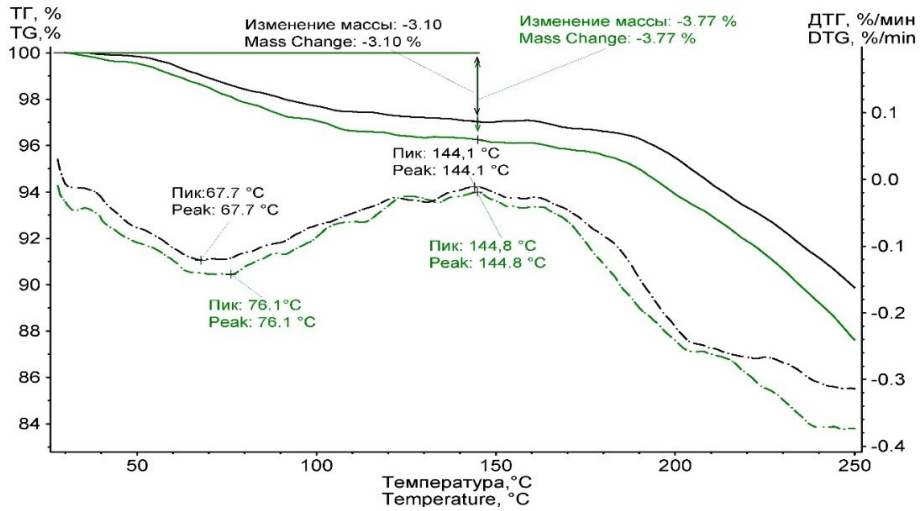


Рисунок 3. Экспериментальные зависимости изменения массы образца ТГ и скорости изменения массы ДТГ

Figure 3. Experimental dependences of the mass change of the sample TG and the rate of mass DTG change

На рисунке 3 представлены результаты, полученные в ходе выполнения термогравиметрического анализа: кривая изменения массы материала ТГ, кривая скорости изменения массы ДТГ. Из графика кривой ТГ видно, что в процессе нагрева материала наблюдается монотонное уменьшение массы образца, что связано с потерей влаги. С целью получения зависимости степени изменения массы материала (степени превращения) α от температуры используется часть кривой изменения массы ТГ, соответствующей процессу дегидратации.

Степень изменения массы α рассчитывается как отношение изменения массы материала $\Delta m_{общ}$:

$$\alpha = \frac{\Delta m}{\Delta m_{общ}}.$$

Построенная зависимость имеет S-образный вид (рисунок 4), отражающий нелинейный характер взаимодействия влаги и сухих веществ в материале, и предполагает разные участки полученной кривой с различными скоростями дегидратации.

Для установления четких интервалов температур и получения подробного механизма удаления влаги, а также количества влаги, удаляемой из материала, используется кривая зависимости (-lg α) от величины $10^3/T$ (рисунок 5).

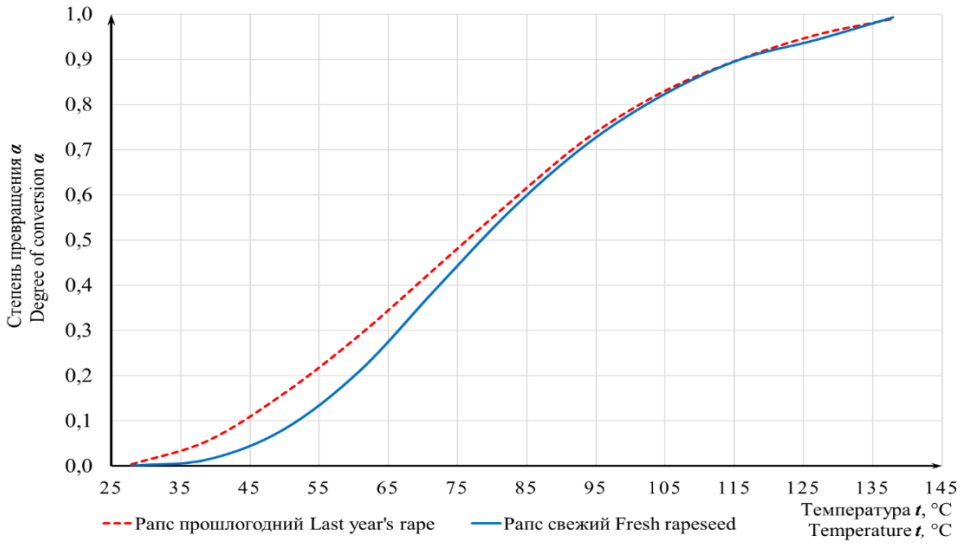


Рисунок 4. Зависимость степени изменения массы α от температуры T материала при нагревании со скоростью 5 °C/мин

Figure 4. The dependence of mass α change degree on the temperature T of the material being heated with at 5 °C/min speed

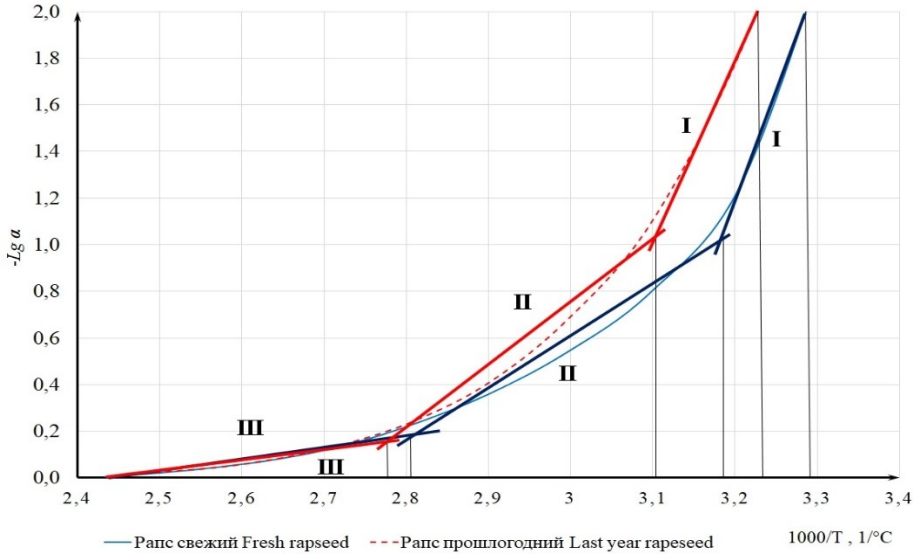


Рисунок 5. Зависимость (-lg α) от величины $10^3/T$ при нагревании со скоростью повышения температуры 10 К/мин I,II,III – 1, 2 и 3 периоды сушки

Figure 5. The dependence of (-lg α) on the value of $10^3/T$ being heated with a rate of temperature rise of 10 K/min 1, 2 and 3 periods of drying

На рисунке 5 видно, что удаление влаги из рапса происходит ступенчато. Рассмотрим более подробно каждый из участков. На I этапе (интервал температур 301–315 K) материал нагревается и удаляется из двух образцов рапса равномерно физико-механически связанная влага, имеющая невысокую энергию связи с материалом. На II этапе (интервал температур 315–398 K) удаляется осмотически связанная влага, в свежем рапсе связь влаги с материалом слабее, чем в прошлогоднем. III этап (интервал температур 398–408 K) характеризуется освобождением адсорбционно-связанной влаги, в свежем рапсе адсорбционная связь сильнее, чем в прошлогоднем. При дальнейшем увеличении температуры начинается удаление химически связанной (полиадсорбционной и моноадсорбционной) влаги, происходит деструкция материала с выделением газообразных составляющих.

Заключение

Полученные данные термического анализа позволили нам определить температурные зоны удаления влаги из материала с различной формой и энергией связи, а также зоны превращения сухих веществ при повышении температуры, что позволит в дальнейшем прогнозировать режимные параметры процесса удаления влаги из материала и выбирать наиболее эффективные способы удаления влаги из материала.

Благодарность

Исследования проведены на приборе синхронного термического анализа модели STA 449 F3 Jupiter в лаборатории центра коллективного пользования «Контроль и управление энергоэффективных проектов» ФГБОУ ВО "Воронежского государственного университета инженерных технологий" в рамках гос. задания 10.8678.2017/7.8

ЛИТЕРАТУРА

1 Шахов С.В., Вострикова А.Г., Ефременко Д.О. Дериватографический способ анализа видов связи влаги с материалом // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). 2014. № 6–3 (6). С. 114–116.

2 Лощилов С.А., Коробейничев О.П., Масленников Д.А., Котова Ю.В. и др. Обработка экспериментальных данных термогравиметрии на основе интегральных оценок изменения скоростей реакции с ростом температуры // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=10792

3 Каминский В.А., Эпштейн С.А., Широчин Д.Л., Тимашев С.Ф. Определение параметров кинетики разложения сложных веществ по данным термогравиметрии // Журнал физической химии. 2011. Т. 85. № 4. С. 637–643.

4 Галимуллин И.Н., Башкирцева Н.Ю., Лебедев Н.А. Анализ морфологической структуры и термогравимет-рия стабилизирующей добавки // Вестник технологического университета. 2015. Т. 18. № 13. С. 14–16.

5 Глотова И.А., Литовкин А.Н., Артёмов Е.С., Ермолова А.В. и др. Исследование процессов дегидратации биополимерных систем в составе птицепродуктов // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 121. С. 801–812.

6 Panyawong S., Devahastin S. Determination of deformation of a food product undergoing different drying methods and conditions via evolution of a shape factor // Journal of Food Engineering. 2007. № 78 (1). P. 151–161.

7 Charles M., Rosselin V., Beck L., Sauvageot F. et al. Flavor release from salad dressings: Sensory and physicochemical approaches in relation with the structure // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2000. V. 48. № 5. P. 1810–1816.

8 Halder A., Dhall A., Datta A.K. Modeling transport in porous media with phase change: Applications to food processing // Journal of Heat Transfer. 2011. V. 133. № 3.

9 Staszczuk P. Thermogravimetry Q-TG studies of surface properties of lunar nanoparticles // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2011. № 106. P. 853–857.

10 Kumar S., Krishnamurthy N. Thermogravimetry studies on ilmenite nitridation // Processing and Application of Ceramics. 2014. № 8 (4). P.179–183.

11 Huang X., Rein G. Smouldering Combustion of Soil Organic Matter: Inverse Modelling of the Ther-mal and Oxidative Degradation Kinetics // Proceedings of the ECM 2013. Sweden, 2013. P. 1–6.

REFERENCES

1 Shakhov S.V., Vostrikova A.G., Efremenko D.O. Derivatografic method of analysis of the Association of mois-ture with a material. *Evraziiskii souyz uchenykh* [Eurasian Union of Scientists]. 2014. no. 6–3 (6). pp. 114–116. (in Russian).

2 Loshilov S.A., Korobeinichev O.P., Maslennikov D.A., Kotov Yu.V. et al. Analysis of the experimental data of thermogravimetry on the basis of the integral estimates of velocity change of reaction with increasing temperature. *Sovramennye problemy nauki I obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2013. no. 6. Available at: http://www.science-ed-ucation.ru/ru/article/view?id=10792 (in Russian).

3 Kaminskii V.A., Epstein, S.A., Sirotin D.L., Timashev S.F. Determination of the parameters of the kinetics of decomposition of complex substances according to termogravimetry. *Zhurnal fizicheskoi khimii* [Journal of physical chemistry]. 2011. vol. 85. no. 4. pp. 637–643. (in Russian).

4 Galimullin I.N., Bashkirtseva N.Yu., Lebedev N.A. Analysis of the morphological structure and thermogravimetry stabilizing additives. *Vestnik tekhnollogicheskogo universiteta* [Bulletin of technological university]. 2015. vol. 18. no. 13. pp. 14–16. (in Russian).

5 Glotova I.A., Litovkin, A.N., Artemov E.S., Ermolova A.V. et al. Study of the processes of dehy-dration of biopolymer systems consisting of poultry products. *Nauchnui zhurnal KubGAU* [Scientific journal of KubSAU]. 2016. no. 121. pp. 801–812. (in Russian).

6 Panyawong S., Devahastin S. Determination of deformation of a food product undergoing different drying methods and conditions via evolution of a shape factor. Journal of Food Engineering. 2007. no. 78 (1). pp. 151–161.

7 Charles M., Rosselin V., Beck L., Sauvageot F. et al. Flavor release from salad dressings: Sensory and physicochemical approaches in relation with the structure. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2000. vol. 48. no. 5. pp. 1810–1816.

8 Halder A., Dhall A., Datta A.K. Modeling transport in porous media with phase change: Applications to food processing. Journal of Heat Transfer. 2011. vol. 133. no. 3.

9 Staszczuk P. Thermogravimetry Q-TG stu-dies of surface properties of lunar nanoparticles. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2011. no. 106. pp. 853–857.

10 Kumar S., Krishnamurthy N. Thermogravimetry studies on ilmenite nitridation. Processing and Application of Ceramics. 2014. no. 8 (4). pp. 179–183.

11 Huang X., Rein G. Smouldering Combustion of Soil Organic Matter: Inverse Modelling of the Ther-mal and Oxidative Degradation Kinetics. Proceedings of the ECM 2013. Sweden, 2013. pp. 1–6.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Сергей В. Шахов д.т.н., профессор, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, s_shahov@mail.ru

Игорь А. Саранов к.т.н., инженер, Центр коллективного пользования «Контроль и управление энергоэффективных проектов», Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036 , mr.saranov@mail.ru

Абилхан К. Садибаев к.т.н., доцент, кафедра технологии продовольственных продуктов, перерабатывающих производств и биотехнологии, Таразский государственный университет имени М. Х. Дулати, улица Ниеткалиева, 1, Тараз, Казахстан, asadibayev@mail.ru

Асет А. Малибеков аспирант, кафедра технологии продовольственных продуктов, перерабатывающих производств и биотехнологии, Таразский государственный университет имени М. Х. Дулати, улица Ниеткалиева, 1, Тараз, Казахстан, asetmalibekov@mail.ru

Евгений В. Литвинов к.т.н., доцент, кафедра технической механики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, zenlit@yandex.ru

Павел В. Груздов студент, факультет пищевых машин и автоматов, Воронежский государственный университет инженерных технологий, р-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, gruzdov90100@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Сергей В. Шахов предложил методику проведения эксперимента и организовал производственные испытания

Игорь А. Саранов провёл эксперимент, выполнил расчёты

Абилхан К. Садибаев, **Евгений В. Литвинов** консультация в ходе исследования

Асет А. Малибеков написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Павел В. Груздов обзор литературных источников по исследуемой проблеме, выполнил расчёты

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 25.12.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 29.01.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Sergey V. Shakhov Dr. Sci. (Engin.), professor, machines and apparatus of food production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, s_shahov@mail.ru

Igor A. Saranov Cand. Sci. (Engin.), engineer, Center for Collective Use "Monitoring and Management of Energy Efficient Projects", Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, mr.saranov@mail.ru

Abilhan K. Sadibaev Cand. Sci. (Engin.), associate professor, food technology, processing industries and biotechnology department, Taraz state University named after M. Kh. Dulati, Nietkaliev str., 1, Taraz, Kazakhstan, asadibayev@mail.ru

Aset A. Malibekov graduate student, food technology, processing industries and biotechnology department, Taraz state University named after M. Kh. Dulati, Nietkaliev str., 1, Taraz, Kazakhstan, asetmalibekov@mail.ru

Eugene V. Litvinov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technical mechanics department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, zenlit@yandex.ru

Pavel V. Gruzdov student, food machines and automatic machines department, Voronezh state university of engineering technologies , Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, gruzdov90100@mail.ru

CONTRIBUTION

Sergey V. Shakhov proposed a scheme of the experiment and organized production trials

Igor A. Saranov conducted an experiment, performed computations

Abilhan K. Sadibaev, **Eugene V. Litvinov** consultation during the study

Aset A. Malibekov wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Pavel V. Gruzdov review of the literature on an investigated problem, performed computations

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 12.25.2018

ACCEPTED 1.29.2019

Краткое сообщение/Short message

УДК 636 085.54.004.4

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-32-35

Биореактор с применением импеллерных мешалок для культивирования биомассы микроводорослей

Лариса И. Лыткина [1] larissaig2410@rambler.ru
Евгения С. Шенцова [1] evgeniya-shencova@yandex.ru
Дмитрий В. Коптев [2] dmitriykoptew@mail.ru
Николай Ю. Ситников [2] sit-work@yandex.ru

[1] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия
[2] Воронежский экспериментальный комбикормовый завод, пр-т Труда, 93, г. Воронеж, 394026, Россия

Аннотация. Культивирование микроводорослей в последние годы набирает популярность в разных странах. В результате такого интенсивного развития производства был приобретён огромный опыт в конструировании различных типов биореакторов. Разработан биореактор для культивирования микроводорослей, имеющий цилиндрический корпус, разделенный горизонтальными перегородками на секции для ввода и вывода культуральной жидкости, и дополнительную секцию с внутренней зеркальной поверхностью, барботажное устройство и рамные мешалки, закрепленные на лопастях, жестко связанных с валом. Планетарное вращение рамных мешалок относительно вала создает дополнительную турбулизацию среды, обеспечивает выравнивание концентрации клеток биомассы, предотвращает появление застойных зон, преждевременное осаждение клеток культуры на дно аппарата и повышает продуктивность выращивания микроводорослей. В основной секции суспензия микроводоросли подвергается равномерному воздействию световой энергии посредством коаксиально установленной лампы накаливания дневного света и отражения света от внутренней зеркальной поверхности корпуса. В процессе освещения лампой накаливания выделяется теплота, которая компенсируется подачей охлаждающего воздуха Главным отличием от других биореакторов является импеллерная мешалка, закрепленная на валу в нижней части корпуса, предотвращающая расслаивание выходящей тяжелей пульпы биомассы, обеспечивающая полноценную циркуляцию культуральной жидкости в нижней части аппарата как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях при минимальных механических затратах энергии. Данный аппарат позволяет создать дополнительную турбулизацию среды, обеспечить равномерную аэрацию, снижение расхода энергии на подачу газовоздушной смеси в коллектор, предотвратить образование «застойных» зон в нижней части аппарата.

Ключевые слова: биореактор для культивирования микроводорослей; микроводоросли; барботажное устройство; импеллерная мешалка; рамная мешалка

The bioreactor with use of impeller mixers for cultivation of biomass of microalgas

Larisa I. Lytkina [1] larissaig2410@rambler.ru
Evgenia S. Shentsova [1] evgeniya-shencova@yandex.ru
Dmitriy V. Koptev [2] dmitriykoptew@mail.ru
Nikolay Yu. Sitnikov [2] sit-work@yandex.ru

[1] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia
[2] Voronezh experimental formula-feed plant, Truda Ave, 93, Voronezh, 394026, Russia

Abstract. Cultivation of microalgas gains popularity in the different countries in recent years. As a result of such intensive development of production the extensive experience in constructioning of various types of bioreactors was gained. The bioreactor for cultivation of microalgas having the cylindrical housing divided by horizontal partitions into sections for input and output of cultural liquid and additional section with an internal specular surface, the bubble device and gate stirrers fixed on blades, the rigidly bound to shaft is developed. Planetary rotation of gate stirrers concerning a shaft creates additional turbulization of the environment, provides alignment of concentration of cells of biomass, prevents emergence of hold-up spots, a premature deposition of cages of culture on the bottom of the device and increases efficiency of cultivation of microalgas. In the main section suspension of a microalga is exposed to the uniform light energy by means of coaxially established filament lamp of a daylight and to reflection of light from an internal specular surface of a housing. In the course of irradiating the filament lamp distinguishes warmth which is compensated by supply of the cooling air the Main difference from other bioreactors the impeller mixer fixed to a shaft in the bottom of a housing, preventing stratifying of the biomass pulp leaving more heavy is obespechivashchy full circulation of cultural liquid in the bottom of the device as in the horizontal, and vertical planes, at minimum mechanical energy consumptions. This device allows to create additional turbulization of the environment, to provide the uniform aeration, decrease in a power consumption on supply of steam-and-gas mixture in a collector, to prevent formation of "stagnant" zones in the bottom of the device.

Keywords: microalga bioreactor; microalgas; bubble device; impeller mixer; gate mixer

Для цитирования
Лыткина Л.И., Шенцова Е.С., Коптев Д.В., Ситников Н.Ю. Биореактор с применением импеллерных мешалок для культивирования биомассы микроводорослей // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 32–35. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-32-35

For citation
Lytkina L.I.,. Shentsova E.S., Koptev D.V., Sitnikov N.Yu. The bioreactor with use of impeller mixers for cultivation of biomass of microalgas. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 32–35. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-32-35

Введение

Производство микроводорослей в последние годы набирает популярность в разных странах, поскольку они нашли применение в комбикормовом производстве в качестве компонента, являющегося источником натуральных растительных жиров, белков, углеводов и микроэлементов. На сегодняшний день одноклеточные светозависимые микроводоросли, такие как хлорелла, спирулина, дуналиелла, выращивают в биореакторах открытого и закрытого типа. Однако биореакторы открытого типа имеют определенные недостатки, такие как: огромные занимаемые площади, необходимость жаркого солнечного климата и невозможность получения чистой культуры [1–10].

Обсуждение

Разработана конструкция биореактора для культивирования фотоавтотрофных микроорганизмов с использованием импеллерной мешалки.

Биореактор (рисунок 1) состоит из корпуса с секциями для ввода культуральной жидкости, для освещения автотрофных микроорганизмов, вывода культуральной жидкости, разделенными горизонтальными перегородками. В горизонтальных перегородках установлены прозрачные цилиндрические трубки с пленообразующими устройствами и прозрачная рециркуляционная труба, расположенная в секции вертикально по оси симметрии аппарата. Внутри прозрачных цилиндрических трубок установлена спираль из проволоки, расположенная по всей длине.

Для освещения прозрачных цилиндрических трубок и прозрачной рециркуляционной трубы в секции освещения имеется лампа накаливания. В секции вывода культуральной жидкости установлено барботажное устройство, выполненное в виде кольцевого коллектора по всему сечению аппарата, с патрубком подачи смеси углекислого газа и воздуха. Внутри прозрачной рециркуляционной трубы по всей высоте аппарата установлен вал в подшипниковом узле.

На валу внутри прозрачной рециркуляционной трубы закреплен роторный нагнетатель, который направляет культуральную жидкость из секции вывода культуральной жидкости через прозрачную рециркуляционную трубу в секцию её ввода. В зоне секции вывода культуральной жидкости установлены рамные мешалки и импеллерная, закрепленная на валу в нижней части корпуса. Крепление каждой рамной мешалки к лопасти обеспечивается через подшипниковый узел.

На корпусе аппарата расположены штуцера для ввода и вывода охлаждающего воздуха, для ввода и вывода культуральной жидкости, для вывода отработанной смеси углекислого газа с воздухом.

Биореактор для культивирования светозависимых микроводорослей работает следующим образом.

Суспензия автотрофного микроорганизма поступает в камеру через штуцер для ввода культуральной жидкости, проходит через кольцевой зазор пленкообразующих устройств и в виде жидкостной пленки стекает по внутренней поверхности прозрачных цилиндрических трубок. В процессе истечения по виткам винтовых спиралей жидкостная пленка в противотоке интенсивно взаимодействует со смесью углекислого газа и воздуха. В результате поступательно-вращетельного движения культуральной жидкости на винтовой спирали удерживается большое количество культуральной жидкости на внутренней поверхности прозрачных цилиндрических трубок. Вращательное движение пленки жидкости образует центробежную силу, которая предотвращает срыв жидкости и способствует ее равномерному распределению.

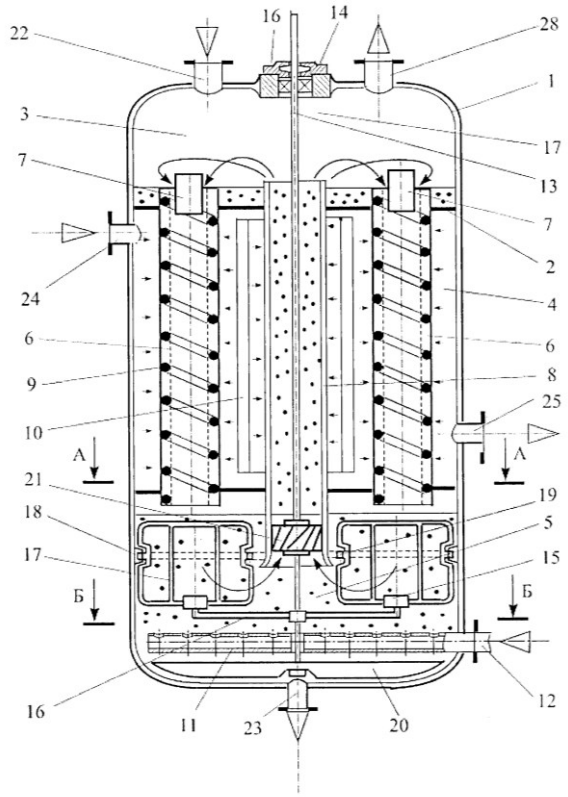
Подача газовоздушной смеси в аппарат осуществляется через патрубок барботажного устройства, обеспечивающего равномерное распределение потока газовоздушной смеси в прозрачных цилиндрических трубках и дополнительное насыщение жидкости углекислым газом в секции.

Планетарное вращение рамных мешалок относительно вала создает дополнительную турбулизацию среды, обеспечивает выравнивание профиля концентраций клеток биомассы по сечению секции вывода культуральной жидкости, предотвращает появление застойных зон, преждевременное осаждение клеток культуры на дно аппарата и повышает продуктивность выращивания культуры фотоавтотрофных микроорганизмов.

В секции суспензия автотрофного микроорганизма подвергается равномерному воздействию световой энергии посредством коаксиально установленной лампы накаливания дневного света и отражения света от внутренней зеркальной поверхности корпуса.

Теплота, выделяемая лампой накаливания в процессе освещения, компенсируется за счет подачи охлаждающего воздуха в секцию через штуцер.

Суспензия, насыщенная углекислым газом, из секции освещения поступает в секцию для вывода культуральной жидкости, где дополнительно насыщется газовоздушной смесью при помощи барботажного устройства, повышая суммарный коэффициент массообмена и тем самым интенсифицируя процесс культивирования.



Фиг. 1

Рисунок 1. Биореактор для культивирования фотоавтотрофных микроорганизмов. Общий вид: 1 – корпус; 2 – горизонтальные перегородки; 3 – секция ввода; 4 – секция освещения; 5 – секция вывода; 6 – прозрачные цилиндрические трубки; 7 – пленкообразующие устройства; 8 – прозрачная рециркуляционная труба; 9 – винтовая спираль; 10 – лампа накаливания; 11 – барботажное устройство; 12 – патрубок подачи смеси углекислого газа и воздуха; 13 – вал; 14, 15 – подшипниковые узлы; 16 – рамные мешалки; 17 – лопасти; 18 – импеллерная мешалка; 19 – внешний зубчатый венец рамной мешалки; 20 – внутренний зубчатый венец на внутренней поверхности корпуса; 21 – роторный нагнетатель; 22 – штуцер ввода культуральной жидкости; 23 – штуцер вывода культуральной жидкости; 24 – штуцер ввода охлаждающего воздуха; 25 – штуцер вывода охлаждающего воздуха; 26 – штуцер для вывода газо- воздушной смеси

Figure 1. The bioreactor for cultivation of photoautotrophic microorganisms. General form: 1– housing; 2 – horizontal partitions; 3 – input section; 4 – irradiating section; 5 – conclusion section; 6 – transparent cylindrical tubes; 7 – film-forming devices; 8 – transparent recycling pipe; 9.-screw spiral; 10 – filament lamp; 11 – bubble device; 12 – branch pipe of supply of mix of a carbon dioxide and air; 13 – shaft; 14, 15 – bearing clusters; 16 – gate stirrers; 17 – blades; 18 – impeller mixer; 19 – external gear wreath of a gate stirrer; 20 – an internal gear wreath on the internal surface of a housing; 21 – rotor supercharger; 22 – union of input of cultural liquid; 23 – union of a conclusion of cultural liquid; 24 – the union of input of the cooling air; 25 – the union of a conclusion of the cooling air; 26 – the union for a steam-and-gas mixture conclusion

Импеллерная мешалка, прикрепленная к валу в нижней части корпуса, предотвращает расслаивание выходящей тяжелой пульпы биомассы, обеспечивает полноценную циркуляцию культуральной жидкости в нижней части аппарата как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости, затрачивая минимум механической энергии.

Из секции вывода культуральной жидкости суспензию автотрофного микроорганизма выводят в качестве готовой биомассы через штуцер.

Биореактор для культивирования микроводорослей имеет следующие преимущества по сравнению с известными биореакторами:

– создает дополнительную турбулизацию среды при непрерывном перемешивании с помощью рамных мешалок;

– обеспечивает равномерную аэрацию и предотвращает осаждение клеток в секции вывода культуральной жидкости;

– обеспечивает снижение расхода энергии на подачу газовоздушной смеси в коллектор;

– позволяет сбалансировать расход газовоздушной смеси, обеспечивая культивирование микроводорослей в области допустимых технологических свойств получаемой биомассы;

– предотвращает образование «застойных» зон в нижней части аппарата благодаря использованию импеллерной мешалки.

ЛИТЕРАТУРА

1 Пат. № 2650804, RU, C12M 1/02, 1/06, 1/14, 1/38. Аппарат для культивирования фотоавтотрофных микроорганизмов / Дранников А.В., Шевцов А.А., Коптев Д.В., Тертычная Т.Н., Мажулина И.В., Мишинев К.В. № 2017108749; Заявл. 16.03.2017; Опубл. 17.04.2018, Бюлл. 11.

2 Шевцов А.А., Дранников А.В., Пономарев А.В., Ситников Н.Ю. Биореактор плёночного типа для суспензии фотоавтотрофных микроорганизмов // Биотехнологические системы в производства пищевого сырья и продуктов: инновационный потенциал и перспективы развития: материалы Международной научно-технической конференции. Воронеж: ВГУИТ, 2011. С. 204–206.

3 Yao Y., Ge Y.F., Thomasson J.A., Sui R.X. Algae optical density sensor for pond monitoring and production process control // International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 2018. V. 11. № 1. P. 212–217.

4 Valencia R., Giffard-Mena I., Cruz-Lopez R., Garcia-Mendoza E. et al. Growth Profiles, Nutrient composition and Pigments Analysis of *Dunaliella salina* strain San Quintin // CICIMAR Oceanides. 2018. V. 33. №. 2. P. 1–11.

5 Yang Z., Cheng J., Yang W., Zhou J. et al. Developing a water-circulating column photobioreactor for microalgal growth with low energy consumption // Bioresource technology. 2016. V. 221. P. 492–497.

6 Bazdar E., Roshandel R., Yaghmaei S., Mardanpour M.M. The effect of different light intensities and light/dark regimes on the performance of photosynthetic microalgae microbial fuel cell // Bioresource technology. 2018. V. 261. P. 350–360.

7 Yan N., Fan C., Chen Y., Hu Z. The potential for microalgae as bioreactors to produce pharmaceuticals // International journal of molecular sciences. 2016. V. 17. № 6. P. 962.

8 Hosseini N.S. et al. Microalgae cultivation in a novel top-lit gas-lift open bioreactor // Bioresource technology. 2015. V. 192. P. 432–440.

9 Кузнецова И.В., Лыгина Л.В., Нетесова Г.А. Состояние воды в клетках хлореллы // Вестник ВГУИТ. 2015. № 4. С. 160–164.

10 Соколан Н.И., Куранова Л.К., Воронько Н.Г., Гроховский В.А. Исследование возможности получения альгината натрия из продукта переработки фукусовых водорослей // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 1. С. 161–167. doi: 10.20914/2310-1202-2018-1-161-167

REFERENCES

1 Drannikov A.V., Shevtsov A.A., Koptev D.V., Tertychnaya T.N., Mazhulina I.V., Mishinev K.V. Apparat dlya kul'tivirovaniya fotoavtotrofnykh mikroorganizmov [The device for cultivation of photoautotrophic microorganisms]. Patent RF, no. 2650804, 2018.

2 Shevtsov A.A., Drannikov A.V., Ponomarev A.V., Sitnikov N.Yu. Bioreaktor of film type for suspension of photoautotrophic microorganisms. Biotekhnologicheskiye sistemy v proizvodstva pishchevogo syr'ya i produktov [Biotechnological systems in proizvodstvepishchevy raw materials and products: innovative potential and prospects of development: materials of the International scientific and technical conference]. Voronezh, VSUET, 2011. pp 204–206. (in Russian).

3 Yao Y., Ge Y.F., Thomasson J.A., Sui R.X. Algae optical density sensor for pond monitoring and production process control. International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 2018. vol. 11. no. 1. pp. 212–217.

4 Valencia R., Giffard-Mena I., Cruz-Lopez R., Garcia-Mendoza E. et al. Growth Profiles, Nutrient composition and Pigments Analysis of *Dunaliella salina* strain San Quintin. CICIMAR Oceanides. 2018. vol. 33. no. 2. pp. 1–11.

5 Yang Z., Cheng J., Yang W., Zhou J. et al. Developing a water-circulating column photobioreactor for microalgal growth with low energy consumption. Bioresource technology. 2016. vol. 221. pp. 492–497.

6 Bazdar E., Roshandel R., Yaghmaei S., Mardanpour M.M. The effect of different light intensities and light/dark regimes on the performance of photosynthetic microalgae microbial fuel cell. Bioresource technology. 2018. vol. 261. pp. 350–360.

7 Yan N., Fan C., Chen Y., Hu Z. The potential for microalgae as bioreactors to produce pharmaceuticals. International journal of molecular sciences. 2016. vol. 17. no. 6. pp. 962.

8 Hosseini N.S. et al. Microalgae cultivation in a novel top-lit gas-lift open bioreactor. Bioresource technology. 2015. vol. 192. pp. 432–440.

9 Kuznetsova I.V., Lygina L.V., Netesova G.A. Water condition in cells of chlorella. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2015. no. 4. pp. 160–164. (in Russian).

10 Sokolan N.I., Kuranova L.K., Voron N.G., Grokhovskii V.A. Investigation of the possibility of producing sodium alginate from the product of processing fucus algae. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 1. pp. 161–167. doi: 10.20914/2310-1202-2018-1-161-167 (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Лариса И. Лыткина д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, larissaig2410@rambler.ru

Евгения С. Шенцова д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий,, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, evgeniya-shencova@yandex.ru

Дмитрий В. Коптев магистр, Воронежский экспериментальный комбикормовый завод, пр-т Труда, 93, г. Воронеж, 394036, Россия, dmitriykoptew@mail.ru

Николай Ю. Ситников к.т.н., Воронежский экспериментальный комбикормовый завод, пр-т Труда, 93, г. Воронеж, 394036, Россия, sit-work@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Лариса И. Лыткина предложила методику проведения, провела обобщение, написала рукопись, консультация в ходе исследования

Евгения С. Шенцова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

Дмитрий В. Коптев написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Николай Ю. Ситников консультация в ходе исследования, первичная обработка данных

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 20.12.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 30.01.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Larisa I. Lytkina Dr. Sci. (Engin.), professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, larissaig2410@rambler.ru

Evgenia S. Shentsova Dr. Sci. (Engin.), professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, evgeniya-shencova@yandex.ru

Dmitriy V. Koptev master student, Voronezh experimental formula-feed plant, Truda Ave, 93, Voronezh, 394026, Russia, dmitriykoptew@mail.ru

Nikolay Yu. Sitnikov Cand. Sci. (Engin.), Voronezh experimental formula-feed plant, Truda Ave, 93, Voronezh, 394026, Russia, sit-work@yandex.ru

CONTRIBUTION

Larisa I. Lytkina proposed a scheme of the experiment, spent generalization, wrote the manuscript, consultation during the study

Evgenia S. Shentsova a review of the literature on the problem under study, conducted an experiment, performed calculations

Dmitriy V. Koptev wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Nikolay Yu. Sitnikov consultation during the study, primary data processing

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 12.20.2018

ACCEPTED 1.30.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 644

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-36-41

Разработка математической модели экстрагирования из люпина подсырной сывороткой наложением низкочастотных механических колебаний

Юлиан И. Шишацкий [1] .
Алексей М. Барбашин [1]
Сергей А. Никель [1] sergei.nickel@yandex.ru

[1] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. В работе отмечено, что модель построена с целью создания в экстракторе возможно большего изменения давления в подсырной сыворотке, поскольку скорость переноса целевых компонентов пропорциональна разности давлений на концах капилляров. Подробно дано математическое описание пропитки как основной или важной вспомогательной операции. Приведены уравнения для пропитанной части капилляра, отношение скоростей пропитки в разные моменты времени. Из приведенных зависимостей выведено уравнение Вошберна относительно времени пропитки. Записаны формулы для расчета объемов экстрагента, прошедшего через капилляр, сыворотки и вытесненного из капилляра воздуха с учетом вязкого сопротивления последнего. После интегрирования уравнения скорости капиллярной пропитки получено выражение, позволяющее оценить конечное значение пропитки в начальной стадии. Для различных случаев капиллярной пропитки записаны выражения при атмосферном давлении, вакуумировании и при избыточном давлении. Введение безразмерных величин позволило упростить решение и получить выражение для расчета времени пропитки поры. Сделан анализ уравнения безразмерного времени пропитки с учетом наложения низкочастотных механических колебаний. Отмечено, что процессы пропитки и экстрагирования протекают одновременно, поэтому временем пропитки зачастую пренебрегают, что обедняет понимание физики процесса, снижает точность расчета. С учетом диффузионной нестационарности процесса переноса вещества, вследствие гидродинамической нестационарности, записано уравнение, содержащее эффективный коэффициент диффузии. Уравнение нестационарной диффузии для сферической частицы люпина в экстракторе периодического действия дополнено начальными и граничными условиями. С учетом балансного уравнения получено уравнение кинетики процесса. Изучено распределение пор в частице люпина по радиусам и площадям, рассчитано значение пористости частицы. Методом графического решения выписанных балансового уравнения, уравнения кинетики и параметров, входящих в эти уравнения, определены значения $D_э$ и Bi. Сделаны выводы по работе.

Ключевые слова: математическая модель, экстрагирование, люпин, подсырная сыворотка, механические колебания

Development of mathematical model of extraction from lupine with cheese serum by applying low-frequency mechanical vibrations

Julian I. Shishatsky [1] .
Alexey M. Barbashin [1]
Sergei A. Nickel [1] sergei.nickel@yandex.ru

[1] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. It is noted that the model is designed to create the largest possible pressure change in the cheese whey in the extractor, since the rate of transfer of the target components is proportional to the pressure difference at the ends of the capillaries. The mathematical description of impregnation as the main or important auxiliary operation is given in detail. The equations for the impregnated part of the capillary, the ratio of impregnation rates at different times are given. From the above dependencies, the equation Washburne regarding the time of impregnation. The formulas for calculating the volume of extractant passed through the capillary, serum and forced out of the capillary air taking into account the viscous resistance of the latter. After integration of the equation of the speed of capillary impregnation of the obtained expression allows to estimate the final value of the impregnation in the initial stage. For different cases of capillary impregnation expressions are written at atmospheric pressure, vacuuming and overpressure. The introduction of dimensionless values allowed to simplify the solution and to obtain an expression for calculating the time of pore impregnation. The analysis of the equation of dimensionless impregnation time taking into account the application of low-frequency mechanical vibrations is made. It is noted that the processes of impregnation and extraction occur simultaneously, so the impregnation time is often neglected, which impoverishes the understanding of the physics of the process, reduces the accuracy of the calculation. Taking into account the diffusion unsteadiness of the process of substance transfer due to hydrodynamic unsteadiness, the equation containing the effective diffusion coefficient is written. The equation of unsteady diffusion for a spherical lupine particle in a batch extractor is supplemented with initial and boundary conditions. Taking into account the balance equation, the kinetic equation of the process is obtained. We studied the distribution of pores in the particle lupine along the radii and squares, the calculated value of the porosity of the particle. The values of De and Bi are determined by the method of graphical solution of the balance equation, the equation of kinetics and the parameters included in these equations. Conclusions on the work.

Keywords: mathematical model, extraction, lupine, cheese whey, mechanical vibrations

Для цитирования

Шишацкий Ю.И., Барбашин А.М., Никель С.А. Разработка математической модели экстрагирования из люпина подсырной сывороткой наложением низкочастотных механических колебаний // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 36–41. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-36-41

For citation

Shishatsky Ju.I., Barbashin A.M., Nickel S.A. Development of mathematical model of extraction from lupine with cheese serum by applying low-frequency mechanical vibrations. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 36–41. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-36-41

Введение

Модель разработана на основе теории турбулентности с целью создания в экстракционном аппарате возможно большего изменения давления в обрабатываемой среде, за счет чего скорость переноса вещества пропорциональна разности давлений на концах капилляров.

Результаты и обсуждение

Течение жидкостей в капиллярах подчиняется закону Пуазейля [8]:

$$\upsilon = \frac{dl}{dt} = \frac{r^2}{8\mu l}\Delta p, \qquad (1)$$

где l – длина пропитанной части капилляра; t – время; r – радиус капилляра; μ – коэффициент динамической вязкости жидкости; Δp – перепад давлений.

При экстрагировании капиллярная пропитка твердых частиц служит основной или важной вспомогательной операцией [7-12]. Кинетику капиллярной пропитки сквозных капилляров можно описать, представив (1) для пропитанного участка капилляра, следующей зависимостью [1]:

$$\frac{dl}{dt} = \frac{r^2}{8\mu l}\left(p_k - \rho g l \sin\alpha\right), \qquad (2)$$

где p_k – капиллярное давление; ρ – плотность жидкости; g – ускорение свободного падения; α – угол наклона капилляра по отношению к горизонтальной плоскости.

Тогда отношение скоростей пропитки в разные моменты времени запишется в виде:

$$M = \frac{\left(l_\infty - l_1\right)l_2}{\left(l_\infty - l_2\right)l_1}, \qquad (3)$$

где M – капиллярная масса жидкости; l_∞ – предельное расстояние, на которое мигрирует жидкость.

Из (3) следует:

$$l_\infty = \frac{\left(M-1\right)l_1 \cdot l_2}{M \cdot l_1 - l_2}.$$

Уравнение Вошберна [1] получено после интегрирования уравнения (2):

$$t = \frac{8\mu}{r^2 \rho g \sin\alpha}\left(l_\infty \ln\frac{l_\infty}{l_\infty - 1} - l\right).$$

Опуская ряд промежуточных преобразований, а также используя термодинамическую теорию капиллярной пропитки Б.В. Дерятина [4], отметим, что полученные соотношения капиллярной пропитки не учитывают сопротивления вытесняемых газов.

Если предположить, что закон Пуазейля выполняется для обеих частей капилляра – заполненных жидкостью и заполненных газом, а газ, вытесняемый из капилляров, оказывает вязкое сопротивление, для потока жидкости и потока газа запишем соответственно:

$$Q_{\text{ж}} = \frac{\pi \Delta p_1 r^4}{8\mu_{\text{ж}} L_{\text{ж}}},$$

$$Q_{\text{г}} = \frac{\pi \Delta p_2 r^4}{8\mu_{\text{г}}\left(L_0 - L_{\text{ж}}\right)},$$

где $Q_{\text{ж}}$, $Q_{\text{г}}$ – объем прошедшей через капилляр жидкости и объем вытесненного из капилляра газа; $L_{\text{ж}}$, $L_{\text{г}}$ – часть капилляра, заполненная жидкостью и газом соответственно.

Запишем: $Q_{\text{ж}} = Q_{\text{г}}$ – условие неразрывности потока; $p_k = \Delta p_1 + \Delta p_2$ – сумма потерь давления равна скачку капиллярного давления.

Тогда расход жидкости и равный ему расход газа [1]:

$$Q = \frac{\pi p_k r^4}{8\left[\mu_{\text{ж}} L_{\text{ж}} + \mu_{\text{г}}\left(L_0 - L_{\text{ж}}\right)\right]}.$$

Уравнение скорости капиллярной пропитки имеет вид:

$$\frac{dL_{\text{ж}}}{dt} = \frac{p_k r^2}{8\left[L_{\text{ж}}\left(\mu_{\text{ж}} - \mu_{\text{г}}\right) + \mu_{\text{г}} L_0\right]}. \qquad (4)$$

После интегрирования (4) получим:

$$\frac{\left(\mu_{\text{ж}} - \mu_{\text{г}}\right)}{2} L_{\text{ж}}^2 + \mu_{\text{г}} L_{\text{ж}} L_0 = \frac{r^2 p_k}{8} t.$$

При $L_{\text{ж}} \to 0$ из (4) находим:

$$\frac{dL_{\text{ж}}}{dt}\Big|_{l_{\text{ж}} \to 0} = \frac{r^2 p_k}{8\mu_{\text{г}} L_0}. \qquad (5)$$

Уравнение (5) позволяет оценить конечное значение пропитки в начальной стадии. Эта скорость постоянна и не зависит от глубины пропитки [1].

Для твёрдых тел растительного происхождения, например, люпина, характерно, кроме сквозных пор, наличие тупиковых и квазитупиковых пор, то есть сквозных пор, ведущих себя при пропитке как тупиковые.

Для различных случаев капиллярной пропитки: при атмосферном давлении, при низком давлении (вакуумировании), а также под избыточным давлением получается соответственно [1]:

$$\frac{dl}{dt} = \frac{r^2}{8\mu l}\left(p_k + p_o - p_o \frac{l_o}{l_o - l}\right), \qquad (6)$$

$$\frac{dl}{dt} = \frac{r^2}{8\mu l}\left(p_k + p_{\text{н}} - p_{\text{в}} \frac{l_o}{l_o - l}\right), \qquad (7)$$

$$\frac{dl}{dt} = \frac{r^2}{8\mu l}\left(p_k + p_{\text{н}} - p_o \frac{l_o}{l_o - l}\right). \qquad (8)$$

Здесь p_o – атмосферное давление.

Уравнения (6)–(8) получены с учетом значений перепада давлений Δp для перечисленных вариантов, а также пренебрежимо малого значения гидростатического давления $\rho g l$.

С учетом уравнения (6) время пропитки составит:

$$t = \frac{8\mu}{r^2}\int_0^l \frac{(l_o - l)l dl}{p_k l_o - (p_k + p_o)l}. \qquad (9)$$

Упростить уравнение (9) можно введением безразмерных величин

$\alpha = p_k / (p_k + p_o)$ и $\varphi = l / l_o$ [1]:

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{r^2 p_k (\alpha - \varphi)}{8\mu\alpha l_o^2 \varphi(1-\varphi)}.$$

С учетом постоянной интегрирования уравнение (9) примет вид:

$$t = \frac{8\mu\alpha l_o^2}{r^2 p_k}\left\{0{,}5\varphi^2 + (1-\alpha)\left[\alpha \ln\frac{\alpha}{\alpha - \varphi} - \varphi\right]\right\}.$$

Введя безразмерное время $\tau = r^2 p_k t / 8\mu\alpha l_o^2$, получили уравнение для расчета времени пропитки поры:

$$\tau = 0{,}5\varphi^2 + (1-\alpha)\left(\alpha \ln\frac{\alpha}{\alpha - \varphi} - \varphi\right). \qquad (4)$$

Как видно, предельная степень пропитки при атмосферном давлении равна α. В такой ситуации защемлённый газ находится под давлением, равным $p_k + p_0$, а $\Delta p = 0$.

С учетом наложения на систему поля низкочастотных механических колебаний имеем в уравнении Пуазейля (1):

$$\Delta p = (p_k + p_m) - \frac{L_o}{L_o - l} p_o.$$

Здесь L_o – длина поры; p_m – максимальное давление на турбулентное перемешивание двухфазной системы в экстракторе.

В уравнении (10) безразмерное время τ, безразмерная степень пропитки φ, а также безразмерная величина α имеют вид:

$$\tau = \left[(p_k + p_m)\frac{\mu^2}{8\mu L_o^2}\right]t;\ \varphi = \frac{l}{l_o};$$

$$\alpha = \frac{p_m - p_o + p_k}{p_k + p_m}.$$

Анализ уравнения (10) позволяет сделать следующие выводы.

1) При $p_o = p_m$ уравнение (10) совпадает с решением уравнения движения жидкости в тупиковой поре при проведении процесса пропитки без интенсификации экстрагирования.

2) Продолжительность пропитки при наложении поля низкочастотных механических колебаний существенно меньше, чем при традиционном способе (в плотном слое) вследствие вхождения в уравнение (10) члена p_m.

Для радиуса пор, например, $r = 0{,}3\cdot10^{-5}$ м, $\Delta p = 0{,}1$ МПа и $L_o = 0{,}35\cdot10^{-3}$ м, время пропитки составляет примерно $0{,}1\cdot10^{-4}$ с. При этом $l / L_o \approx 1$, то есть поры практически полностью заполнены подсырной сывороткой, используемой в нашем случае как экстрагент.

Того же порядка данные приведены в [5] при пульсационном экстрагировании из корня женьшеня.

3) Малое время поровой пропитки является эффективным «стартом» в совокупности с последующими стадиями экстрагирования, интенсивно протекающими под воздействием наложения механических колебаний на систему «люпин-подсырная сыворотка».

4) В тупиковых и квазитупиковых капиллярах функцией капиллярного давления служит не высота капиллярного поднятия (как в сквозных капиллярах), а безразмерная величина – степень пропитки капилляров, которая практически не зависит от их длины.

Уместно отметить, что процессы пропитки и экстрагирования протекают одновременно, поэтому временем пропитки зачастую пренебрегают, что обедняет понимание физики процесса, снижает точность расчета [9–12]. В то же время расчет упрощается.

Как отмечается в работе [2] и др., совокупность процессов переноса вещества подчиняется закону Фика: $j = -D\mathrm{grad}C$, где D – коэффициент диффузии.

С учётом диффузионной нестационарности вследствие гидродинамической нестационарности запишем:

$$j = -D_э \mathrm{grad}C,$$

где $D_э$ – эффективный коэффициент диффузии.

Иными словами, при турбулентном режиме перенос происходит как за счёт молекулярного, так и конвективного механизма.

Процессу переноса в порах целевого компонента – белков люпина – оказывает существенное сопротивление находящийся в них воздух, который, однако, может частично (или даже полностью) растворяться в жидкости, а также диффундировать по направлению к выходу из поры [3].

Принимая механизм внутреннего переноса диффузионным, с постоянным коэффициентом диффузии, запишем одномерное дифференциальное уравнение нестационарной диффузии

для сферической частицы люпина в экстракторе периодического действия [6,8]:

$$\frac{dC}{dt} = D_э\left(\frac{d^2C}{dx^2} + \frac{2}{x}\frac{dC}{dx}\right),$$

где $0 \le x \le R$,

при краевых условиях:

$$-D_э\left(\frac{dC}{dx}\right)_n = \beta\left(C_n - C_1\right) \text{ при } x = R;$$

$$\left(\frac{dC}{dx}\right)_{x=0} = 0; \qquad (11)$$

$$t = 0,\ C_o = C_n = \text{const};$$

$$\beta\left(C_o - \overline{C}\right) = C_1 - C_н.$$

В балансовом уравнении (22): $\beta = \frac{Mm_n}{(pW)} = \frac{Vm_n}{W}$,

где M – масса твердой фазы; m_n – объемная доля пор; β – коэффициент массоотдачи; $C_н$ – начальная концентрация целевых компонентов в экстракторе; $\overline{C}$ – осреднённая концентрация целевых компонентов в порах частиц в каждый момент времени; n – индекс означает поверхность; C_n – концентрация целевых компонентов на поверхности частицы; C_1 – концентрация целевых компонентов в экстракторе; C_o – концентрация целевых компонентов в начальный момент времени в порах частиц; R – радиус частицы люпина; W – объём экстрагента; V – объём твердой фазы.

С учётом (11) уравнение кинетики можно представить в виде:

$$\frac{C_o - \overline{C}}{C_o - C_н} = \frac{1}{1+\beta} - \sum_{n=1}^{\infty} A_n e^{-\mu_n^2 F_o}. \qquad (12)$$

В уравнении (12) диффузионный критерий Фурье $F_o = D_э t / R^2$; μ_n – корни характеристического уравнения.

Многочисленные исследования показали, что для области регулярного режима при решении можно ограничиться членами разложения при $n = 1$. В таком случае параметры, входящие в уравнение (12), находятся из уравнений [1, 6]:

$$A_1 = \frac{6}{\left(3\beta - \frac{\mu_1^2}{\text{B}_\text{i}}\right)^2 + \mu_1^2\left(1 - \frac{1}{\text{B}_\text{i}}\right) + 9\beta}; \qquad (13)$$

$$\text{tg}\alpha = 0,434\mu_1^2\frac{D_э}{R^2} = 0,434\mu_1^2\frac{F_o}{\tau},$$

где $\text{Bi} = \frac{\beta R}{D_э}$ – диффузионный критерий Био.

$$\text{ctg}\mu_1 = \frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\frac{3\beta}{\mu_1} - \frac{\mu_1}{\text{Bi}}}.$$

Пористость частицы люпина m_n находилась экспериментально, как суммарный объём открытых заполненных экстрагентом пор всех размеров в единице объёма тела, м^3/м^3. Установлено, что $m_n \approx 0,4$. На рисунке 1 представлено распределение пор в частицах люпина по радиусам. Изучено также распределение пор по площадям поверхности.

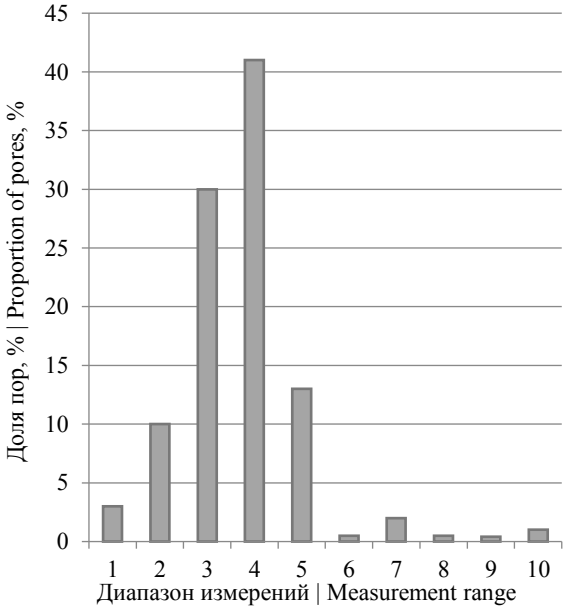


Рисунок 1. Распределение пор в частицах люпина по радиусам, мкм, в диапазонах: 1 – 0,002…0,003; 2 – 0,003…0,004; 3 – 0,004…0,005; 4 – 0,005…0,006; 5 – 0,006…0,008; 6 – 0,008…0,009; 7 – 0,009…0,01; 8 – 0,01…0,011; 9 – 0,011…0,012; 10 – 0,012…0,015

Figure 1. Distribution of pores in the particles of lupine along the radii, microns, in the range of: 1 – 0,002...0,003; 2 – 0,003...0,004; 3 – 0,004...0,005; 4 – 0,005...0,006; 5 – 0,006...0,008; 6 – 0,008...0,009; 7 – 0,009...0,01; 8 – 0,01...0,011; 9 – 0,011...0,012; 10 – 0,012...0,015

Размеры пор определялись с помощью микроскопа «Альтами–Био», программный комплекс обработки изображений Altami Studio 3,5, увеличение 100- и 200-кратное.

Полученные результаты, приведенные выше, использованы для решения уравнений математической модели.

Методом графического решения уравнения (12) [8] определялись параметры A_1 и угол α

в координатах $\left[\lg\frac{C_o-\bar{C}}{C_o-C_н}\right]-t$. Имея систему уравнений (13), определяли в области регулярного режима $D_э = 3{,}2\cdot10^{-11}$ м^2/с и B_i = 21,5. Эффективный $D_э$ обобщает все формы люпина (крупка, цилиндр, пластина). Результаты верификации модели с экспериментальными данными свидетельствуют о ее адекватности.

Заключение

При наложении на систему «люпин–подсырная сыворотка» низкочастотных механических колебаний одновременно с увеличением коэффициента эффективной диффузии интенсифицируется как внутренний, так и внешний массообмен. Полученные в работе результаты могут быть полезными при расчетах экстракционных процессов и аппаратов, в которых используется активный турбулентный режим.

ЛИТЕРАТУРА

1 Аксельруд Г.А., Альдшулер М.А. Введение в капиллярно-химическую технологию. М.: Химия, 1983. 264 с.

2 Аксельруд Г.А., Лысянский В.М. Экстрагирование (Система твердое тепло-жидкость). Л.: Химия, 1974. 256 с.

3 Белоглазов И.Н. Твердофазные экстракторы. Л.: Химия, 1985. 240 с.

4 Дерягин Б.В., Чураев Н.В., Муллер В.М. Поверхностные системы. М.: Наука, 1985. 385 с.

5 Малышев М.Р., Кутенов А.М., Золотников А.Н. и др. Влияние наложения поля низкочастотных колебаний на эффективность эстрагирования и математическая модель процесса // Доклады Академии наук. 2001. Т. 381. № 6. С. 800.

6 Романков П.Г., Фролов В.Ф. Массообенные процессы химической технологии. Л.: Химия, 1990. 384 с.

7 Шишацкий Ю.И., Лавров С.В., Плюха С.Ю., Голубятников Е.И. Миграция экстрагента в пористую структуру растительной ткани // Хранение и переработка сельхозсырья. 2011. № 5. С. 40–42.

8 Шишацкий Ю.И., Плюха С.Ю., Иванов С.С. Определение коэффициентов диффузии экстра-ктивных веществ в люпине // Вестник ВГУИТ. 2014. № 2. С. 28–32.

9 Ashokan S.P. Analytical solution of the nonlinear initial value problem in one-stage thermophilic bioremediation process for the treatment of cheese whey // Asian Journal of Current Engineering and Maths. 2016. P. 44–51.

10 Aghili F., Ghoreyshi A.A., Rahimpour A., Rahimnejad M. Dynamic behavior of the adsorption, activated sludge and combined activated sludge-adsorption process for treatment of cheese whey wastewater // Desalination and Water Treatment. 2016. V. 57. № 35. P. 16404–16414.

11 Hinkova A., Bubnik Z., Henke S., Pour V. et al. Cheese whey tangential filtration using tubular mineral membranes // Chemical papers. 2016. V. 70. № 3. P. 325–332.

12 Trigueros D.E.G., Fiorese M.L., Kroumov A.D., Hinterholz C.L. Medium optimization and kinetics modeling for the fermentation of hydrolyzed cheese whey permeate as a substrate for Saccharomyces cerevisiae var. boulardii // Biochemical engineering journal. 2016. V. 110. P. 71–83.

REFERENCES

1 Aksel'rud G.A., Al'dshuler M.A. Vvedeniye v kapillyarno-khimicheskuyu tekhnologiyu [Introduction to capillary-chemical technology]. Moscow, Khimiya, 1983. 264 p. (in Russian).

2 Aksel'rud G.A., Lysyanskiy V.M. Ekstragirovaniye (Sistema tverdoye teplo-zhidkost') [Extraction (solid heat-liquid system)]. Leningrad, Khimiya, 1974. 256 p. (in Russian).

3 Beloglazov I.N. Tverdofaznyye ekstraktory [Solid phase extractors]. Leningrad, Khimiya, 1985. 240 p. (in Russian).

4 Deryagin B.V., Churayev N.V., Muller V.M. Poverkhnostnyye sistemy [Surface systems]. Moscow, Nauka, 1985. 385 p. (in Russian).

5 Malyshev M.R., Kutenov A.M., Zolotnikov A.N. et al. Influence of imposing a field of low-frequency oscillations on the efficiency of extraction and a mathematical model of the process. *Doklady Akademii nauk* [Reports of the Academy of Sciences]. 2001. vol. 381. no. 6. pp. 800. (in Russian).

6 Romankov P.G., Frolov V.F. Massoobennyye protsessy khimicheskoy tekhnologii [Mass circulation processes of chemical technology]. Leningrad, Khimiya, 1990. 384 p. (in Russian).

7 Shishatskiy Yu.I., Lavrov S.V., Plyukha S.Yu., Golubyatnikov Ye.I. Extractant migration into the porous structure of plant tissue. *Khraneniye i pererabotka sel'khozsyr'ya* [Storage and processing of agricultural raw materials]. 2011. no. 5. pp. 40–42. (in Russian).

8 Shishatskiy Yu.I., Plyukha S.Yu., Ivanov S.S. Determination of diffusion coefficients of extractive substances in lupine. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2014. no. 2. pp. 28–32. (in Russian).

9 Ashokan S.P. Analytical solution of the nonlinear initial value problem in one-stage thermophilic bioremediation process for the treatment of cheese whey. Asian Journal of Current Engineering and Maths. 2016. pp. 44–51.

10 Aghili F., Ghoreyshi A.A., Rahimpour A., Rahimnejad M. Dynamic behavior of the adsorption, activated sludge and combined activated sludge-adsorption process for treatment of cheese whey wastewater. Desalination and Water Treatment. 2016. vol. 57. no. 35. pp. 16404–16414.

11 Hinkova A., Bubnik Z., Henke S., Pour V. et al. Cheese whey tangential filtration using tubular mineral membranes. Chemical papers. 2016. vol. 70. no. 3. pp. 325–332.

12 Trigueros D.E.G., Fiorese M.L., Kroumov A.D., Hinterholz C.L. Medium optimization and kinetics modeling for the fermentation of hydrolyzed cheese whey permeate as a substrate for Saccharomyces cerevisiae var. boulardii. Biochemical engineering journal. 2016. vol. 110. pp. 71–83.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Юлиан И. Шишацкий д.т.н., профессор, кафедра физики, теплотехники и теплоэнергетики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, .

Алексей М. Барбашин к.т.н., доцент, кафедра физики, теплотехники и теплоэнергетики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия,

Сергей А. Никель к.т.н., доцент, кафедра физики, теплотехники и теплоэнергетики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, sergei.nickel@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 10.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Julian I. Shishatsky Dr. Sci. (Engin.), professor, physics, heat engineering and heat power engineering department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, .

Alexey M. Barbashin Cand. Sci. (Engin.), associate professor, physics, heat engineering and heat power engineering department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia,

Sergei A. Nickel Cand. Sci. (Engin.), associate professor, physics, heat engineering and heat power engineering department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, sergei.nickel@yandex.ru

CONTRIBUTION

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.10.2019

ACCEPTED 2.18.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 664.951

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-42-46

Механизм массообмена в процессе посола рыбы

Юрий А. Фатыхов [1] yuriy.fatyhov@klgtu.ru
Мария В. Шуманова [1] maria.shumanova@klgtu.ru
Вячеслав А. Шуманов [1] vshumanov@inbox.ru

[1] Калининградский государственный технический университет, Советский пр-т, 1, г. Калининград, 236022, Россия

Аннотация. Процесс посола рыбы основан на закономерностях, связанных с диффузионным переходом соли в рыбу и диффузионно-осмотическим переносом воды из тканей рыбы в тузлук или наоборот. Объектом исследования является сельдь атлантическая, для которой устанавливался характер пространственно-временного распределения соли внутри продукта. В качестве метода экспериментального исследования использован современный метод неразрушающего контроля – фотонной корреляционной спектроскопии. Теоретическая модель процесса получена на основании второго закона Фика в виде решения дифференциального уравнения методом разделения переменных. Качественный характер математической модели трактуется как экспоненциальный подход к равновесному значению концентрации соли в процессе посола рыбы. Получены экспериментальные зависимости коэффициента диффузии от глубины проникновения соли в мышечную ткань рыбы. Показано, что скорость массопереноса соли на первом этапе процесса посола составляет примерно $3 \cdot 10^{-4}$мм/с. Экспериментальное значение скорости массопереноса сопоставлено с теоретическим значением по предложенной модели: получено удовлетворительное совпадение. Установлен качественный характер продвижения критической концентрации соли (8,0%) в виде фронта, что соответствует теории Р.В. Crean. Анализируются причины, связанные с кажущимся повышением коэффициента диффузии на втором этапе процесса посола рыбы, которые отмечено многими исследователями. Высказана целесообразность использования в исследованиях коэффициента эффективной диффузии, который в большей мере соответствует реальному протеканию процесса массопереноса соли и влаги. Отмечено, что наиболее признанными современными теоретическими и эмпирическими моделями процесса посола рыбы являются модели, отражающие экспоненциальный подход к равновесию веществ, участвующих в процессе. Подтверждена приемлемость использования эмпирической модели посола рыбы Zugarramurdi и Lupine как качественно соответствующая предлагаемой в статье теоретической модели.

Ключевые слова: посол рыбы, «фронтальная» теория, массообменный процесс, коэффициент диффузии, концентрация соли

The mechanism of mass transfer in the process of fish salting

Yuriy A. Fatykhov [1] yuriy.fatyhov@klgtu.ru
Maria V. Shumanova [1] maria.shumanova@klgtu.ru
Vyacheslav A. Shumanov [1] vshumanov@inbox.ru

[1] Kaliningrad State Technical University, Sovetskiy Pr., 1, Kaliningrad, 236022, Russia

Abstract. The process of fish salting is based on patterns associated with the diffusion of salt in the fish tissue and the diffusion-osmotic transfer of water from the tissues of fish to the brine or in the opposite direction. Atlantic herring is an object of research. The character of the spatial-temporal distribution of salt within the product (herring) was established. As a method of experimental research was used a modern method of non-destructive testing, called photon correlation spectroscopy. The theoretical model of the process was obtained on the basis of the second Fick's law as a solution of a differential equation by the method of separation of variables. The qualitative nature of the mathematical model is interpreted as an exponential approach to the equilibrium value of salt concentration in the process of fish salting. Experimental dependences of the diffusion coefficient on the depth of salt penetration into the muscle tissue of fish were obtained. The mass transfer rate of salt in the first stage of the salting process is about $3 \cdot 10^{-4}$ mm/s. The experimental value of the mass transfer rate is compared with the theoretical value of the proposed model. A satisfactory coincidence is obtained. The qualitative character of the advancement of the salt critical concentration (8.0%) in the form of a front has been established. This is consistent with the theory of P.B. Crean. The causes associated with the apparent increase in the diffusion coefficient at the second stage of the fish salting process are analyzed, which have been noted by many researchers. The expediency of using the effective diffusion coefficient in studies was expressed, which to a greater extent corresponds to the actual course of the process of mass transfer of salt and moisture. It is noted that the most recognized modern theoretical and empirical models of the process of salting fish are models that reflect an exponential approach to the equilibrium of substances involved in the process The acceptability of using the empirical model of salting fish Zugarramurdi and Lupine was confirmed as qualitatively corresponding to the theoretical model proposed in the article..

Keywords: fish salting, «frontal» theory, mass exchanging process, diffusion coefficient, salt concentration

Введение

Посол рыбы – один из наиболее распространенных способов ее консервации, придающий продукту не только стойкость при хранении, но и специфические вкусовые качества. Он реализуется в промышленности и как самостоятельный технологический процесс, и как предварительный – при производстве пресервной, вяленой, копченой и др. продукции.

Несмотря на разнообразие способов посола (сухой, мокрый, смешанный), в их основе лежат одни и те же закономерности, связанные с диффузионным переходом соли в рыбу, диффузионно-осмотическим переносом воды из тканей рыбы в тузлук или, наоборот, в зависимости от крепости посола [1].

В настоящее время наиболее признанной теорией, описывающей механизм солевлагообмена

Для цитирования

Фатыхов Ю.А., Шуманова М.В., Шуманов В.А. Механизм массообмена в процессе посола рыбы // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 42–46. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-42-46

For citation

Fatykhov Yu.A., Shumanova M.V., Shumanov V.A. The mechanism of mass transfer in the process of fish salting. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 42–46. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-42-46

в процессе посола рыбы, является «фронтальная» теория Р.В. Crean [1]. Согласно этой теории в начальный период процесса в неуравновешенной системе тузлук-рыба система стремится к равновесию соли и влаги. До достижения критической концентрации соли в рыбе, которая для большинства видов рыб составляет около 8%, мышечная ткань рыбы начинает терять влагу при дальнейшем возрастании концентрации соли. Процесс солевлагообмена происходит на ограниченном участке в виде «фронта», который движется в тканях рыбы в виде поверхности, каждая точка которой соответствует критической концентрации соли. «Фронт» просаливания продвигается к центру продукта, при этом выделяющаяся из мышечной ткани влага снижает концентрацию тузлука в пограничном слое над поверхностью рыбы, что ведет к замедлению процесса.

Отметим, что проведенные рядом ученых теоретические и экспериментальные исследования процесса посола различных видов рыб [1] частично подтверждают отдельные положения «фронтальной» теории Crean, при этом ряд существующих положений требует дальнейшего исследования.

В связи с этим представляет интерес экспериментальное изучение распределения коэффициентов диффузии соли от расстояния ее проникновения в ткани рыбы, установление скорости распространения соли в мышечной ткани, сопоставление результатов с теоретическими исследованиями.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования использовали сельдь атлантическую (*Clupea harengus*) мороженую, по качеству соответствующую требованиям действующего стандарта размером 30±2 см, массой 310±10 г. Химический состав мяса сельди атлантической: жир – 18,5%, белок – 18%, минеральные вещества – 1,5%.

Для составления тузлука заданной концентрации (плотности) использовали хлористый натрий по ГОСТ 4233 и воду питьевую по ГОСТ Р 51232-98.

Для получения информации о пространственно-временном характере распределения соли внутри продукта существующие химические способы непригодны, так как они не обеспечивают точного измерения содержания соли и влаги в каждой точке продукта во время обработки [2]. В этом направлении наибольшие успехи в исследовании процесса посола различных видов пищевых продуктов достигнуты с использованием методов неразрушающего контроля, таких, как рентгеновская томография [3], ультразвук [4] и ЯМР [5]. Авторами в качестве метода исследования использован современный оптический метод фотонной корреляционной спектроскопии (ФКС), основанный на рэлеевском рассеянии излучения от веществ. Метод ФКС заключается в измерении коэффициента диффузии дисперсных частиц путем анализа динамических флуктуаций интенсивности рассеянного света. Схема экспериментальной установки для исследования процесса посола рыбы в неподвижном тузлуке методом ФКС и методика проведения экспериментов на ней изложены в работе [6].

Результаты и обсуждение

Математические модели, описывающие закономерности массообмена в процессе посола пищевого продукта, можно классифицировать как теоретические и эмпирические [7]. Большинство теоретических моделей являются диффузионными, основанными на втором законе Фика:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = D\frac{\partial^2 C}{\partial x^2}. \qquad (1)$$

Принимая образец в виде пластины конечных размеров ($0 < l < x$), сформулируем граничные условия:

$$\left.\begin{array}{l} C(x,0) = C_{\text{ест}} = \text{const} \\ C(0,0) = C(l,0)C_0 \end{array}\right\}, \qquad (2)$$

где $C_{\text{ест}}$ – естественная концентрация соли в мясе рыбы, %; C (0,0), C (l, 0) – концентрация соли на разных краях стержня мяса рыбы в начальный момент времени, %; C_0 – концентрация раствора в пограничном слое на краю стержня, %.

Решение дифференциального уравнения (1) с краевыми условиями (2) получено в работе [8] с использованием метода разделения переменных. Оно выражается в форме ряда, который сходится медленно, если $D\tau << l^2$

$$C(x,\tau) = C_0\left(1 - \frac{4}{\pi}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{1}{2n+1}\times e^{\frac{-(2n+1)^2\pi^2 D\tau}{l^2}}\times \sin\frac{(2n+1)\pi x}{l}\right). \qquad (3)$$

При $\tau \geq \tau' = 0{,}05\cdot l^2/D$ [8], где τ' – минимальное время достижения солености в центре образца, можно ограничиться с точностью до 1% первым членом ряда (3), т. е.

$$C(x,\tau) = C_0\left(1 - \frac{4}{\pi} e^{\frac{-\pi^2 D\tau}{l^2}} \sin\frac{\pi x}{l}\right), \qquad (4)$$

где D – коэффициент диффузии мышечной ткани рыбы, м^2/с; $C(x, t)$ – концентрация соли в момент времени τ на расстоянии x от кожи вглубь мышечной ткани, %.

На рисунке 1 представлены экспериментально полученные авторами зависимости коэффициента диффузии от расстояния x через интервал в 30 мин от начала процесса посола атлантической сельди в системе «тузлук-рыба» при температуре 10 °С. Схема экспериментальной установки ФКС и методика проведения опытов соответствует данным работы [6].

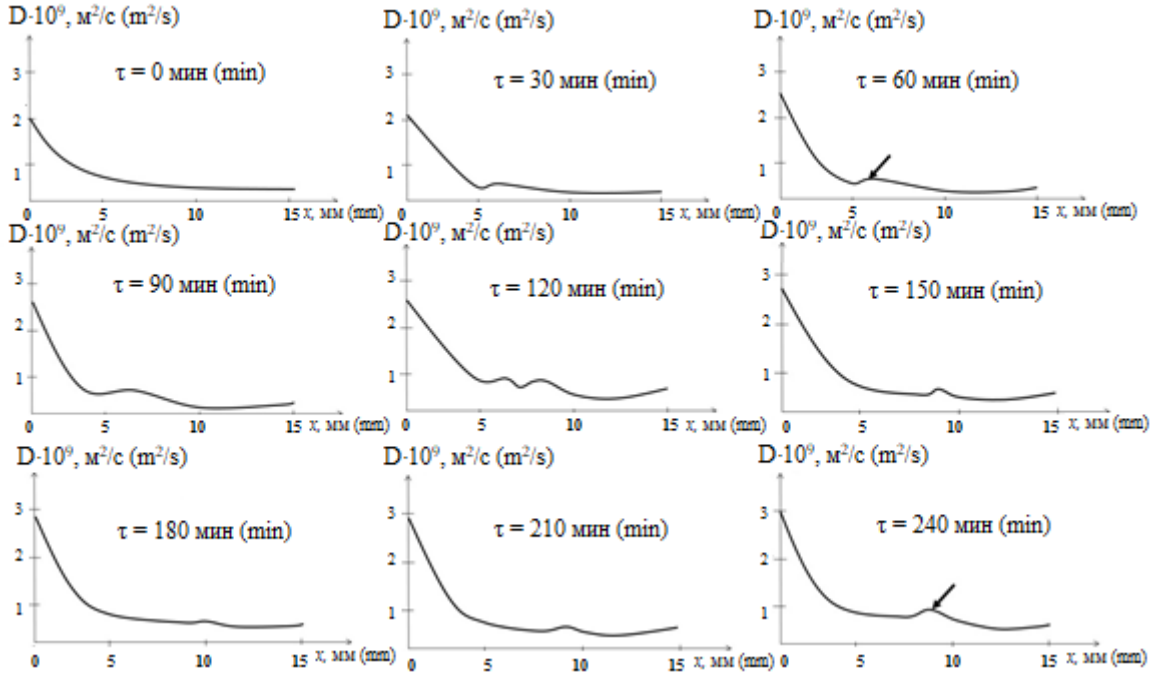


Рисунок 1. Экспериментальная зависимость коэффициента диффузии от глубины проникновения соли в мышечную ткань рыбы и продолжительности посола

Figure 1. Experimental dependence of the diffusion coefficient on the depth of salt penetration into the muscle tissue of fish and the duration of salting

Сопоставляя теоретическую модель посола рыбы, выраженную зависимостью (4), с экспериментальными данными, приведенными на рисунке 1, можно констатировать их качественное соответствие, в связи с чем можно описать механизм массообмена в процессе посола следующим образом.

В зависимости от их исходной крепости тузлука непосредственно в пограничном слое вблизи кожи рыбы первоначальная концентрация C_0 составляет величину, равную

$$C_0 = \alpha \cdot C_\text{р},$$

где $C_\text{р}$ – концентрация (крепость) тузлука, %.

Коэффициент α определяется для различных видов рыбы экспериментально, в зависимости от ее жирности и температуры тузлука, и изменяется в диапазоне от 0,3 до 0,92 [1]. Для сельди и представленных здесь условий эксперимента α = 0,67.

Разница концентрации в пограничном слое системы «тузлук-рыба» и естественной концентрации соли в мышечной ткани рыбы (для сельди $C_\text{ест}$ = 0,3%) является движущей силой массообмена в начальный период процесса посола, т. е.

$$\Delta C = C_0 - C_\text{ест},$$

который осуществляется, главным образом, за счет конвекции.

Во время внутреннего массопереноса влаги и соли в пищевом продукте коэффициент диффузии уменьшается вплоть до значений, соответствующих критической концентрации соли в мышечной ткани рыбы. Практически все исследователи сходятся во мнении, что увеличение сопротивления диффузионному процессу связано с набуханием тканей рыбы в результате впитывания влаги, уменьшением эффективной диффузионной поверхности [1, 6, 7]. По экспериментальным данным, представленным на рисунке 1, можно оценить скорость массопереноса по величине перемещения критической концентрации соли 8% в зависимости от продолжительности процесса (на рисунке 1

величина $C_{кр}$ показана стрелкой). При $x_1 = 6$ мм, $\tau_1 = 60$ мин, $x_2 = 9$ мм, $\tau_2 = 240$ мин скорость массопереноса равна:

$$\vartheta = \frac{x_2 - x_1}{\tau_2 - \tau_1} \approx 3 \cdot 10^4 .$$

Если в теоретическом выражении (4) приравнять значения $C(x_1, \tau_1) = C(x_2, \tau_2)$ (при исходных значениях $l = 15$ мм, $D = 0{,}5 \cdot 10^{-9}$ м^2/с), можно получить значение x_2, равное 9 мм, что свидетельствует об адекватности теоретической модели (4) представленным здесь экспериментальным данным. Оценивая качественный характер процесса массообмена при посоле рыбы, можно подтвердить справедливость положений «фронтальной» теории P.B. Crean.

По мере продвижения «фронта» с критической концентрацией соли вследствие высаливания белков мышечная ткань рыбы начинает терять влагу, создавая сопротивление диффузионному потоку соли, уменьшая градиент концентрации в пограничном слое рыбы. Несмотря на это рост эффективной поверхности диффузии соли ведет за собой кажущееся увеличение коэффициентов диффузии [1].

Как известно из теории диффузии, происходит изменение концентрации соли внутри продукта и во внешнем растворе рассола со скоростью массопереноса, которая не прекращается до достижения равновесия в системе, когда скорость массопереноса становится равной нулю [2]. Отмеченное в работе [1] противоречие, когда в период замедления и окончания диффузии наблюдается рост коэффициентов диффузии, можно объяснить следующим. Реальным свойством, которое определяет скорость проникновения массы через материал, является эффективная диффузия [9]. Коэффициент эффективной диффузии D_e характеризует скорость переноса диффундирующего вещества через единицу эффективной поверхности диффузии. В отличие от коэффициентов диффузии D, которые могут быть получены расчетным путем [1], коэффициенты эффективной диффузии D_e определяются достоверно экспериментально, как правило, одним из методов непрерывного неразрушаемого контроля. Поэтому, как это следует из работы [7], в диффузионном уравнении Фика (1) и в полученном нами уравнении (4) следует вместо коэффициента диффузии D учитывать коэффициент эффективной диффузии D_e.

Анализируя уравнение (4), можно отметить, что данная математическая модель представляет собой экспоненциальный подход к равновесному значению концентрации соли в процессе посола рыбы. Данные эксперимента, отраженные нами на рисунке 1, также адекватно коррелируют с теоретической моделью.

Отметим, что наиболее признанной эмпирической моделью посола рыбы, апробированной и подтвержденной с помощью экспериментов по различным видам рыбы, является модель Zugarramurdi и Lupine [10]. Эта модель представляет собой экспоненциальные зависимости, составленные для поглощения соли и потери влаги продуктов в процессе массопереноса вплоть до равновесного состояния системы. Примененные модели Zugarramurdi и Lupine для некоторых видов мясного сырья также дает хорошее согласование экспериментальных и расчетных результатов [7].

Выводы

1. Предложена теоретическая модель процесса посола рыбы в неподвижном тузлуке, полученная на основании решения диффузионного уравнения Фика.

2. Получены экспериментальные зависимости коэффициента диффузии от проникновения соли в мышечную ткань рыбы, качественно и количественно соответствующие теоретической модели процесса посола.

3. Получены данные, подтверждающие механизм массопереноса соли в мышечной ткани рыбы, в соответствии с «фронтальной» теорией P.B. Crean.

4. Предложенная математическая модель процесса посола рыбы и приведенные экспериментальные данные представляют собой экспоненциальный подход к равновесному значению веществ, участвующих в системе «тузлук-рыба».

5. Показана целесообразность использования в теоретических и экспериментальных исследованиях коэффициента эффективной диффузии D_e, который реально отражает закономерности массопереноса в процессе посола рыбы.

ЛИТЕРАТУРА

1 Технология рыбы и рыбных продуктов: учебник; под ред. А.М. Ершова. М.: Колос, 2010. 1064 с.

2 Barat J.M., Baigts D., Alino M., Fernanandez F.J. et al. Kinetics studies during NaCl and KCl pork meat brining // Journal of Food Engineering. 2011. V. 106. № 1. P. 102–110.

3 Vestergaard C., Risum J., Adler-Nissen J. Quantification of salt concentrations in cured pork by computed tomography // Meat Science. 2004. V. 68. № 1. P. 107–113.

4 Fortin A., Tong A.K.W., Robertson W.M., Zawadski S.M. et al. A novel approach to grading pork carcasses: computer vision and ultrasound // Meat Science. 2003. V. 63. № 4. P. 451–462.

5 Bertram H.S., Engelsen S.B., Busk H., Karlsson A.H. et al. Water properties during cooking of pork studied by low-field NMR relaxation: effects of curing and RN-gene // Meat Science. 2004. V. 66. № 2. P. 437–446.

6 Шуманова М.В., Фатыхов Ю.А., Шуманов В.А. Результаты экспериментальных и теоретических исследований процесса посола сельди // Вестник ВГУИТ. 2015. № 2 (64). С. 30–34.

7 Gomez-Salazar J.A., Clemente-Polo G., Sanjuan-Pelliccer N. Review of mathematical models to describe the food salting process // DYNA. 2015. V. 82. № 190. P. 22–30. doi: 10.15446/dyna.v82n190.42016

8 Шуманов В.А Шуманова М.В. Определение продолжительности посола сельди с использованием математического решения уравнения диффузии // Прогрессивные технологии, машины и механизмы в машиностроении и строительстве: IV Международный балтийский морской форум. II Международная научная конференция. Калининград: Изд-во БГАРФ, 2016. Ч. 5. С. 61–63.

9 Costa-Corredor A., Munoz I., Arnau J., Gou P. Ion uptakes and diffusivities in pork meat brine-salted with NaCl and K-lactate // LWT – Food Science and Technology. 2010. V. 43. № 8. P. 1226–1233.

10 Corzo O., Bracho N. Osmotic dehydration kinetics of sardine sheets using Zugarramundi and Lupin's model // Journal of Food Engineering. 2005. V. 66. P. 51–56.

REFERENCES

1 Technologiya ryby i rybnych produktov [Technology of fish and fish products: textbook]. Moscow, Kolos, 2010. 1064 p. (in Russian)

2 Barat J.M., Baigts D., Alino M., Fernanandez F.J. et al. Kinetics studies during NaCl and KCl pork meat brining. Journal of Food Engineering. 2011. vol. 106. no. 1. pp. 102–110.

3 Vestergaard C., Risum J., Adler-Nissen J. Quantification of salt concentrations in cured pork by computed tomography. Meat Science. 2004. vol. 68. no. 1. pp. 107–113.

4 Fortin A., Tong A.K.W., Robertson W.M., Zawadski S.M. et al. A novel approach to grading pork carcasses: computer vision and ultrasound. Meat Science. 2003. vol. 63. no. 4. pp. 451–462.

5 Bertram H.S., Engelsen S.B., Busk H., Karlsson A.H. et al. Water properties during cooking of pork studied by low-field NMR relaxation: effects of curing and RN-gene. Meat Science. 2004. vol. 66. no. 2. pp. 437–446.

6 Shumanova M.V., Fatykhov Ju.A., Shumanov V.A. The results of experimental and theoretical studies the process of herring salting. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2015. no. 2. pp. 30–34 (in Russian).

7 Gomez-Salazar J.A., Clemente-Polo G., Sanjuan-Pelliccer N. Review of mathematical models to describe the food salting process. DYNA. 2015. vol. 82. no. 190. pp. 22–30. doi: 10.15446/dyna.v82n190.42016

8 Shumanov V.A., Shumanova M.V. Determining the duration of herring salting using a mathematical solution of the diffusion equation. Progressivnyye tekhnologii, mashiny i mekhanizmy v mashinostroyenii i stroitel'stve [Progressive technologies, machines and mechanisms in mechanical engineering and construction: IV International Baltic Sea Forum. II International Scientific Conference]. Kaliningrad, BGARF publishing house, 2016. vol. 5. pp.61–63. (in Russian).

9 Costa-Corredor A., Munoz I., Arnau J., Gou P. Ion uptakes and diffusivities in pork meat brine-salted with NaCl and K-lactate. LWT – Food Science and Technology. 2010. vol. 43. no. 8. pp. 1226–1233.

10 Corzo O., Bracho N. Osmotic dehydration kinetics of sardine sheets using Zugarramundi and Lupin's model. Journal of Food Engineering. 2005. vol. 66. pp. 51–56.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Юрий А. Фатыхов д.т.н., профессор, кафедра пищевых и холодильных машин, Калининградский государственный технический университет, Советский пр-т, 1, г. Калининград, 236022, Россия, yuriy.fatyhov@klgtu.ru

Мария В. Шуманова к.т.н., доцент, кафедра пищевых и холодильных машин, Калининградский государственный технический университет, Советский пр-т, 1, г. Калининград, 236022, Россия, maria.shumanova@klgtu.ru

Вячеслав А. Шуманов к.ф-м.н., доцент, кафедра физики , Калининградский государственный технический университет, Советский пр-т, 1, г. Калининград, 236022, Россия, vshumanov@inbox.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Yuriy A. Fatykhov Dr. Sci. (Engin.), professor, food and refrigeration machines department, Kaliningrad state technical university, Soviet Av., 1, Kaliningrad, 236022, Russia, yuriy.fatyhov@klgtu.ru

Maria V. Shumanova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, food and refrigeration machines department, Kaliningrad state technical university, Soviet Av., 1, Kaliningrad, 236022, Russia, maria.shumanova@klgtu.ru

Vyacheslav A. Shumanov Cand. Sci. (Phys.-Mat.), associate professor, physics department, Kaliningrad state technical university, Soviet Av., 1, Kaliningrad, 236022, Russia, vshumanov@inbox.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Юрий А. Фатыхов написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Мария В. Шуманова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

Вячеслав А. Шуманов консультация в ходе исследования

CONTRIBUTION

Yuriy A. Fatykhov wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Maria V. Shumanova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Vyacheslav A. Shumanov consultation during the study

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 02.10.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 14.01.2019

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 10.2.2018

ACCEPTED 1.14.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 621.184.64

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-47-52

Методика расчета теплообменников листоканального типа, применяемых в тепловых аппаратах предприятий питания

Михаил И. Ботов [1] botov49@mail.ru
Денис М. Давыдов [1] davydov.dm@rea.ru
Артем М. Давыдов [1] amdavydov@mail.ru
Дмитрий М. Зиборов [1] d4467@bk.ru

[1] Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, Москва, 117997, Россия

Аннотация. В статье рассмотрена и обоснована методика расчета листоканальных теплообменников рубашечного типа, применяемых в тепловом технологическом оборудовании на предприятиях общественного питания. На сегодняшний день, большинство паровых рубашек технологических аппаратов пищевой промышленности представляют собой открытое щелевое пространство и работают под давлением, что влечет утолщение стенок теплообменников, а значит, повышает металлоемкость. Листоканальные же теплообменники, в отличие от обычных рубашек, изготовлены из тонких металлических листов. Панели листоканальных теплообменников представляют собой конструкцию, составленную из двух металлических листов, которые соединены между собой контактной сваркой. Между листами сформированы греющие паровые каналы. Конструкция листоканальных теплообменников позволяет значительно снизить толщину стенки, а значит уменьшить металлоемкость и снизить тепловую инерцию аппаратов. В данной статье описаны методы, позволяющие рассчитать площадь паровых каналов и получить оптимальные размеры межканальных участков для листоканальных теплообменников тепловых аппаратов предприятий питания. Также приведена методика расчета коэффициента теплоотдачи, основанная на экспериментальном исследовании. С целью уменьшения толщины стенок панелей в работе предлагается максимально увеличить площадь межканальных участков, не уменьшая при этом тепловой поток, который передает панель нагреваемой среде. Эта задача решена при помощи метода расчета, базирующегося на использовании коэффициента эффективности теплового ребра.

Ключевые слова: листоканальная панель, материалоемкость, межканальный участок, оптимальный размер, паровой канал, рубашечный теплообменник, тепловое ребро, тепловой поток, удельный расход энергии

The method of calculating sheet-channel heat exchangers used in the thermal equipment of catering

Mikhail I. Botov [1] botov49@mail.ru
Denis M. Davydov [1] davydov.dm@rea.ru
Artem M. Davydov [1] amdavydov@mail.ru
Dmitrii M. Ziborov [1] d4467@bk.ru

[1] Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny Lane, 36, Moscow, 117997, Russia

Abstract. The article considers and substantiates the method of calculating metal panels with tubular channels, as new heat exchangers made of thin steel sheets, which used in thermal equipment at catering establishments. Today, the majorities of steam jackets of technological devices in the food industry arerepresentedby open slotted space and work under pressure, which leads to a thickening of the walls of heat exchangers, and therefore increases the specific quantity of metal. Plate-to-channel heat exchangers, unlike ordinary shirts, are made of thin metal sheets. Panel channel heat exchangers are a structure, which composed of two metal sheets, that are interconnected by contact welding. Heating steam channels are formed between the sheets. The design of sheet-channel heat exchangers can significantly reduce the wall thickness, and thus reduce the metal consumption and reduce the thermal inertia of the equipment. This article describes methods that allow calculating the area of steam channels and obtaining the optimal dimensions of inter-channel sections for sheet-channel heat exchangers of thermal devices of catering enterprises. A method for calculating the heat transfer coefficient based on an experimental study is also given. In order to reduce the thickness of the walls of the panels, it is proposed to maximize the area of inter-channel sections without reducing the heat flux, which the panel transmits to the heated medium. This problem is solved with the help of a calculation method based on the use of the coefficient of efficiency of the thermal edge.

Keywords: panels with tubular channels, material requirements, sectors between channels, optimal size, steam channel, jacket heat exchanger, heat rib, heat flow, specific energy consumption

Для цитирования

Ботов М.И., Давыдов Д.М., Давыдов А.М., Зиборов Д.М. Методика расчета теплообменников листоканального типа, применяемых в тепловых аппаратах предприятий питания // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 47–52. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-47-52

For citation

Botov M.I., Davydov D.M., Davydov A.M., Ziborov D.M. The method of calculating sheet-channel heat exchangers used in the thermal equipment of catering. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 47–52. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-47-52

Введение

Энергетическая эффективность теплового оборудования, используемого для кулинарной обработки пищевого сырья, в значительной степени определяется металлоемкостью и энергоемкостью реализуемых процессов [6]. Материалоемкость рубашечных аппаратов высока, так как они работают при повышенном давлении. На разогрев и при изменении температурного режима затрачивается дополнительная энергия и повышаются затраты на процесс. Снижение металлоемкости – наиболее радикальный способ повышения экономической эффективности.

В пищеперерабатывающих отраслях промышленности и на предприятиях общественного питания находят все большее применение теплообменники листоканального типа [1]. Однако их применение требует обоснованного и простого расчета размеров листоканальной панели: размеров паровых каналов и межканальных участков. Метод расчета паровых каналов и межканальных участков рассмотрен в статье [3].

Листоканальные теплообменники могут заменять собой некоторые типы теплообменных устройств, но особенно эффективно они используются в традиционных рубашечных аппаратах, так как позволяют создать изотермичное температурное поле на греющих поверхностях при ограничении температуры нагрева. Они характеризуются небольшой металлоемкостью. Работая даже при высоких давлениях, они сохраняют прочность и устойчивость к деформациям при малой толщине стенок.

Использование панельно-канальных теплообменников в качестве узла «варочный сосуд – рубашка» пищеварочных котлов позволяет увеличить его устойчивость к деформации и в 3–4 раза снизить металлоемкость. Однако в этом случае рубашечный объем делится на систему параллельных тупиковых каналов, что изменяет картину теплообмена и требует учета изменения коэффициента теплоотдачи при расчете необходимой площади поверхности теплообмена.

На кафедре ресторанного бизнеса РЭУ им. Г.В. Плеханова разработаны различные варианты технологических аппаратов с использованием конструкций рабочих камер панельно-канального типа (пищеварочные котлы, жарочные камеры, тепловые стойки, проточные газовые водонагреватели и т. д.) [1].

Для расчета поверхности нагрева этих аппаратов исследованы особенности теплообмена в паровых каналах листоканальных панелей [2].

Исследование проводилось на модели парового канала с сечением 10 х 20 мм и длиной канала 500 мм. Эти размеры соответствуют размерам каналов в рубашках котлов. Боковые стенки модели канала были выполнены из термостойкого кварцевого стекла, что позволяло производить визуальную оценку общей картины теплообмена. Тепловая нагрузка снималась при помощи проточного водяного калориметра, расположенного с внешней стороны теплопередающей стенки парового канала. Температурное поле на этой стенке фиксировалось при помощи системы хромель-копелевых термопар, с диаметром термоэлектродов 0,5 мм. Горячие спаи термопар припаивались к поверхности стенки, электроды в зоне спая изолировались эпоксидной смолой, которая одновременно значительно уменьшала теплоотток по электродам и увеличивала достоверность показаний термодатчиков.

Экспериментальный стенд позволял производить определение коэффициента теплоотдачи от пара к стенке при углах наклона канала к горизонту от 0 до 180°. Исследования производились при углах наклона $\varphi = 0, 30, 60, 90, 135°$. Давление пара в канале не превышало 160 кПа и составляло P = 110, 120, 140 и 160 кПа. Тепловая нагрузка изменялась в пределах от $q = 50 \cdot 10^3$ до $q = 140 \cdot 10^3$ Вт/м^2, которая возрастала с увеличением угла наклона.

Характер движения конденсата при указанных тепловых нагрузках существенно отличается от плоского движения пленки и от снарядного режима парожидкостной эмульсии. Наиболее близка наблюдаемая картина теплообмена к барботажу пара через заполненный конденсатом канал. При скоростях пара, превышающих 2,5 м/с, начинается образование и унос конденсатных пробок, что приводит к пульсационному возврату части конденсата в канал. Теплообмен в канале протекает в циклическом пульсационном режиме.

Цикл пульсаций можно разделить на следующие основные стадии.

1. Движущийся навстречу пару конденсат начинает захлестывать входное отверстие.

2. Образование водяной пробки; отделение пузыря от потока пара. Конденсат при этом стекает навстречу всплывающему пузырю, обтекая его.

3. Движение пробки – перемычки под действием разности давлений в паровом потоке и схлопывающемся конденсирующемся отдельном паровом пузыре.

4. Динамичный процесс уменьшения объема отдельного парового пузыря в результате его конденсации, характеризующийся проникновением пузыря в застойную зону переохлажденного конденсата.

5. Полное исчезновение (схлопывание) парового пузыря, сопровождающееся ударом конденсатной пробки о массу заполняющего конец канала конденсата.

6. Медленное продвижение следующего (еще не отделившегося) парового пузыря в зону конденсата при обтекании конденсатом его верхней и средней части.

При таком движении участвует значительное количество застойного конденсата, масса которого в 100–300 раз превышает массу конденсата, образовавшегося за цикл.

Скорость стекания конденсата пропорциональна геометрическому напору и в итоге углу наклона канала. Эксперимент показал, что средняя длительность цикла $T_ц$ (с) в зависимости от угла наклона φ (град) с достаточной степенью точности выражается соотношением:

$$T_ц = 8{,}02\ 10^{-5}(90 - \varphi)^2 + 0{,}35,\ c.$$

Длина активно работающего участка канала составляет от 60 до 80% от его общей длины и зависит от угла наклона. Влияние угла наклона канала на теплоотдачу на участке от начала канала до зоны пиковой теплоотдачи – $l_{пик}$ по результатам обработки экспериментальных данных может быть выражено соотношением:

$$a / a_{ср} = 1{,}2 - [0{,}014 - 0{,}018(l / l_{пик})]\varphi,$$

где α – локальное значение коэффициента теплоотдачи, Вт/(м^2 К); $\alpha_{ср}$ – среднее значение коэффициента теплоотдачи от пара к стенке по всей длине активной зоны, Вт/(м^2 К); l – линейная координата канала, м; $l_{пик}$ – линейная координата канала, соответствующая максимальному коэффициенту теплоотдачи, м; φ – угол наклона канала, град.

Удельная тепловая нагрузка на теплопередающей поверхности парового канала в зависимости от температурного напора (Δt, К) и угла наклона (φ, град.) с погрешностью не более 5% выражается соотношением:

$$q = 10^4 \Delta t - (0{,}35 + 3{,}46\ 10^{-3}\varphi). \qquad (1)$$

Средняя величина коэффициента теплоотдачи по всей зоне активной части парового канала определяется формулой:

$$a_{ср} = 10^4 / (1 - b / q),$$

где q – удельная тепловая нагрузка, определяемая соотношением (1); b – эмпирический коэффициент, обобщающий результаты наблюдений, изменяющийся как функция угла наклона канала:

$$b = 22{,}5 + 0{,}69\varphi + 0{,}589 \cdot 10^{-2}\varphi^2 - 0{,}0657 \cdot 10^{-3}\varphi^3 - $$
$$-0{,}00225 \cdot 10^{-4}\varphi^4.$$

Полученные соотношения позволяют с достаточно высокой точностью (погрешностью не более 5%) вычислить коэффициент теплоотдачи от конденсирующихся паров к стенке парового канала листоканальной панели. В результате появляется возможность корректного расчета канальных участков листоканальных панелей рубашечных тепловых аппаратов, работающих на паровом обогреве.

Листоканальную панель изготавливают путем соединения контактной электросваркой двух гофрированных листов, имеющих штампованные участки – пятна контакта. Каналы представляют активную часть теплообменника, а межканальные участки выполняют функции теплового ребра.

В случае если листоканальная панель является стенкой рабочей камеры, ее внутренний лист нередко делают плоским. Гофрированный наружный лист, контактирующий с окружающей средой, теплоизолируют.

В качестве промежуточного теплоносителя для низкотемпературных листоканальных теплообменников ($t \le 120$ °С) чаще всего используют водяной пар, для высокотемпературных ($t \le 320$ °С) – пары высокотемпературных органических двухфазных теплоносителей (ВОТ): дифенильной смеси, дитолилметана, дикумилметана. Иногда в качестве греющей среды используют воду и минеральные масла.

Наличие межканальных участков (рисунок 1) уменьшает площадь теплопередающей поверхности панели как теплообменника, и степень этого уменьшения требует специальной оценки. Для этих целей введем понятие коэффициента межканального участка (Ψ), который можно определить из следующего уравнения:

$$\Psi = \frac{Q_\lambda}{Q_a} \qquad (2)$$

где Q_λ – тепловой поток от поверхности теплового ребра, Вт; Q_α – тепловой поток от поверхности парового канала эквивалентных размеров, Вт.

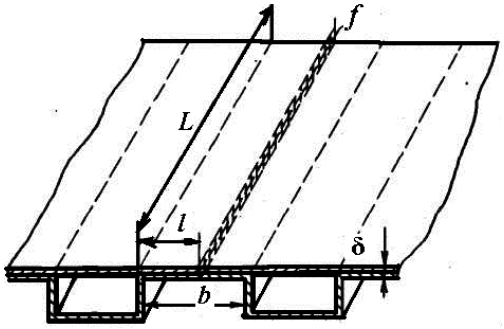


Рисунок 1. Схема к расчету межканального участка панели

Figure 1. Scheme to the calculation of the interchannel section of the panel

С помощью коэффициента эффективности можно вычислить

$$F = F_к + \Psi \cdot F_р,$$

где $F_к$ и $F_р$ – площадь соответственно каналов и межканальных участков. Для определения коэффициента Ψ рассмотрим соотношение (2). Тепловой поток от парового канала к нагреваемой среде, как известно, вычисляется по уравнению теплоотдачи:

$$Q_\alpha = \alpha \cdot F_к \cdot (t_{ст} - t_{ср}), \quad (3)$$

где α – коэффициент теплоотдачи от стенки канала к нагреваемой среде, Вт/м^2·К; $t_{ст}$, $t_{ср}$ – температура соответственно стенки парового канала и нагреваемой среды, °С.

На основании данных базовых соотношений, используя математическое моделирование процесса нагрева, базирующееся на компьютерном моделировании процессов в малых объемах [4], точно определяется оптимальное соотношение поверхностей каналов и межканальных участков. Однако этот метод очень громоздкий, длительный и требует специального математического обеспечения. Его следует заменить на более простой, но незначительно уступающий по точности инженерный метод.

Тепловой поток на межканальном участке b (рисунок 1) складывается из двух направленных на встречу друг-другу тепловых потоков, определяемых условиями передачи теплоты двух симметричных соприкасающихся тепловых ребер длиной l. Каждое ребро в основании имеет температуру, близкую к температуре пара в канале, а тепловые потоки по ребру направлены навстречу друг другу. Такая задача соответствует условиям работы теплового ребра прямоугольного профиля постоянного сечения без теплоотвода на торце и при одностороннем отводе теплоты, для которых справедливо соотношение:

$$Q_\lambda = (t_{ст} - t_{ср}) \cdot \lambda \cdot m \cdot f \cdot th(m \cdot l), \quad (4)$$

где $(t_{ст} - t_{ср})$ – температурный напор в основании ребра, °С; λ – коэффициент теплопроводности материала листоканальной панели, Вт / м·К; l – длина теплового ребра, равная половине b – ширины межканального участка, м; f – площадь сечения теплового ребра, м^2; m – параметр ребра, м$^{-1}$.

Последние два показателя определяли по следующим формулам:

$$f = \delta \cdot L,$$

$$m = \left(\frac{a \cdot П}{\lambda \cdot f} \right)^{0,5}, \quad (5)$$

где δ – толщина панели в зоне межканального участка, м; L – поперечная длина межканального участка, м; П – часть периметра сечения ребра, участвующая в теплообмене, м.

Для случая одностороннего теплоотвода параметр ребра равен:

$$m = \sqrt{\frac{a \cdot L}{\lambda (L \cdot \delta)}} = \sqrt{\frac{a}{\lambda \cdot \delta}}. \quad (6)$$

Подставив выражения (3) и (4) в формулу (2), получим:

$$\Psi = \frac{\lambda \cdot (t_{ст} - t_{ср}) \cdot m \cdot \delta \cdot L \cdot th(m \cdot l)}{\alpha \cdot l \cdot L \cdot (t_{ст} - t_{ср})}.$$

После сокращений уравнение будет иметь следующий вид:

$$\Psi = \frac{\lambda \cdot \delta}{\alpha} \cdot m \cdot \frac{[th(m \cdot l)]}{l}.$$

С учетом формулы (6) получим итоговое выражение для коэффициента эффективности межканального участка:

$$\Psi = \frac{th(m \cdot l)}{m \cdot l}.$$

При помощи данного соотношения можно определить общую площадь теплопередающей поверхности листоканальной панели, использованной в аппарате [по формуле (5)]. Кроме того, оно позволяет, предварительно задавшись необходимой величиной коэффициента Ψ, вычислить соответствующую длину теплового ребра, а следовательно, и ширину межканального участка (δ = 2 l).

Коэффициент теплопередачи от панели к нагреваемой среде (вид материала панели и толщина ее листов определяются требованиями технологии, прочности и устойчивости конструкции), определяющий коэффициент эффективности, определяет и ширину межканального участка панели, предназначенной для нагрева той или иной среды.

С использованием этого метода нами вычислены значения ширины межканальных участков для листоканальных панелей, выполненных из хромистой нержавеющей стали (2 х 13 или 3 х 13) толщиной от 1 до 4 мм, предназначенных для нагрева воды и водных растворов до 100 °С и воздуха до 300 °С. В таблице 1 приведены результаты расчета для принятого значения коэффициента Ψ = 0,3; 0,5.

Таблица 1.

Ширина межканальных участков в зависимости от коэффициента эффективности Ψ

Table 1.

Plots inter-channel width depending on the efficiency factor Ψ

Толщина панели на межканальном участке (δ, мм) Panel thickness for co-channel plot (δ, mm)	Нагрев воды до 100 °С Water heating up to 100 °С			Нагрев воздуха до 300 °С The heating of the air to 300 °С		
	Ψ = 0,3	Ψ = 0,5	Ψ = 0,73	Ψ = 0,3	Ψ = 0,5	Ψ = 0,7
1	24	14	8	138	86	50
2	32	16	12	186	126	80
3	36	24	14	210	150	96
4	48	34	28	230	170	106

Таким образом, предложенный коэффициент эффективности межканальных участков и полученное соотношение для его вычисления позволяют определить эффективную поверхность теплообмена для листоканальных панелей различного применения или проектировать панели с межканальными зонами, работающими с заданной интенсивностью.

Заключение

Использование листоканальных панелей в пищеварочных котлах позволяет уменьшить металлоемкость основного теплового узла «варочный сосуд – рубашка» в среднем в 4–5 раз [4], что приводит к сокращению времени разогрева аппаратов на 25–30% и уменьшению удельных энергозатрат в режиме разогрева не менее чем на 10%.

Предложенный метод расчета площади поверхности паровых каналов и рекомендуемые расчетные данные размеров межканальных участков листоканальных панелей позволят минимизировать материалоемкость и дополнительно уменьшить энергозатраты, повысить экономическую эффективность при эксплуатации рубашечных тепловых аппаратов на предприятиях общественного питания.

ЛИТЕРАТУРА

1 Гордон Л.И. Панельное тепловое оборудование предприятий общественного питания. М.: Экономика, 1983.

2 Григорьев В.А. и др. Теоретические основы теплотехники: справочник. Книга 2. М.: Энергоиздат, 1988.

3 Ботов М.И. Исследование теплообмена в тупиковых каналах листоканальных панелей рубашечных аппаратов // Труды инженерно-экономического института. Выпуск 2. М.: Изд-во Россельхозакадемии, 2002.

4 Ботов М.И., Королева Е.И., Давыдов А.М., Зиборов Д.М. Аналитическое определение теплофизических характеристик пищевых жидкостей // Наука и бизнес: пути развития. 2018. № 1 (79). С. 13–17.

5 Кирпичников В.П., Давыдов А.М. Влияние величины загрузки на технико-экономические показатели пищеварочных котлов // Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. 2016. № 3 (87). С. 78–82.

6 Giang X.Z., Dong J.S., Lv D.X. Design method of flexible and thin tube sheet and research of structure size based on ansys // Journal of Mechanical Strength. 2015. №. 1. P. 109–113.

7 Javanmardi M.J., Hirbodi K., Avara A., Yaghoubi M. Molecular dynamics simulations of sessile and pendant droplets' shape on inclined and curved surfaces // Scientia Iranica. 2018. V. 25. P. 3183–3196. doi: 10.24200/SCI.2018.20832

8 Wen Z. Analysis of Tube Sheet for Asymmetric Tube-shell Heat Exchanger Based on Finite Element Method // Chemical Equipment Technology. 2016. №. 6. P. 14.

9 Guo Q., Zhang Ch., Hu Q., Wu Z. Analysis of Surface Heat Transfer Finite Element of Tubular Heat Exchanger // Revista de la Facultad de Ingeniería. 2016. V. 31. №. 9. P. 91–101. doi:10.21311/002.31.9.10

10 Bonner R.W. Correlation for dropwise condensation heat transfer: Water, organic fluids, and inclination // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2013. V. 61. P. 245–253.

REFERENCES

1 Gordon L.I. Panel'noye teplovoye oborudovaniye predpriyatiy obshchestvennogo pitaniya [Panel thermal equipment catering]. Moscow, Ekonomika, 1983. (in Russian).

2 Grigoriev V.A. et al. Teoreticheskiye osnovy teplotekhniki: spravochnik. Kniga 2 [Theoretical Foundations of Heat Engineering: a Handbook. Book 2]. Moscow, Energoizdat, 1988. (in Russian).

3 Botov M.I. The study of heat transfer in dead-end channels of channel duct panels of shirt apparatus. *Trudy inzhenerno-ekonomicheskogo instituta* [Works of Engineering and Economic Institute. Issue 2]. Moscow, Publishing House of the Russian Agricultural Academy, 2002. (in Russian).

4 Botov M.I., Koroleva E.I., Davydov A.M., Ziborov D.M. Analytical determination of the thermophysical characteristics of food liquids. *Nauka i biznes: puti razvitiya* [Science and business: ways of development]. 2018. no. 1 (79). pp. 13–17. (in Russian).

5 Kirpichnikov V.P., Davydov A.M. The impact of load on the technical and economic indicators of food boilers. *Vestnik Rossiyskogo ekonomicheskogo universiteta im. G.V. Plekhanova* [Bulletin of the Russian Economic University. G.V. Plekhanov]. 2016. no. 3 (87). pp. 78–82. (in Russian).

6 Giang X.Z., Dong J.S., Lv D.X. Design method of flexible and thin tube sheet and research of structure size based on ansys. Journal of Mechanical Strength. 2015. no. 1. pp. 109–113.

7 Javanmardi M.J., Hirbodi K., Avara A., Yaghoubi M. Molecular dynamics simulations of sessile and pendant droplets' shape on inclined and curved surfaces. Scientia Iranica. 2018. vol. 25. pp. 3183–3196. doi: 10.24200/SCI.2018.20832

8 Wen Z. Analysis of Tube Sheet for Asymmetric Tube-shell Heat Exchanger Based on Finite Element Method. Chemical Equipment Technology. 2016. no. 6. pp. 14.

9 Guo Q., Zhang Ch., Hu Q., Wu Z. Analysis of Surface Heat Transfer Finite Element of Tubular Heat Exchanger. Revista de la Facultad de Ingeniería. 2016. vol. 31. no. 9. pp. 91–101. doi:10.21311/002.31.9.10

10 Bonner R.W. Correlation for dropwise condensation heat transfer: Water, organic fluids, and inclination. International Journal of Heat and Mass Transfer. 2013. vol. 61. pp. 245–253.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Михаил И. Ботов к.т.н., профессор, кафедра ресторанного бизнеса, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, Москва, 117997, Россия, botov49@mail.ru

Денис М. Давыдов к.т.н., декан факультета гостинично-ресторанной, туристической и спортивной индустрии, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, Москва, 117997, Россия, davydov.dm@rea.ru

Артем М. Давыдов к.т.н., доцент, кафедра ресторанного бизнеса, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, Москва, 117997, Россия, amdavydov@mail.ru

Дмитрий М. Зиборов к.т.н., доцент, кафедра ресторанного бизнеса, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, Москва, 117997, Россия, d4467@bk.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 15.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Mikhail I. Botov Cand. Sci. (Engin.), professor, restaurant business department, Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny Lane, 36, Moscow, 117997, Russia, botov49@mail.ru

Denis M. Davydov Cand. Sci. (Engin.), dean of the faculty of hotel and restaurant, tourism and sports industry, Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny Lane, 36, Moscow, 117997, Russia, davydov.dm@rea.ru

Artem M. Davydov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, restaurant business department, Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny Lane, 36, Moscow, 117997, Russia, amdavydov@mail.ru

Dmitrii M. Ziborov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, restaurant business department, Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny Lane, 36, Moscow, 117997, Russia, d4467@bk.ru

CONTRIBUTION

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.15.2019

ACCEPTED 2.18.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 621.385

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-53-58

Разработка и обоснование параметров СВЧ-установки для термообработки отбракованных куриных яиц

Ольга И. Орлова [1] oliandria5@mail.ru
Марьяна В. Белова [1] maryana_belova_803@mail.ru
Георгий В. Жданкин [2]
Николай В. Оболенский [1] obolenskinv@mail.ru

[1] Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, ул. Октябрьская, 22а, г. Княгинино, 606340, Россия
[2] Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, пр. Гагарина, 97, г. Нижний Новгород, 603107, Россия

Аннотация. Россия занимает шестое место в мире по производству яйца, при этом только 13% идет на переработку. Кроме этого накапливаются еще и отходы яиц из инкубационных шкафов, которые можно переработать в белковый корм при помощи вакуумных котлов. В связи с этим разработка технологии и технического средства с использованием энергии электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМПСВЧ) для термообработки отбракованных яиц в непрерывном режиме для фермерских хозяйств актуальна. Целью исследований является разработка и обоснование параметров СВЧ-установки для термообработки отбракованных куриных яиц в качестве белковой кормовой добавки. Решаются задачи: разработать пространственную модель СВЧ-установки непрерывного режима работы; рассчитать конструкционные параметры установки. Разработанная СВЧ-установка содержит вертикально установленный усеченный неферромагнитный биконус. Вдоль его внутренней боковой поверхности уложена в виде биконической спирали диэлектрическая труба. Параллельно вертикальной оси биконуса установлена неферромагнитная пластина, разделяющая его объем на две камеры: резонаторную и камеру паузы. Пластина выполнена по форме осевого сечения усеченного биконуса, по периметру которой имеются отверстия для запредельных волноводов, надетых на диэлектрическую трубу со стороны камеры паузы. На боковую поверхность биконуса установлены магнетроны. Конструкционное исполнение установки обеспечивает непрерывность процесса термообработки без транспортирующих механизмов. Рассчитанная собственная добротность резонатора составляет 5000. При производительности установки 18 кг/ч удельные энергетические затраты на термообработку яиц составляют 200 Вт·ч/кг.

Ключевые слова: СВЧ установка, отбракованные куриные яйца, термообработка, усеченный биконический резонатор, собственная добротность

Development and justification of the parameters of the microwave installation for heat treatment of rejected chicken eggs

Olga I. Orlova [1] oliandria5@mail.ru
Maryana V. Belova [1] maryana_belova_803@mail.ru
Georgiy V. Zhdankin [2]
Nikolay V. Obolenskiy [1] obolenskinv@mail.ru

[1] Nizhny Novgorod state university of engineering and economics, Oktyabrskaya st., 22a, Knyaginino, 606340, Russia
[2] Nizhny Novgorod state agricultural Academy, Gagarin Ave 97, Nizhny Novgorod, 603107, Russia

Abstract. Russia ranks sixth in the world in egg production, with only 13% being processed. In addition, egg waste from incubation cabinets is also accumulated, which can be processed into protein feed using vacuum boilers. In this regard, the development of technology and technical means using the energy of the electromagnetic field of ultra-high frequency for heat treatment of rejected eggs in a continuous mode for farms is relevant. The aim of the research is to develop and substantiate the parameters of the microwave installation for heat treatment of rejected chicken eggs as a protein feed additive. Tasks are being solved: to develop a spatial model of a microwave installation of a continuous operation mode; calculate the construction parameters of the installation. The microwave installation developed contains a vertically mounted truncated non-ferromagnetic bicone. Along its inner side surface, a dielectric tube is laid in the form of a biconical spiral. Parallel to the vertical axis of the bicone, a non-ferromagnetic plate is installed, dividing its volume into two chambers: a resonator and a pause chamber. The plate is made in the form of an axial section of a truncated bicone, along the perimeter of which there are openings for transcendental waveguides worn on the dielectric tube from the pause chamber side. On the side surface of the bicone mounted magnetrons. The structural design of the installation ensures the continuity of the heat treatment process without transporting mechanisms. The calculated self-quality of the resonator is 5000. With an installation capacity of 18 kg/h, the specific energy consumption for heat treatment of eggs is 200 W·h/kg.

Keywords: microwave installation, rejected chicken eggs, heat treatment, truncated biconical resonator, own quality factor

Для цитирования

Орлова О.И., Белова М.В., Жданкин Г.В., Оболенский Н.В. Разработка и обоснование параметров СВЧ-установки для термообработки отбракованных куриных яиц // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 53–58. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-53-58

For citation

Orlova O.I., Belova M.V., Zhdankin G.V., Obolenskiy N.V. Development and justification of the parameters of the microwave installation for heat treatment of rejected chicken eggs . *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 53–58. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-53-58

Введение

Известно, что Россия занимает шестое место в мире по производству яиц, объем составляет 3% от объема мирового производства яиц. Крупнейшим производителем яиц является Китай, на который вместе с Японией и Индией приходится 60% объема от мирового производства яиц. В связи с насыщением рынка яиц многие производители сталкиваются с проблемой перепроизводства. Проблема может быть решена при расширении сегмента переработки продукции. Согласно статистическим данным, в нашей стране объем перерабатываемых яиц в настоящее время находится на уровне 13%, который в ближайшее время планируется поднять до европейского в 25%. В США данный показатель достигает 35%, а в Японии составляет более 40% [1]. Одной из причин отставания России является отсутствие технической базы и оборудования для переработки яиц. Несмотря на это многие производители яиц, для того чтобы быть конкурентоспособными, используют все возможные меры по уменьшению себестоимости продукции без ухудшения ее качества. Используют технологию глубокой переработки, включающую: выдержку 7 дней, мойку скорлупы яиц; освобождение от скорлупы; гомогенизацию, пастеризацию для производства меланжа; сушку для производства яичного порошка [2–4].

Доля загрязненного пищевого яйца может достигать до 20% от общего количества поступающих на переработку яиц. Использование яйцемоечных машин может привести к быстрой порче яиц при хранении, в результате чего снижается стоимость яйца и доходность его производства. Применение базового дорогостоящего оборудования не позволит снизить себестоимость переработанных некондиционных яиц, к тому же растет объем поступления яичных продуктов из-за рубежа.

Одной из основных проблем кормления птицы является дефицит белка и незаменимых аминокислот, при этом около половины себестоимости продукции приходится именно на стоимость кормов, качество которых оставляет желать лучшего [5]. В настоящее время большинство кормовых форм поставляется в Россию из-за рубежа.

Известен способ и механизированное устройство для варки яиц. Данное устройство представляет собой конвейерную микроволновую яйцеварку, которая состоит из расположенного внутри цилиндрического экранирующего алюминиевого корпуса, вращающегося фторопластового ротора с ячейками для яиц. Варка яиц в печи осуществляется посредством воздействия электромагнитного поля сверхвысокой частоты в циклическом режиме. Производительность яйцеварки увеличена за счет конвейера [6]. Также известна механизированная микроволновая яйцеварка, технический результат данного устройства заключается в повышении производительности за счет циклического воздействия микроволн [7]. В обоих случаях используются транспортирующие яйца устройства, что увеличивает энергетические затраты на технологический процесс термообработки, установки работают в периодическом режиме.

Цель работы – разработка сверхвысокочастотной установки с усеченным биконическим резонатором для термообработки отбракованных куриных яиц, обеспечивающей непрерывный режим работы, с целью повышения качества белкового корма.

Задачи исследования

1. Разработать пространственную модель сверхвысокочастотной установки для термообработки и обеззараживания некондиционных яиц в непрерывном режиме с целью производства кормовых добавок.

2. Рассчитать собственную добротность резонатора нетрадиционной конфигурации.

Объектом исследования является непрерывный технологический процесс термообработки и обеззараживания отбракованных яиц при производстве кормовых добавок.

Материалы и методы

В программе «Компас-3DV17» выполнено пространственное изображение установки и основных узлов (труба диэлектрическая, уложенная в виде биконической спирали, пластина неферромагнитная с запредельными волноводами). Расчет добротности производился при помощи системы автоматизированного проектирования Mathcad 15, а также при помощи программы моделирования СВЧ трехмерных структур CST Microwave Studio.

Результаты и обсуждения

Микроволновая технология термообработки некондиционных яиц (мелкие, с насечками, грязью, кровяное кольцо) позволяет минимизировать убытки путем эффективной реализации продукта при производстве белковых кормовых добавок.

СВЧ-установка для термообработки отбракованных яиц характеризуется тем, что на монтажной стойке *8* вертикально установлен усеченный неферромагнитный биконус *1*. Внутри усеченного биконуса находится неферромагнитная пластина *7*. Она разделяет объем усеченного биконуса на две камеры: резонаторную камеру *5* и камеру паузы *6*. Неферромагнитная пластина выполнена по форме осевого сечения

усеченного биконуса. По периметру пластины имеются отверстия диаметром, равным диаметру запредельных волноводов *9*. Запредельные волноводы (отрезок трубы из неферромагнитного материала длиной, согласованной с диаметром и частотой электромагнитного поля) надеты на диэлектрическую трубу *3* со стороны камеры паузы и пристыкованы к неферромагнитной пластине.

От расположения неферромагнитной пластины относительно осевого сечения усеченного биконуса зависит скважность технологического процесса, т. е. отношение продолжительности нагрева яиц к продолжительности цикла (сумма продолжительности нагрева и паузы).

Вдоль внутренней боковой поверхности усеченного биконуса проложена диэлектрическая труба, уложенная в виде биконической спирали. Диаметр трубы больше, чем размер яиц, и ее концы выведены за пределы малых оснований усеченного биконуса со стороны камеры паузы.

На боковую поверхность усеченного биконуса установлены магнетроны *2* СВЧ-генераторов так, что излучатели направлены в резонаторную камеру, а со стороны камеры паузы на боковой поверхности усеченного биконуса имеется люк *4* со смотровым окном на трубе.

На рисунке 1 приведено пространственное изображение СВЧ-установки для термообработки некондиционных куриных яиц (в разрезе).

Технологический процесс происходит следующим образом. Включают транспортер для подачи яиц в диэлектрическую трубу, для этого начало трубы выведено через верхнее малое основание усеченного биконуса со стороны камеры паузы.

Далее включают сверхвысокочастотные генераторы, магнетроны которых расположены на боковой поверхности усеченного биконуса, а излучатели направлены в резонаторную камеру. Тогда в резонаторной камере, образованной между боковой поверхностью усеченного биконуса и неферромагнитной пластиной возбуждается ЭМПСВЧ. Яйца, направленные в диэлектрическую трубу, уложенную в виде биконической спирали, катятся в ней вокруг своей оси и перемещаются в ней, описывая траекторию биконической спирали. Когда яйца находятся в резонаторной камере, они подвергаются воздействию ЭМПСВЧ, а когда они находятся в камере паузы, то воздействию ЭМПСВЧ не подвергаются. В это время температура и давление в компонентах яйца выравниваются. Запредельный волновод ограничивает излучение через отверстия, имеющиеся по периметру неферромагнитной пластины. Такое многократное пребывание яиц в резонаторной камере и камере паузы с чередованием обеспечит термообработку без разрушения скорлупы, если скважность технологического процесса не превышает 0,5. Поэтому неферромагнитную пластину следует установить так, чтобы объем резонаторной камеры был меньше объема камеры паузы. Кратность воздействия ЭМПСВЧ зависит от количества витков трубы, уложенной в виде биконической спирали. Угол наклона и диаметр витка влияют на продолжительность воздействия ЭМПСВЧ. Для технического осмотра имеется люк, открывая его, можно увидеть через смотровое окно на диэлектрической трубе передвижение яиц. Сваренные обеззараженные некондиционные яйца следует охладить, упаковать, транспортировать в комбикормовый цех для использования в виде белковой добавки животным.

С учетом анализа результатов исследований других авторов [8–10] проведено обоснование конструкционных параметров разработанной установки.

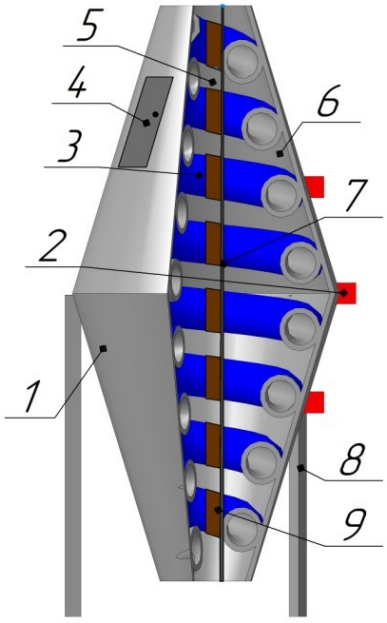


Рисунок 1. Пространственное изображение СВЧ-установки для термообработки некондиционных куриных яиц (в разрезе): 1 – биконус усеченный неферромагнитный; 2 – магнетроны от СВЧ-генераторов; 3 – труба диэлектрическая, уложенная в виде биконической спирали; 4 – люк со смотровым окном на трубе; 5 – камера паузы; 7 – пластина неферромагнитная; 6 – камера резонаторная; 8 – монтажная стойка; 9 – запредельный волновод

Figure 1. The three dimensional image of the microwave installation for the heat treatment of sub-standard eggs (sectional): 1 – round truncated non-ferromagnetic; 2 – magnetrons of the microwave generators; 3 – dielectric tube, laid in the form of biconical helix; 4 – hole with a viewing window on the tube; 5 camera pause; 7 – plate of non-ferromagnetic; 6 – chamber resonator; 8 – mounting stand; 9 – beyond the waveguide

Известно, что в биконическом резонаторе вблизи вершин образуются поверхности (критическое сечение), где наблюдается полное отражение электромагнитных волн, и излучение от открытых вершин уменьшается. Поэтому диаметры малых оснований усеченного биконуса следует выбрать с учетом критического сечения [11]:

$$d = 0{,}72l,$$

где l – высота биконуса.

Из-за отсутствия транспортирующего механизма и использования одного вентилятора для охлаждения нескольких магнетронов удельные энергетические затраты уменьшаются по сравнению существующими яйцеварками [6, 7].

Для согласования конструкционных параметров (рисунок 2) с напряженностью электрического поля и мощностью генератора проведен расчет собственной добротности резонатора.

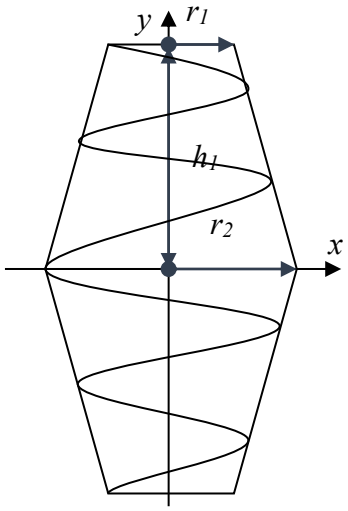


Рисунок 2. Схематическое изображение СВЧ-установки для термообработки некондиционных куриных яиц: r_1 – радиус малого основания; r_2 – радиус большого основания; h_1 – высота усеченного конуса

Figure 2. A schematic diagram of the microwave installation for the heat treatment of sub-standard chicken eggs: r_1 – radius small base; r_2 – the radius of the big base; h_1 – height of the truncated cone

Собственная добротность резонатора Q вычислена как удвоенное отношение объема резонатора к площади его поверхности с учетом толщины поверхностного слоя [12].

Зная конструкционные параметры СВЧ-установки, по формуле вычислена длина L диэлектрической трубы, уложенной в виде биконической спирали [13]:

$$L = \frac{1}{2\pi}\int_{\phi_1}^{\phi_2}\sqrt{\begin{matrix}(S\sin\alpha\cdot\phi)^2 - \\ -4\pi S r_2\sin\alpha\cdot\phi + (2\pi r_2)^2 + S^2\end{matrix}}\,d\phi,$$

где S – шаг винтовой линии; α – половина угла раствора конуса при вершине; r_2 – радиус большого основания; φ – угол поворота.

Предварительные расчеты показывают, что яйца перекатываются по диэлектрической трубе длиной около 8 м за 200 с со скоростью 20 мм/с. Угол наклона трубы к горизонтальной поверхности составляет в пределах 20°, а угол наклона образующей конуса – 75°.

Исследована динамика нагрева отбракованных яиц при удельной мощности 2,4 Вт/г в ЭМПСВЧ в стационарном режиме с мощностью трех генераторов 2,4 кВт.

Результаты исследования показывают, что 1 кг сырья, перемещающегося по спиральной трубе, сварится при достижении температуры 80 °С за 200 с. Получено эмпирическое выражение, описывающее динамику нагрева яиц (рисунок 3):

$$T = -0{,}001\tau^2 + 0{,}511\tau + 21{,}05,$$

где τ – продолжительность воздействия, с.

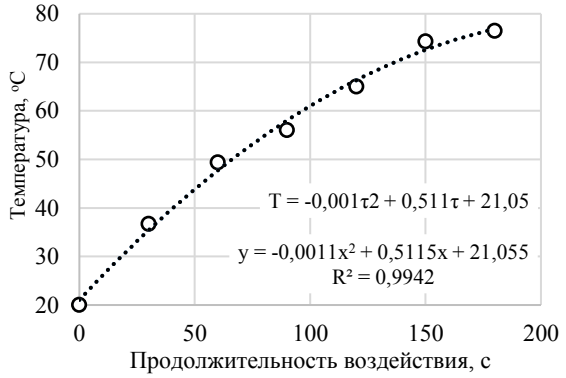


Рисунок 3. Динамика нагрева отбракованных яиц при удельной мощности 2,4 Вт/г

Figure 3. Dynamics of heating of rejected eggs at a specific power of 2.4 W/g

Объем и площадь резонаторной камеры, являющейся частью биконуса, вычислены согласно геометрической конфигурации и заданным конструкционным параметрам по формуле:

$$Q = \frac{2k\pi\int_0^{h_1}\left(r_2 + \frac{(r_1 - r_2)y}{h_1}\right)^2 dy}{4\Delta\left(\pi\int_0^{h_1}\left(r_2 + \frac{(r_1 - r_2)\cdot y}{h_1}\right)\times\sqrt{1 + \frac{d}{dy}\left(r_2 + \frac{(r_1 - r_2)\cdot y}{h_1}\right)}dy + 2\int_0^{r_1}\sqrt{r_1^2 - y^2}\,dy\right) + 2h_1(r_1 + r_2)},$$

где r_1 – радиус малого основания; r_2 – радиус большого основания; h_1 – высота усеченного конуса; Δ – толщина поверхностного слоя; k – коэффициент, учитывающий положение пластины в биконусе

Собственная добротность резонатора составила 5000. Доза воздействия ЭМПСВЧ на сырье равна 480 Вт·с/г, а удельные энергетические затраты на термообработку отбракованных яиц 200 Вт·ч/кг при общей мощности установки 3,6 кВт, что соответствует результатам предыдущих исследований [14].

Заключение

Значение собственной добротности разработанного резонатора с достаточной доверительной вероятностью совпадает с результатами, полученными по программе CST Microwave Studio и равно 5000.

Отбракованные яйца перемещаются в непрерывном режиме по диэлектрической трубе длиной 8 м со скоростью 20 мм/с за 400 с при угле наклона трубы к горизонтальной поверхности 20°. Продолжительность воздействия ЭМПСВЧ в резонаторной камере составляет 200 с.

Удельные энергетические затраты при термообработке отбракованных яиц в СВЧ-установке с усеченным биконическим резонатором и тремя магнетронами составляют 200 Вт·ч/кг.

ЛИТЕРАТУРА

1 Гущин В.В., Русанова Г.Е., Риза-Заде Н.И., Мартынова Е.И. Производство и переработка яиц в мире // Новое в технике и технологии переработки птицы и яиц. 2016. С. 97–104.

2 Черепанов С. Глубокая переработка яиц: мировая практика и тенденции // Птицеводство. 2012. № 1. С. 32–34.

3 Ковалев Ю.А. Глубокая переработка яиц на птицефабрике «Краснодарская» // Птица и птицепродукты. 2009. № 4. С. 62–63.

4 Гущин В.В., Русанова Г.Е., Мартынова Е.И., Бладыко Н.А. Глубокая переработка яиц (по материалам мониторинга зарубежной информации) // Новое в технике и технологии переработки птицы и яиц. 2017. С. 71–77.

5 Сыроватка В.И. Прогрессивные технологии производства комбикормов // Техника и оборудование для села. 2015. № 11. С. 2–6.

6 Пат. № 2361496, RU, A47J 29/00. Способ и механизированное устройство для варки яиц / Новикова Г.В., Кириллов Н.К., Егоров Г.И., Гуськов Ю.В. № 2006139783/12; Заявл. 13.11.2006; Опубл. 20.05.2008, Бюлл. № 14. 11 с.

7 Пат. № 2336008, RU, A47J 29/06. Механизированная микроволновая яйцеварка / Новикова Г.В., Кириллов Н.К., Егоров Г.И., Гуськов Ю.В. № 2006139784; Заявл. 13.11.2006; Опубл. 20.10.2008, Бюлл. № 29. 11 с.

8 Жданкин Г.В., Новикова Г.В., Белова М.В. Микроволновая установка для обезвоживания и термообработки непищевых отходов убоя животных // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 7 (165). С. 153–160.

9 Жданкин Г.В., Новикова Г.В., Михайлова О.В., Кириллов Н.К. Разработка и обоснование параметров установки для диэлектрического нагрева непищевых отходов животного происхождения в непрерывном режиме // Вестник НГИЭИ. 2017. № 2 (69). С. 61–71.

10 Шамин Е.А., Зиганшин Б.Г., Новикова Г.В. Разработка сверхвысокочастотной установки с цилиндрическими резонаторами для сушки пушно-мехового сырья в непрерывном режиме // Вестник НГИЭИ. 2017. № 9 (76). С. 57–64.

11 Дробахин О.О., Заболотный П.И., Привалов Е.Н. Учет влияния элементов связи на резонансные явления в биконических резонаторах // Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. 2010. Т. 53. № 7. С. 56–63.

12 Пчельников Ю.Н., Свиридов В.Т. Электроника сверхвысоких частот. М.: Радио и связь, 1981. 96 с.

13 Канторович З.Б. Машины химической промышленности. М.: Машгиз. 1957. 568 с.

14 Гуськов Ю.В. Обоснование и обработка механизированной микроволновой яйцеварки. Чебоксары, 2007.

REFERENCES

1 Gushchin V.V., Rusanova G.E., Riza-Zade N.I., Martynova E.I. Production and processing of eggs in the world. *Novoye v tekhnike i tekhnologii pererabotki ptitsy i yaits* [New in the technique and technology of processing of poultry and eggs]. 2016. pp. 97–104. (in Russian).

2 Cherepanov S. Deep processing of eggs: world practice and trends. *Pticevodstvo* [Poultry farming]. 2012. no. 1. pp. 32–34. (in Russian).

3 Kovalev Yu.A. Deep processing of eggs at the poultry farm “Krasnodar”. *Ptica i pticeprodukty* [Poultry and poultry products]. 2009. no. 4. pp. 62–63. (in Russian).

4 Gushchin V.V., Rusanova G.E., Martynova E.I., Bladyko N.A. Deep processing of eggs (based on the monitoring of foreign information). *Novoye v tekhnike i tekhnologii pererabotki ptitsy i yaits* [New in the technique and technology of processing of poultry and eggs]. 2017. pp. 71–77. (in Russian).

5 Syrovatka V.I. Progressive technologies for the production of animal feed. *Tekhnika i oborudovaniye dlya sela* [Technique and equipment for the village]. 2015. no. 11. pp. 2–6. (in Russian).

6 Novikova G.V., Kirillov N.K., Egorov G.I., Gus'kov Yu.V. Sposob i mekhanizirovannoye ustroystvo dlya varki yaits [Method and mechanized device for cooking eggs]. Patent RF, no. 2361496, 2008.

7 Novikova G.V., Kirillov N.K., Egorov G.I., Gus'kov Yu. V. Mekhanizirovannaya mikrovolnovaya yaytsevarka [Mechanized microwave egg cooker]. Patent RF, no. 2336008, 2008.

8 Zhdankin G.V., Novikova G.V., Belova M.V. Microwave installation for dewatering and heat treatment of non-food waste of animal slaughter. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Altai State Agrarian University]. 2018. no. 7 (165). pp. 153–160. (in Russian).

9 Zhdankin G.V., Novikova G.V., Mihajlova O.V., Kirillov N.K. Development and justification of the parameters of the installation for dielectric heating of non-food waste of animal origin in a continuous mode. *Vestnik NGIEI* [Herald NGIEI]. 2017. no. 2 (69). pp. 61–71. (in Russian).

10 Shamin Ye.A., Ziganshin B.G., Novikova G.V. Development of a microwave installation with cylindrical resonators for drying of fur and fur raw materials in continuous mode. *Vestnik NGIEI* [Herald NGIEI]. 2017. no. 9 (76). pp. 57–64. (in Russian).

11 Drobakhin O.O., Zabolotny P.I., Privalov Ye.N. Accounting for the influence of coupling elements on resonance phenomena in biconical resonators. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Radioelektronika* [Proceedings of higher educational institutions. Radio electronics]. 2010. vol. 53. no. 7. pp. 56–63. (in Russian).

12 Pchelnikov Yu.N., Sviridov V.T. Elektronika sverkhvysokikh chastot [Electronics of ultrahigh frequencies] Moscow, Radio i svyaz', 1981. 96 p. (in Russian).

13 Kantorovich Z.B. Mashiny khimicheskoy promyshlennosti [Chemical industry machines]. Moscow, Mashgiz. 1957. 568 p. (in Russian).

14 Gus'kov Yu.V. Obosnovaniye i obrabotka mekhanizirovannoy mikrovolnovoy yaytsevarki [Justification and processing of the mechanized microwave cooker]. Cheboksary, 2007. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ольга И. Орлова ст. преподаватель, кафедра физико-математических наук, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, ул. Октябрьская, 22а, г. Княгинино, 606340, Россия, oliandria5@mail.ru

Марьяна В. Белова д.т.н., профессор, кафедра электрификации и автоматизации, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, ул. Октябрьская, 22а, г. Княгинино, 606340, Россия, maryana_belova_803@mail.ru

Георгий В. Жданкин к.э.н., доцент, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, пр. Гагарина, 97, г. Нижний Новгород, 603107, Россия

Николай В. Оболенский д.т.н., профессор, кафедра охраны труда и безопасности жизнедеятельности, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, ул. Октябрьская, 22а, г. Княгинино, 606340, Россия, obolenskinv@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 16.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Olga I. Orlova senior lecturer, physical and mathematical sciences department, Nizhny Novgorod state university of engineering and economics, Oktyabrskaya st., 22a, Knyaginino, 606340, Russia, oliandria5@mail.ru

Maryana V. Belova Dr. Sci. (Engin.), professor, electrification and automation department, Nizhny Novgorod state university of engineering and economics, Oktyabrskaya st., 22a, Knyaginino, 606340, Russia, maryana_belova_803@mail.ru

Georgiy V. Zhdankin Cand. Sci. (Econ.), associate professor, Nizhny Novgorod state agricultural Academy, Gagarin Ave 97, Nizhny Novgorod, 603107, Russia

Nikolay V. Obolenskiy Dr. Sci. (Engin.), professor, labor protection and life safety department, Nizhny Novgorod state university of engineering and economics, Oktyabrskaya st., 22a, Knyaginino, 606340, Russia, obolenskinv@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.16.2019

ACCEPTED 2.18.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 637.02

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-59-65

Обоснование параметров СВЧ-установки для отделения пуха от шкурок кроликов в непрерывном режиме

Евгений А. Шамин [1] evg.shamin@gmail.com
Галина В. Новикова [1] NovikovaGalinaV@yandex.ru
Марьяна В. Белова [1] maryana_belova_803@mail.ru
Ольга В. Михайлова [1] ds17823@yandex.ru

[1] Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, ул. Октябрьская, 22А, г. Княгинино, 606340, Россия

Аннотация. Рассматривается проблема снижения эксплуатационных затрат на обеззараживание и отделение пуха от шкурок кроликов в кролиководческих хозяйствах. Производство мяса кроликов составил 4,2 тыс. тонн, из них 70% всего объема российского производства приходится на фермерские хозяйства. В Нижегородской области эффективно разводят кроликов породы «Белый Великан», которые в возрасте 560 дней достигают до 6,8 кг, но при этом обработка шкурок достаточно трудоемкая. Пух кроликов широко используется в перерабатывающей промышленности как сырье с непревзойденными качествами для производства трикотажных изделий, фетра, сукна. В статье описана разработанная микроволновая установка с дисковым транспортером потребляемой мощностью 6 кВт, производительностью 16 кг/ч. Приведены результаты экспериментальных исследований для обоснования комплекса конструкционно-технологических параметров и режимов работы СВЧ-установок на основе регрессионных моделей с учетом многокритериальной оценки технологического процесса отделения обеззараженного пухового сырья от кожи с мездрой, пропитанной опарой. Годовой экономический эффект от применения СВЧ-установки для сбора волосяного покрова со шкурок кроликов в кролиководческих хозяйствах составляет 187 тыс. руб.

Ключевые слова: сверхвысокочастотная установка; резонатор; шкурки кроликов; пух; опара.

Justification of parameters of microwave installation for separation of down from skins of rabbits in the continuous mode

Evgene A. Shamin [1] evg.shamin@gmail.com
Galina V. Novikova [1] NovikovaGalinaV@yandex.ru
Mariana V. Belova [1] maryana_belova_803@mail.ru
Olga V. Mikhailova [1] ds17823@yandex.ru

[1] Octyabrskaya st., 22a, Knyaginino, Nizhny Novgorod region, 606340, Russia

Abstract. Discusses the problem of reducing the operating costs of decontamination and the separation of fluff from the skins of rabbits in rabbit farms. Rabbit meat production amounted to 4.2 thousand tons, of which 70% of the total volume of Russian production falls on farms. In the Nizhny Novgorod region effectively bred rabbits breed "White Giant", which at the age of 560 days reach up to 6.8 kg, but the processing of skins is quite time-consuming. Rabbit down is widely used in the processing industry as a raw material with unsurpassed qualities for the production of knitwear, felt, cloth. The article describes the developed microwave unit with a disk conveyor with a power consumption of 6 kW, a capacity of 16 kg / h. The results of experimental studies to substantiate the complex of structural and technological parameters and modes of operation of microwave installations based on regression models, taking into account the multicriteria assessment of the technological process of separating the disinfected down raw materials from the skin with the sponge-soaked Mezdra. The annual economic effect of the use of microwave installation for collecting hair from the skins of rabbits in rabbit farms is 187 thousand rubles.

Keywords: microwave installation; resonator; skins of rabbits; fluff; Opara.

Введение

По итогам 2017 года объем производство мяса кроликов составил 4,2 тыс. тонн, из них 70% всего объема российского производства приходится на фермерские хозяйства [11]. В мире ежегодно собирают 5 тыс. т пуха кроликов, из которых 90% собирают в Китае. В Венгрии и Франции ежегодно собирают до 50 т кроличьего пуха [10]. В Нижегородской области эффективно разводят кроликов породы «Белый Великан», которые в возрасте 560 дней достигают до 6,8 кг, но при этом обработка шкурок достаточно трудоемкая [4, 5]. Пух кроликов широко используется в перерабатывающей промышленности как сырье с непревзойденным качеством для производства трикотажных изделий, фетра, сукна. Волосяной покров кроликов содержит 96–98% пуха, не содержит жиропота. Специфика пухового кролиководства такова, что требует больших затрат ручного труда.

В связи с тем что сбыт высушенных шкурок кроликов очень низок, в большинстве кролиководческих хозяйств шкурки после съемки с тушек направляют в цеха по производству белкового корма, а с 3–5 кроликов можно собрать до 1 кг пуха. Поэтому возникает *научная идея* – сбор пуха от шкурок кроликов в кролиководческих хозяйствах.

Для цитирования

Шамин Е.А, Новикова Г.В., Белова М.В., Михайлова О.В. Обоснование параметров СВЧ-установки для отделения пуха от шкурок кроликов в непрерывном режиме // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 59–65. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-59-65

For citation

Shamin E.A., Novikova G.V., Belova M.V., Mikhailova O.V. Justification of parameters of microwave installation for separation of down from skins of rabbits in the continuous mode. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 59–65. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-59-65

Цель работы – исследование микроволновой технологии и разработка установки, обеспечивающей отделение пуха от шкурок кроликов в непрерывном режиме при сниженных эксплуатационных затратах с сохранением качества пуха.

Процесс сбора пуха состоит из двух этапов – ослабление силы удерживаемости волоса в дерме и его механического удаления. Существует способ снятия пуха со шкурок кроликов [1], когда шкурки предварительно отволаживаются натиранием со стороны мездры 4%-ным раствором поваренной соли в течение суток, после чего отделение пуха осуществляется в щипальной машине. Известен способ обезволашивания шкурок кроликов, предварительно обработанных раствором сульфида натрия в течение 2 ч, с применением ферментного препарата протосубтилин Г10Х в течение 4–5 ч [6]. Имеется способ, когда шкурку помещают в раствор, содержащий 0,5 л воды, 100 г муки, 3–4 г сухих дрожжей, 15 г соли и 3 г соды. В этом растворе наружная часть кожи набухает и заквашивается на протяжении более 2 сут [7]. Известен способ обезволашивания кож с применением горчичного киселя [8]. Авторы утверждают, что волосяной покров после применения киселя и ржаной муки через 5–6 часов легко сходит.

Анализ существующих технологий сбора пухового сырья со шкурок кроликов свидетельствует о том, что они затратные, трудоемкие и длительные [2]. Поэтому необходимо совершенствовать технологический процесс отделения пуха от шкурок кроликов, один из путей – применение энергии электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМПСВЧ).

Технической задачей является снижение эксплуатационных затрат при реализации технологии отделения волосяного покрова от шкурок кроликов; сохранение качества волосяного покрова и интенсификация процесса.

Научной школой разработаны микроволновые установки, реализующие основные критерии проектирования СВЧ-техники [3, 5]:

– непрерывный режим работы и радиогерметичность установки;

– высокая напряженность электрического поля в резонаторе, достаточная для снижения бактериальной обсемененности сырья;

– многократное воздействие ЭМПСВЧ с соблюдением определенной скважности технологического процесса;

– использование маломощных магнетронов с воздушным охлаждением;

– высокая собственная добротность резонатора и равномерное распределение электрического поля в сырье с учетом глубины проникновения волн;

– регулируемая доза воздействия ЭМПСВЧ на сырье в зависимости от вида и объема загрузки шкурок в резонатор;

– возможность санитарной обработки резонатора без сложной разборки узлов.

Материалы и методы

Материалами для анализа способов и технических средств обезволашивания шкур послужили накопленный научный опыт, отраженный в работах зарубежных и отечественных ученых. Контроль температуры сырья в процессе воздействия ЭМПСВЧ проводили пирометром Testo 925, а исследование распределения теплового потока по поверхности сырья – тепловизором FLIRi335. Обоснование режимных параметров установки проводили через регрессионные модели в программах Statistic 8.0, Excel 10.0.

Результаты исследования

Разработанная микроволновая установка (рисунок 1) отличается от предыдущих установок тем, что многократное воздействие ЭМПСВЧ на сырье с соблюдением скважности технологического процесса менее чем 0,5 достигается с использованием дискового транспортера. На каркасе *7* расположен цилиндрический резонатор *1* с полусферическими основаниями. Вдоль образующей резонатора имеются две щели, размером менее четверти длины волны. Через щели выступает вращающийся диск *5*, так как его диаметр больше, чем диаметр резонатора. Периметр выступа больше, чем половина периметра части диска, находящегося в резонаторе. Это обеспечит скважность технологического процесса менее 0,5. Диск выполнен из фторопласта и находится на подшипниках *9*. Внутри резонатора над вращающимся диском соосно жестко закреплено диэлектрическое прижимное кольцо *6*. Шкурка кролика *13* направляется между прижимным кольцом и вращающимся диском. Над выступами диска с одной стороны расположены распылитель *4* с насосом для вязкой жидкости, а с другой стороны – пневмонасос *14*. На диск жестко установлен приводной венец *12*, входящий в зацепление с ведущей шестеренкой *11*, закрепленной на вал мотора-редуктора *10*. На образующей резонатора вырезано смотровое окно *3*, закрытое крышкой. Она выполнена из металлической сетки и покрыта термостойкой пленкой. Размер отверстий в сетке не превышает 3 мм, что исключает распространение волн через отверстия. Маломощные магнетроны с воздушным охлаждением установлены на образующей резонатора. С торца резонатора имеется сливной патрубок *8*. Для ограничения СВЧ-излучения через щели на образующей имеются сеточные неферромагнитные жалюзи.

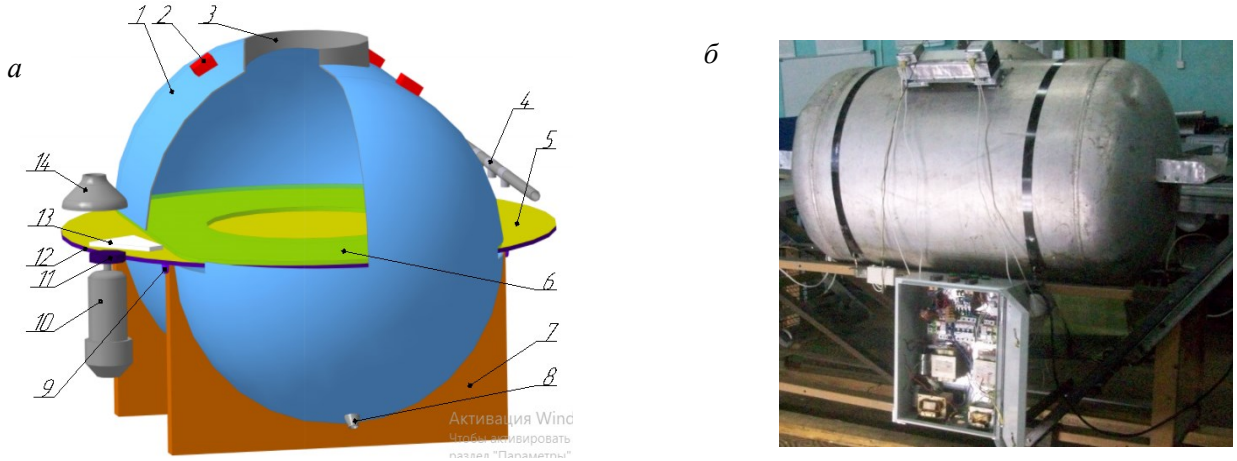


Рисунок 1. Микроволновая установка с дисковым транспортером для отделения пуха от шкурок кроликов: *а* – пространственное изображение; *б* – основные узлы на стадии сборки; 1 – цилиндрический резонатор; 2 – излучатели СВЧ энергии; 3 – смотровое окно; 4 – распылитель с насосом для вязкой жидкости; 5 – вращающийся диск; 6 – прижимное кольцо; 7 – монтажный каркас; 8 – сливной патрубок; 9 – опорные подшипники; 10 – мотор-редуктор; 11 – ведущая шестеренка; 12 – приводной венец; 13 – шкурка; 14 – пневмонасос (заявка № 2018119243)

Figure 1. Microwave installation with a disk conveyor to separate the fluff from the skins of rabbits: *a* – the spatial image; *b* – the main nodes in the project; 1 – cylindrical cavity; 2 – emitters of microwave energy; 3 – viewing window; 4 – pump sprayer for viscous fluid; 5 – turntable; 6 – pressure ring; 7 – mounting frame; 8 – discharge pipe; 9 – supporting bearings; 10 – motor-reducer; 11, the leading of the neck-steranka; 12 – jointed crown; 13 – skin; 14 – pneumatic pump (application No. 2018119243)

Технологический процесс происходит следующим образом. Закрывают металлосеточную крышку и сливной патрубок. Смотровое окно позволяет визуально наблюдать процесс обработки шкурок с соблюдением электромагнитной безопасности. Включают мотор-редуктор, пневмонасос и насос распылителя опары. Кладут шкурку кролика на выступ вращающегося диска после предварительного втирания гомогенизированной сброженной смеси ржаной муки, воды, дрожжей и горчичного порошка. В процессе вращения диска шкурка затягивается под диэлектрическое прижимное кольцо. Включают генераторы. Воздействие ЭМПСВЧ на шкурку обеспечивает избирательный нагрев волосяных луковиц, эпидермиса и дермы, пропитанных опарой. Происходит процесс ослабления силы удерживаемости волосяного покрова в дерме шкурки. За пределами резонатора на выступе диска температура и давление компонентов кожи выравниваются, что исключает скукоживание шкурки, к тому же здесь на мездровую сторону дополнительно распыливается опара с помощью распылителя и насоса вязкой жидкости. Далее шкурка подвергается воздействию ЭМПСВЧ второй раз. На выходе из резонатора пневмонасосом собирается волосяной покров, отделенный от кожи, и направляется в циклон. Такое двукратное воздействие ЭМПСВЧ через паузу обеспечивает тепловую обработку шкурки в щадящем режиме. По окончании обработки шкурок выключают в следующей последовательности: насос распылителя опары, СВЧ-генераторы, мотор-редуктор и пневмонасос. Далее открывают крышку и сливной патрубок, проводят санитарную обработку внутренней поверхности резонатора.

Для определения собственной добротности резонатора выведена формула (3) через конструкционные параметры резонатора. Для этого составлена схема технологического процесса отделения пуха от шкурок кроликов в цилиндрическом резонаторе с полусферическими основаниями (рисунок 2).

Площадь поверхности и объем резонатора определяем по формулам (1) и (2).

$$S = 2\pi\int_0^{h_1} r\sqrt{1+\left(r'\right)^2}\,dy + 4\pi rh - h_2\frac{\lambda}{4}, \quad (1)$$

$$V = \pi\int_0^{h_1} r^2 dy + 2\pi\int_{h_1}^{h_1+h_2}\left(r^2 - x^2\right), \quad (2)$$

где r – радиус сферы.

Собственная добротность резонатора

$$Q = \frac{2K}{\Delta}\cdot\frac{\pi\int_0^{h_1} r^2 dy + 2\pi\int_{h_1}^{h_1+h_2}\left(r^2 - x^2\right)}{2\pi\int_0^{h_1} r\sqrt{1+\left(r'\right)^2}\,dy + 4\pi rh - h_2\frac{\lambda}{4}}, \quad (3)$$

где K – коэффициент, учитывающий снижение добротности резонатора за счет прорезей.

Зная конструкционные размеры резонатора, вычислим в программе Mathcad 15 собственную добротность и напряженность электрического поля.

Выполнены экспериментальные исследования для обоснования комплекса конструкционно-технологических параметров и режимов работы СВЧ-установки на основе регрессионных моделей с учетом многокритериальной оценки технологического процесса отделения обеззараженного пуха от кожи с мездрой, пропитанной опарой.

Матрица планирования эксперимента приведена в таблице 1.

Пределы изменения факторов:

– полезная мощность генераторов (x_1) $2{,}4 \le P \le 4$ кВт;

– продолжительность воздействия ЭМПСВЧ (x_2) $0{,}083 \le t \le 0{,}0167$ ч;

– продолжительность выдержки шкурок в опаре (x_3) $0{,}5 \le \tau \le 1{,}5$ ч.

Оценивали следующие критерии (таблица 2): *Y1* – температура мездры (T,° С); *Y2* – производительность СВЧ-установки (Q, кг/ч); *Y3* – процент отделенного пуха от шкурки ($П$, %); *Y4* – удельные энергетические затраты (W, кВт·ч/кг)

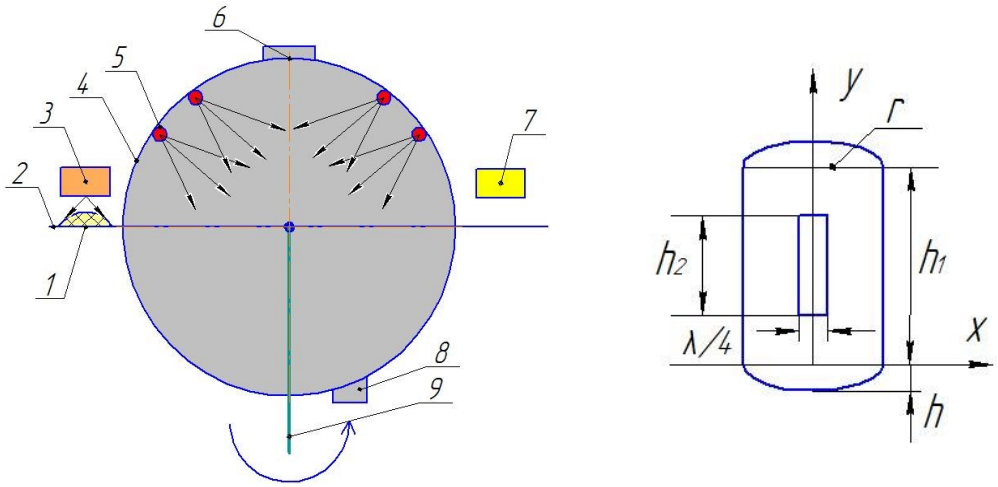


Рисунок 2. Схема технологического процесса отделения пуха от шкурок кроликов в поперечном разрезе с обозначениями конструкционных параметров; 1 – шкурка кролика; 2 – диск; 3 – распылитель опары; 4 – резонатор; 5 – магнетроны; 6 – люк; 7 – пневмонасос; 8 – сливной патрубок; 9 – электропривод диска

Figure 2. The scheme of technological process of separating the fluff from the skins of rabbits of a transverse section with the notation of the structural parameters; 1 – rabbit skin; 2 – disc; 3 – spray the dough; 4 – resonator; 5 – magnetron, 6 – hatch, 7 – pneumatic pump; 8 – discharge pipe; 9 – electric drive

Таблица 1.

Матрица планирования эксперимента

Table 1.

Matrix of experiment planning

№	Варьируемые параметры | Varied parameter								
	Удельная мощность генератора, Вт/г (1,0 кг) Specific generator power, W/g (1.0 kg)		Полезная мощность СВЧ-генераторов, кВт Useful power of microwave generators, kW		Продолжительность воздействия ЭМПСВЧ Duration of exposure to microwave			Продолжительность выдержки шкурок в опаре, до воздействия, ч Duration of exposure of skins in the Opera, before exposure, human	
	$P_{уд}$	Количество генераторов, шт. Number of generators, PCs.	*X1*	$P_{ген.}$	*X2*	*t*, с	*t*, ч	*X3*	*τ*, ч
1	4	5	+	4,0	+	300	0,083	+	1,5
2	4	5	+	4,0	-	60	0,0167	-	0,5
3	2,4	3	-	2,4	+	300	0,083	-	0,5
4	2,4	3	-	2,4	-	60	0,0167	+	1,5
5	3,2	4	0	3,2	0	180	0,05	0	1,0
6	2,4	3	-	2,4	0	180	0,05	0	1,0
7	4	5	+	4,0	0	180	0,05	0	1,0
8	3,2	4	0	3,2	-	60	0,0167	0	1,0
9	3,2	4	0	3,2	+	300	0,083	0	1,0
10	3,2	4	0	3,2	0	180	0,05	-	0,5
11	3,2	4	0	3,2	0	180	0,05	+	1,5

Таблица 2.

Критерии оптимизации

Table 2.

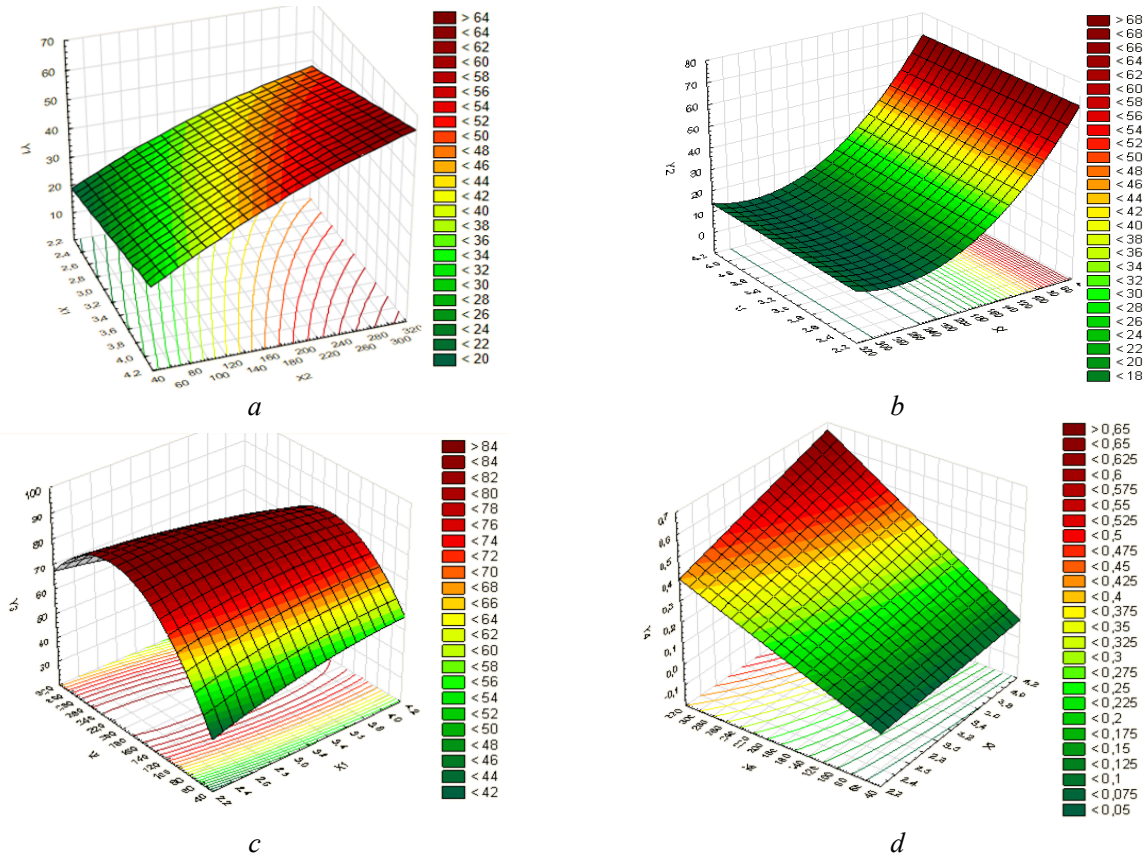
Optimization criterion

№	Температура, °С (T) Temperature, °С (T)	Производительность СВЧ-установки, (Q) Performance of microwave installation, (Q)		Отделенный пух от шкурки в % Separated down from skin in %	Удельные энергетические затраты, кВт·ч/кг/ Specific energy costs, kW·h/kg	Потребляемая мощность установки, кВт/ Power consumption of the plant, kW
	Y1	*Y2*, кг/ч | *Y2*, kg/h	шт./ч | PCs/h	*Y3*	*Y4*	
1	62	12	36	50	0,6	7,2
2	34	60	180	60	0,12	7,2
3	48	12	36	70	0,4	4,8
4	25	60	180	55	0,08	4,8
5	42	20	60	95	0,3	6,0
6	36	20	60	85	0,24	4,8
7	46	20	60	90	0,36	7,2
8	22	60	180	60	0,1	6,0
9	55	12	36	75	0,5	6,0
10	47	20	60	70	0,3	6,0
11	46	20	60	80	0,3	6,0

Примечание. Начальная температура шкуры 18 °С. Единовременная загрузка шкурок кроликов в резонатор 1,0 кг.

Пользуясь программой «StatisticV8.0», построены поверхности отклика и их двумерные сечения в изолиниях (рисунок 3). Определены эффективные технологические параметры микроволновой установки, обеспечивающей отделение пуха от шкурок до 85%, при удельных энергетических затратах 0,36 кВт·ч/кг: продолжительность воздействия ЭМПСВЧ – 180 с, мощность генератора – 3,2 кВт, продолжительность выдержки шкурок в опаре – до 1 ч.

Технические характеристики установки приведены в таблице 3.



a *b* *c* *d*

Рисунок 3. Поверхность отклика и двумерные сечения в изолиниях трехфакторной модели изменения: *a* – температуры мездры; *b* – производительности установки; *c* – отделенного пуха от шкурок в процентах; *d* – удельных энергетических затрат, при продолжительности выдержки шкурок в опаре в течение 1 ч до воздействия ЭМПСВЧ

Figure 3. The surface response and the two-dimensional cross section contour of the three-factor model modifications: *a* – the temperature of the membrane; *b* – productivity; *c* – separated the fluff from the skins in percent; *d* – specific energy consumption, the duration of exposure of the skins in the dough for 1 hour before exposure, ENSUCH

Таблица 3.

Технические характеристики установки

Table 3.

Technical characteristics of the unit

Количество магнетронов, шт. Number of magnetrons, PCs.	4
Потребляемая мощность четырех СВЧ-генераторов, кВт | Power consumption of the four microwave generators, kW	4,8
Производительность установки, (кг/ч) Plant capacity, (kg/h)	16
Мощность электродвигателя диска, кВт Drive motor power, kW	0,25
Мощность электродвигателя пневмонасоса, кВт Power of pneumatic pump motor, kW	0,4
Мощность электродвигателя распылителя, кВт | Power of spray motor, kW	0,18
Потребляемая мощность СВЧ установки, кВт Power consumption of microwave installation, kW	6,0
Удельные энергетические затраты, кВт·ч/кг | Specific energy costs, kWh/kg	0,36
Габаритные размеры, м Overall dimensions, m	1,5x1,0x2,2

Проведена технико-экономическая оценка применения разработанной установки (таблица 4). За базовый вариант принята стригальная машина КСМЗ-70, предназначенная для выравнивания высоты волосяного покрова шкур овчин.

Годовой экономический эффект от применения СВЧ-установки для сбора пуха со шкурок кроликов в кролиководческих хозяйствах составит 187 тыс. р.

Заключение

Разработанная микроволновая установка с дисковым транспортером и цилиндрическим резонатором реализует основные критерии проектирования СВЧ-техники. При удельных энергетических затратах на технологический процесс сбора пухового сырья от шкурок кроликов 0,36–0,38 кВт·ч/кг производительность установки с четырьмя СВЧ-генераторами в резонаторе составляет 16 кг/ч.

Дерма, вымоченная гомогенизированной сброженной смесью ржаной муки, воды, дрожжей и горчичного порошка, нагревается до 40–43 °С, и волосяной покров свободно отделяется от шкурки.

ЛИТЕРАТУРА

1 А.С. № 40499. Способ снятия пуха для фетрового производства со шкурок кроликов и зайцев / Юденич Г.А. Заявл. 24.06.1932; Опубл. 31.12.1934.

2 Балакиров Н.А., Тинаева Е.А. Кролиководство. М.: Колос, 2007. 232 с.

3 Белова М.В. Конструктивные особенности резонаторов сверхвысокочастотных установок для термообработки сырья в поточном режиме // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2015. № 4 (38). С. 31–37.

4 Шамин Е.А., Зиганшин Б.Г., Новикова Г.В. Разработка сверхвысокочастотной установки с цилиндрическими резонаторами для сушки пушно-мехового сырья в непрерывном режиме // Вестник НГИЭИ. 2017. № 9 (76). С. 57–64.

5 Чурсин В.Н., Дормидонтова О.В. Влияние низкотемпературной обработки сырья на структуру дермы // Кожевенно-обувная промышленность. 2004. № 2. С. 40–41.

6 Шамин Е.А., Новикова Г.В., Белова М.В., Михайлова О.В. Разработка и обоснование параметров СВЧ установки с тороидальными резонаторами для отделения волосяного покрова от кожи шкур кроликов в процессе распыления рассола в непрерывном режиме // Вестник ВГУИТ. 2018. № 1. С. 43–49.

7 Шамин Е.А., Новикова Г.В., Белова М.В., Михайлова О.В. Обоснование параметров СВЧ установки для обеззараживания и отделения пуха от шкур кроликов // Вестник ВГУИТ. 2018. № 1. –С. 70–80.

8 Пат. № 2406765, RU, C12S 7/00, C14C 1/06. Способ обезволашивания шкурок кроликов с применением ферментного препарата Протосубтилин Г10Х / Антипова Л.В., Василенко О.А., Косенко И.С., Суховеркова А.М. № 2009103186/12; Заявл. 10.08.2010; Опубл. 20.12.2010, Бюлл. № 35.

9 Как выделывать шкурку кролика. URL: http://bigkrol.ru/soderzhanie-krolikov/kak-vydelyvat-shkuru-krolika.html

10 Способ обезволашивания шкур. URL: http://www.findpatent.ru/patent/2/24942.html

11 Стратегическая программа исследований технологической платформы ТП «СВЧ технологии» URL: http://new.isvch.ru/wp-content/uploads/2017/05/svch_tech_may.doc

12 Рынок кроликов производство. URL: https://www.bcgroup.su/? yclid=599631307346053958

13 Кролиководство в России, тенденции развития. URL: https://valagro.ru/stati/stati-po-krolikovodstvu/krolikovodstvo-v-rossii

REFERENCES

1 Yudenich G.A. Sposob snyatiya pukha dlya fetrovogo proizvodstva so shkurok krolikov i zaytsev [Method for removing down for felt production from rabbit and hare skins]. Certificate of authorship, no. 40499, 1934.

2 Balakirov N.A., Tinaeva E.A. Krolikovodstvo [Rabbit breeding]. Moscow, Kolos, 2007. 232 p. (in Russian).

3 Belova M.V. Design features of resonators of ultra-high-frequency installations for heat treatment of raw materials in the flow mode. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Herald of Kazan state agrarian university].2015. no. 4 (38). pp. 31–37. (in Russian).

4 Shamin A.E., Ziganshin, B.G., Novikova, G.V., Development of a microwave installation with cylindrical resonators for drying of fur raw materials in continuous mode. *Vestnik NGIEI* [Herald of NGIEI]. 2017. no. 9 (76). pp. 57–64. (in Russian).

5 Chursin V.N., Dormidontova O.V. Influence of low-temperature processing of raw materials on the structure of the dermis. *Kozhevenno-obuvnaya promyshlennost'* [Leather and footwear industry]. 2004. no. 2. pp. 40–41. (in Russian).

6 Shamin E.A., Novikova G.V., Belova M.V., Mikhailova O.V. Development and justification of the parameters of the microwave installation with toroidal resonators for separating hair from the skin of rabbit skins during the spraying of brine in a continuous mode. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. no. 1. pp. 43–49. (in Russian).

7 Shamin E.A., Novikova G.V., Belova M.V., Mikhailova O.V. Substantiation of parameters of microwave installation for decontamination and separation of fluff from the skins of rabbits. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. no. 1. pp. 70–80. (in Russian).

8 Antipova L.V., Vasilenko O.A., Kosenko I.S., Sukhoverkova A.M. Sposob obezvolashivaniya shkurok krolikov s primeneniyem fermentnogo preparata Protosubtilin G10Kh [Method for dehairing rabbit skins with the use of the enzyme preparation Protosubtilin G10H]. Patent RF, no. 2406765, 2010.

9 Kak vydelyvat' shkurku krolika [How to make a rabbit skin]. Available at: http://bigkrol.ru/soderzhanie-krolikov/kak-vydelyvat-shkuru-krolika.html (in Russian).

10 Sposob obezvolashivaniya shkur [The method of dehairing hides]. Available at: http://www.findpatent.ru/patent/2/24942.html (in Russian).

11 Strategicheskaya programma issledovaniy tekhnologicheskoy platformy TP "SVCH tekhnologii" [Strategic research program for technological platform TP "Microwave Technology"]. Available at: http://new.isvch.ru/wp-content/uploads/2017/05/svch_tech_may.doc (in Russian).

12 Rynok krolikov proizvodstvo [Rabbit market production]. Available at: https://www.bcgroup.su/?yclid=599631307346053958 (in Russian).

13 Krolikovodstvo v Rossii, tendentsii razvitiya [Rabbit breeding in Russia, development trend. Available at: https://valagro.ru/stati/stati-po-krolikovodstvu/krolikovodstvo-v-rossii (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Евгений А. Шамин к.э.н., доцент, и.о. директора филиала «Институт пищевых технологий и дизайна», Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, ул. Октябрьская, 22А, г. Княгинино, 606340, Россия, evg.shamin@gmail.com

Галина В. Новикова д.т.н., профессор, главный научный сотрудник, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, ул. Октябрьская, 22А, г. Княгинино, 606340, Россия, NovikovaGalinaV@yandex.ru

Марьяна В. Белова д.т.н., профессор, кафедра электрификации и автоматизации, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет ул. Октябрьская 22А, г. Княгинино, 606340, Россия, maryana_belova_803@mail.ru

Ольга В. Михайлова д.т.н., профессор, кафедра инфокоммуникационных технологий и систем связи, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, ул. Октябрьская, 22А, г. Княгинино, 606340, Россия, ds17823@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 11.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 15.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Evgene A. Shamin Cand. Sci. (Econ.), associate professor, acting Director of branch «Institute of food technologies and design», Nizhny Novgorod state engineering-economic University, Octyabrskaya st., 22a, Knyaginino, Nizhny Novgorod region, 606340, Russia evg.shamin@gmail.com

Galina V. Novikova Dr. Sci. (Engin.), professor, lead researcher, Nizhny Novgorod state engineering-economic University, Octyabrskaya st., 22a, Knyaginino, Nizhny Novgorod region, 606340, Russia, NovikovaGalinaV@yandex.ru

Mariana V. Belova Dr. Sci. (Engin.), professor, electrification and automation department, Nizhny Novgorod state engineering-economic University, Octyabrskaya st., 22a, Knyaginino, Nizhny Novgorod region, 606340, Russia, maryana_belova_803@mail.ru

Olga V. Mikhailova Dr. Sci. (Engin.), professor, infocommunication technologies and communication systems department, Nizhny Novgorod state engineering-economic University, Octyabrskaya st., 22a, Knyaginino, Nizhny Novgorod region, 606340, Russia, ds17823@yandex.ru

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.11.2019

ACCEPTED 2.15.2019

Пищевая биотехнология

Оригинальная статья/Original article

УДК 635. 611,519.863

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-66-71

Показатели, формирующие качество и идентификацию коньяков Франции

Михаил Н. Елисеев [1] michail_eliseev@mail.ru
Валентина П. Осипова [2] cognac320@mail.ru
Лидия К. Емельянова [1] lidcons@yandex.ru
Дмитрий Г. Лакутин [1] dlakutin@mail.ru
Ольга М. Алексеева [1] olya.alexeyeva@gmail.com

[1] Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер. 36, г. Москва, Россия
[2] ВНИИ пиво-безалкогольной и винодельческий промышленности, ул. Россолимо, 7, г. Москва, Россия

Аннотация. Алкогольная продукция занимает одно из первых мест по популярности на потребительском рынке, хотя и не является столь необходимом продуктом [1]. Коньяк – один из изысканных напитков, производство которого является сложным и длительным технологическим процессом, от которого непосредственно зависит неповторимый, сложный букет и аромат. Это обуславливает важность таких аспектов, как получение высококачественной, экологически безопасной продукции, оказывающей положительное влияние на организм человека. При этом для коньяка наиболее важным является качество исходных виноматериалов и современные технологии производства, которые формируют органолептические свойства напитка. Исследование брендовых коньяков категории VS на территории РФ органолептическими и приборными методами анализа показал, что не все они могут быть идентифицированы как коньяки Франции.

Ключевые слова: коньяк, технология производства, качество и идентификация.

The quality indicators of french cognac

Mikhail N. Eliseev [1] michail_eliseev@mail.ru
Valentina P. Osipova [2] cognac320@mail.ru
Lydia K. Emelyanova [1] lidcons@yandex.ru
Dmitry G. Lakutin [1] dlakutin@mail.ru
Olga M. Alekseeva [1] olya.alexeyeva@gmail.com

[1] Plekhanov Russian University of Economics (PRUE), Stremyanny Lane, 36, Moscow, Russia
[2] Russian National Institute of Scientific Research for Brewing, Non-alcoholic and Wine-making Industry, Rossolimo Str., 7, Moscow, Russia

Abstract. Alcohol products are very popular in the consumer market, although it is not a highly needed and essential product. Cognac is one of the exquisite aristocratic and sophisticated beverage, its production consist of complex and lengthy technological process, on which an unique, full bouquet and aroma directly depend. This determines the importance of such aspects as obtaining a high quality and environmentally safe products that have some positive effect on the human body. Moreover, for cognac, the most important is the quality of the original wine materials and new production technologies, which form the organoleptic properties of the drink. The study of branded V.S. cognacs on the territory of the Russian Federation by organoleptic and instrumental methods of analysis showed that not all of them can be identified as French brandies.

Keywords: cognac, production technology, quality and identification

Введение

Франция является традиционной винодельческой страной. Её винодельческая продукция, в т. ч. и коньяки, признана повсеместно. Многовековое районирование сортов винограда, отбор и агротехнические приёмы проводят с целью получения винограда, необходимого для производства высококачественных вин и коньячных виноматериалов, а впоследствии и коньяков, способных конкурировать на мировом рынке с лучшей продукцией других стран [7].

Центром производства коньяка Франции является провинция Коньяк – главный город департамента Шаранта, который дал название этому напитку, что было закреплено решением Парижской конвенции в 1864 году [5].

Климат провинции умеренный, между морским и континентальным: мягкая зима и умеренно жаркое лето. Почвы данного района известковые и меловые используются для выращивания сортов винограда коньячного направления.

Для цитирования

Елисеев М.Н., Осипова В.П., Емельянова Л.К., Лакутин Д.Г., Алексеева О.М. Показатели, формирующие качество и идентификацию коньяков Франции // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 66–71. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-66-71

For citation

Eliseev M.N, Osipova V.P., Emelyanova L.K., Lakutin D.G., Alekseeva O.M. The quality indicators of french cognac. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 66–71. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-66-71

В соответствии с Парижской конвенцией истинный коньяк может производиться только в департаменте Шаранта, так как в других провинциях Франции нет комплекса природных условий, которые имеются в данном районе.

Во Франции существуют давние традиции изготовления этого напитка, который используется мелкими и крупными фирмами. Производством коньяка занимаются 273 коньячных дома, из них 80 % производства приходится на такие фирмы, как «Hennessy», «Pemy Martin», «Courvoisier», «Martell», «Gautier» и др. Самый нежный и тонкий вкус имеет французский коньяк, изготовленный из винограда провинции Гранд-Шампань [5].

В России географическое название «cognac» потеряло свой географический смысл и преобразовалось в название «коньяк» [4], обозначающее тип крепкого винодельческого продукта, технология которого состоит из получения специальных коньячных виноматериалов, затем их дистилляцию и сырых дистиллятов в контакте с древесиной дуба, а затем получение напитка в соответствии с нормативными документами.

Материалы и методы

В соответствии с действующей нормативной документацией оценку качества коньячных дистиллятов и коньяков осуществляют по органолептическим (цвет, аромат, вкус) и физико-химическим показателям. Как правило, действующие физико-химические показатели неаутентичных образцов качества соответствуют требованиям действующих нормативных документов, поэтому проблеме исследования дополнительных показателей контроля качества уделяется большое внимание [8].

Для исследования были представлены следующие четыре образца французских коньяков с одним и тем же сроком выдержки: Camus VS, Courvoisier VS, Claude Chatelier VS и Hennessy VS.

При определении сенсорных характеристик коньячных дистиллятов сроком выдержки до 15 лет, произведённых в провинции Коньяк, учёными были выявлены следующие отличительные особенности: относительно широкий спектр оттенков аромата, однако букет во всех образцах очень гармоничен и сбалансирован. В коньячных дистиллятах сроком выдержки не более 5 лет опытными дегустаторами по убывающей интенсивности были выявлены следующие основные оттенки: мыльные, сухофруктовые, пряные, цветочные и смолистые [10].

Для коньячных дистиллятов сроком выдержки более 5 лет (VS) в качестве характерных прекурсоров были отмечены разнообразные оттенки аромата – сухофруктов, цветочные, пряные, фруктовые, шоколадные, табачные и мыльные. При этом сочетание в букете цветочных, табачных, смолистых и мыльных оттенков складывается в уникальный характерный тон исследуемых выдержанных дистиллятов. Необходимо отметить особенную разновидность смолистого оттенка, который дегустаторы идентифицировали как достаточно объёмный тёплый древесный оттенок при хорошей полноте вкуса. Присутствие мыльных тонов было оттеночным и чётко идентифицировалось как в букете, так и во вкусе. Лёгкие оттенки фиалки и миндального ореха были отмечены экспертами в качестве дополнительных прекурсов [3].

Таким образом, с профессиональной точки зрения оценка индивидуальных свойств коньячного дистиллята и, как следствие, коньяка предполагает выявление некоторых специфических характеристик продукции, которые обусловлены уникальным сочетанием винодельческих, культурно-исторических традиций и почвенно-климатических условий, свойственных определённому региону производства.

Большую роль в формировании аромата коньяка играют летучие компоненты. Одним из значимых соединений коньяка являются эфиры, которые вносят непосредственный вклад в формирование ароматических соединений [10]. В коньяках в основном представлены средние и кислые эфиры – это этиловые эфиры жирных кислот, количество которых колеблется от 300 до 1600 мг/дм^3, при этом на этилацетат приходится (30–00 мг/дм^3) [1,2]. Сложные эфиры могут синтезироваться дрожжами, а также являются продуктами этерификации. Поскольку в коньяке в основном присутствует этиловый спирт, то наибольшая доля эфиров принадлежит этилацетату.

Важная роль в формировании органолептических показателей коньяка принадлежит «энантовому эфиру», представляющему собой смесь этиловых эфиров, образующих в коньяке характерные «мыльные» тона. Учеными Института биохимии им. А.Н. Баха РАН и МГУППа разработаны шесть дополнительных негативных маркеров качества коньяка. К ним относятся 2-фенилэтиловый эфир уксусной кислоты, присутствие которого нежелательно в продукте; этиловый эфир 3-метилбутановой кислоты – вещество, подтверждающее образование продуктов выдержки; этиловый эфир гексановой кислоты, этилацетат, сивушные масла и сложные эфиры –

как продукты дистилляции. В литературе имеются сведения, что с повышением возраста коньячных дистиллятов повышается и концентрация этилбутирата, но в целом коньяки разных изготовителей возможно отличить по содержанию сложных этиловых эфиров [7].

Результаты и обсуждение

Результаты определения массовой концентрации летучих компонентов известных брендов французского коньяка представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Компонентный состав летучих веществ французских коньяков

Table 1.

The component composition of volatile substances of French cognacs

Компонент | Component	Концентрация, мг/дм^3 | Concentration, mg/dm^3			
	Camus VS	Courvoisier VS	Claude Chatelier VS	Hennessy VS
Ацетальдегид | Acetaldehyde	28,7	30,5	34,2	3,1
Изобутиральдегид | Isobutyraldehyde	21,0	22,1	13,1	н.о.
Этилформиат | Ethyl formate	3,6	5,5	4,6	0,6
Ацетон | Acetone	1,9	1,1	1,1	н.о.
Диэтилформаль | Diethylformal	0,7	1,2	1,1	н.о.
Этилацетат | Ethyl acetate	117,3	144,0	133,2	н.о.
Метанол | Methanol	105,6	119,9	152,2	7,5
2-Пропанол | 2-Propanol	1,6	1,9	2,3	н.о.
2-Бутанол | 2-Butanol	0,5	0,3	0,6	н.о.
1-Пропанол | 1-Propanol	88,7	101,5	117,7	0,5
Изобутанол | Isobutanol	429,4	437,0	487,8	5,7
Изоамилацетат | Isoamylacetate	1,9	2,1	1,6	н.о.
1-Бутанол | 1-Butanol	1,3	1,3	1,3	н.о.
Изоамилол | Isoamilol	1126,5	1179,4	1150,6	18,9
Этилкапроат | Ethylcaproate	2,0	2,4	2,2	н.о.
Гексанол | Hexanol	3,2	4,5	4,2	0,1
Этиллактат | Ethyl lactate	68,9	76,7	63,5	0,7
Этилкаприлат | Ethyl caprylate	7,4	9,0	10,3	1,0
Этилкапрат | Ethyl caprate	15,6	19,4	24,7	4,6
Фенилэтиловый спирт | Phenylethyl alcohol	8,3	7,8	6,9	н.о.

н.о. – не обнаружено

Из данных таблицы 1 видно, что в образце коньяка **Hennessy VS** практически все летучие компоненты находятся либо в следах, либо не обнаруживаются вообще, что свидетельствует об использовании при производстве данного образца ректификованного спирта, поэтому этот образец является фальсификатом. Значительное количество ацетальдегида и изобутеральдегида для коньяков со сроками выдержки 5–6 лет придают оттенки продуктов дистилляции, т. к. реакции этерификации проходят медленно. Этилацетат – эфир уксусной кислоты, присутствие которого значительно в трех образцах, можно отнести к группе веществ, которые придают цветочные и фруктовые тона продукту. К веществам, подтверждающим аутентичность трех первых образцов относятся этиловые эфиры, отмеченные дегустаторами как оттенки фиалки и миндального ореха, это этиллактат, этилкапрат и этилкаприат. Количественные показатели этой группы подтверждают сроки выдержки коньячных дистиллятов. С повышением возраста коньячных дистиллятов увеличивается концентрация этилкаприлата, а в целом французские коньяки разных изготовителей можно различать по уровню концентраций сложных этиловых эфиров.

Исследуемые образцы коньяков **Camus VS, Courvoisier VS, Claude Chatelier VS** демонстрируют характерное для французских коньяков содержание летучих компонентов.

Наиболее информативным считают способ определения фенольных и фурановых веществ в коньяках и коньячных дистиллятах, основанный на исследовании продукции методом спектрофотомерии в ультрафиолетовой и видимой областях. Это объясняется тем, что полифенольные соединения, а также компоненты сахарного колера (фурановые соединения) имеют максимум поглощения при длине волны 280 нм, тогда как придающие цвет коньяку вещества регистрируют в области 420 нм [6] (таблица 2).

Таблица 2.

Массовая концентрация фенольных и фурановых соединений

Table 2.

Mass concentration of phenolic and furan compounds

Наименование фенольных и фурановых соединений | Name of phenolic and furan compounds	Значение показателя по СТО | The value of the indicator for SRT	Наименование французских коньяков | Name of French brandy			
		Camus VS	Courvoisier VS	Claude Chatelier VS	Hennessy VS
	Массовая концентрация фенольных и фурановых соединений, мг/дм^3 | Mass concentration of phenolic and furan compounds, mg/dm^3				
5-ГМфурфурол | 5 GMfurfural	н.у.	20,2	41,3	66,1	1,0
Галловая кислота | Gallic acid	н.у.	14,6	11,7	26,3	1,1
Фурфурол, мг/100 см^3 б.с. | Furfural, mg/100 cm^3 bs	≤ 3,0	1,9	2,0	1,9	0,1
5-Метилфурфурол | 5-Methylfurfural	н.у.	2,8	2,2	2,5	н.о.
Сиреневая кислота | Syringic acid	н.у.	1,6	1,8	1,9	0,1
Ванилиновая кислота | Vanillic acid	н.у.	3,9	4,2	4,0	0,1
Сиреневый альдегид | Lilac aldehyde	н.у.	2,7	2,4	2,2	н.о.
Ванилин | Vanillin	н.у.	0,7	0,9	1,2	0,8
4-Гидроксибензойная кислота | 4-Hydroxybenzoic acid	н.у.	0,2	0,2	0,2	н.о.
Синаповая кислота | Synapic acid	н.у.	0,1	1,2	0,9	н.о.
Синаповый альдегид | Synapaldehyde	н.у.	н.о.	1,1	2,2	н.о.
Феруловая кислота | Ferulic acid	н.у.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Конифериловый альдегид | Coniferyl aldehyde	н.у.	1,4	1,8	1,8	н.о.
П-кумаровая кислота | P-coumaric acid	н.у.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Соотношение сиреневый альдегид/ванилин | The ratio of lilac aldehyde/vanillin	≥ 1,8	3,9	2,7	1,8	**0,0**
Сумма ароматических кислот | The amount of aromatic acids	н.у.	5,8	7,4	7,0	0,2
Сумма ароматических альдегидов | The amount of aromatic aldehydes	н.у.	4,8	6,2	7,4	0,8

н.у. – не установлено (not detected); н.о. – не обнаружено (not found)



Рисунок 1. Соотношение содержания сиреневого альдегида и ванилина

Figure 1. Ratio of the content of lilac aldehyde and vanillin

Исследования массовой концентрации фенольных и фурановых соединений подтвердило наличие сиреневого альдегида и ванилиновой кислоты. Сиреневый альдегид и ванилин являются продуктами дегидратации лигнина и характеризуют процесс выдержки коньяка в дубовых бочках, что придает коньяку характерные кондитерские тона. Фенольные соединения, которые извлекаются из дуба, увеличивают цвет напитка. Количественное соотношение сиреневого альдегида и ванилина, являющихся индикаторами выдержки коньячных дистиллятов, представлено на рисунке 1. В образец коньяка Hennesy VS соотношение этих компонентов отсутствует, что выявляет его как фальсификат.

Таким образом, соотношение содержания сиреневого альдегида и ванилина говорит о качестве и выдержке коньячных дистиллятов, из которых изготовлены французские коньяки. Отсутствие этих компонентов в образце Hennessy VS говорит о его фальсификации.

Заключение

Исследование качества и идентификации образцов коньяков Франции, реализуемых на территории РФ, с использованием органолептических и приборных методов анализа показало значительные различия компонентного состава истинных коньяков и фальсифицированного образца. В качестве индикатора подлинности коньяка предложено использовать соотношение сиреневого альдегида и ванилина.

ЛИТЕРАТУРА

1 Awad P. et al. Evolution of Volatile Compounds during the Distillation of Cognac Spirit // Journal of agricultural and food chemistry. 2017. V. 65. № 35. P. 7736–7748.

2 Szymezicha-Madeja A. Advances in assessing the elemental composition of distilled spirits using atomic spectrometry // Trends in Analitical Chemistry. 2015. V. 64. P. 127–135.

3 Xia Y.-N., Ma Y., Sun J., Shu Y. et al. Analysis of Volatile Flavor Compounds of Jujube Brandy by GC-MS and GC-O Combined with SPME // Advance Journal of Food Science and Technology. 2015. V. 9(6). P. 398–405.

4 Белкин Ю.Д., Положишникова М.А. Обзор современных методов идентификации коньяков и бренди, применяемых в отечественной и зарубежной практике // Товаровед продовольственных товаров. 2016. № 9. С. 8–13.

5 Елисеев М.Н., Лакутин Д.Г. Вопросы качества и идентификации коньячной продукции из Франции // Товаровед продовольственных товаров. 2017. № 11. С. 19–24.

6 Оганесянц Л.А., Панасюк А.Л., Кузьмина Е.И, Песчанская В.А. Использование метода изотопной масс-спектрометрии для идентификации некоторых видов винодельческой продукции // Пиво и напитки. 2017. №5. С. 34–39. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-metoda-izotopnoy-mass-spektrometrii-dlya-identifikatsii-nekotoryh-vidov-vinodelcheskoy-produktsii

7 Оселедцева И.В. Развитие методологии и совершенствование методики контроля качества коньячных дистиллятов и коньяков // Виноделие и виноградарство. 2016. № 4. С. 22–26.

8 Песчанская В.А., Осипова В.П., Захаров М.А. Оценка качества винодельсеской продукции с использованием ГЖХ-МС // Виноделие и виноградарство. 2016. № 5. С. 12–14.

9 Соснина О.Ю., Двоеглазова А.Ю., Голубева Ю.А., Стяжкина А.А. Обзор рынка коньяка пятизвездочного // Молодёжь и наука. 2016. № 12. С. 60.

10 Умарова Н.Н., Вильданова А.И., Давлетшина Ф.И., Евгеньев М.И. Оценка качества коньяков по результатам многомерного анализа // Вестник Казанского технологического университета. 2016. №11. С. 165–169.

REFERENCES

1 Awad P. et al. Evolution of Volatile Compounds during the Distillation of Cognac Spirit. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2017. vol. 65. no. 35. pp. 7736–7748.

2 Szymezicha-Madeja A. Advances in assessing the elemental composition of distilled spirits using atomic spectrometry. Trends in Analitical Chemistry. 2015. vol. 64. pp. 127–135.

3 Xia Y.-N., Ma Y., Sun J., Shu Y.et al. GC-MS and GC-O Combined Analysis of Volatile Flavor Compounds of Jujube Brand with SPME. Wang. Advance Journal of Food Science and Technology. 2015. vol. 9 (6). pp. 398–405.

4 Belkin Yu.D., Polozhishnikova M.A. Review of modern methods of identification of cognacs and brandy used in domestic and foreign practice. *Tovaroved prodovol'stvennykh tovarov* [Foodstuffs specialist of food products]. 2016. no. 9. pp. 8–13. (in Russian).

5 Eliseev M.N., Lakutin D.G. Issues of quality and identification of cognac products from France. *Tovaroved prodovol'stvennykh tovarov* [Foodstuffs specialist of food products]. 2017. no. 11. pp. 19–24. (in Russian).

6 Oganesyants L.A., Panasyuk A.L., Kuzmina E.I., Peschanskaya V.A. Using the method of isotopic mass spectrometry to identify certain types of wine production. *Pivo i napitki* [Beer and drinks]. 2017. no. 5. pp. 34–39. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-metoda-izotopnoy-mass-spektrometrii-dlya-identifikatsii-nekotoryh-vidov-vinodelcheskoy-produktsii (in Russian).

7 Oseledtseva I.V. Development of the methodology and improvement of the quality control techniques of cognac distillates and brandies. *Vinodeliye i vinogradarstvo* [Winemaking and viticulture]. 2016. no. 4. pp. 22–26. (in Russian).

8 Peschanskaya V.A., Osipova V.P., Zakharov M.A. Quality assessment of wine products using GLC-MS. *Vinodeliye i vinogradarstvo* [Winemaking and viticulture]. 2016. no. 5. pp. 12–14. (in Russian).

9 Sosnina O.Yu., Dvoeglazova A.Yu., Golubeva Yu.A., Styazkina A.A. Market review of the five-star cognac. *Molodozh' i nauka* [Youth and science]. 2016. no. 12. pp. 60. (in Russian).

10 Umarova N.N., Vildanova A.I., Davletshina F.I., Evgeniev M.I. Quality evaluation of cognacs based on the results of multidimensional analysis. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University]. 2016. no. 11. pp. 165–169. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Михаил Н. Елисеев д.т.н., профессор, кафедра товароведения и товарной экспертизы, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер. 36, г. Москва, Россия, michail_eliseev@mail.ru

Валентина П. Осипова к.т.н., ст. научный сотрудник, ВНИИ пиво-безалкогольной и винодельческий промышленности, ул. Россолимо, 7, г. Москва, Россия, cognac320@mail.ru

Лидия К. Емельянова к.т.н. доцент, кафедра товароведения и товарной экспертизы, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер. 36, г. Москва, Россия, lidcons@yandex.ru

Дмитрий Г. Лакутин магистрант, кафедра товароведения и товарной экспертизы, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер. 36, г. Москва, Россия, dlakutin@mail.ru

Ольга М. Алексеева к.э.н, ст. преподаватель, кафедра международного бизнеса и таможенного дела, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер. 36, г. Москва, Россия, olya.alexeyeva@gmail.com

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 30.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 21.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Mikhail N. Eliseev Dr. Sci. (Engin.), professor, commodity science and commodity examination department, Plekhanov Russian University of Economics (PRUE),, Stremyanny Lane, 36, Moscow, Russia, michail_eliseev@mail.ru

Valentina P. Osipova Cand. Sci. (Engin.), senior researcher, Russian National Institute of Scientific Research for Brewing, Non-alcoholic and Wine-making Industry, Rossolimo Str., 7, Moscow, Russia, cognac320@mail.ru

Lydia K. Emelyanova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, commodity science and commodity examination department, Plekhanov Russian University of Economics (PRUE), Stremyanny Lane, 36, Moscow, Russia, lidcons@yandex.ru

Dmitry G. Lakutin master student, commodity science and commodity examination department, Plekhanov Russian University of Economics (PRUE),, Stremyanny Lane, 36, Moscow, Russia, dlakutin@mail.ru

Olga M. Alekseeva Cand. Sci. (Econ.), senior lecturer, international business and customs department, Plekhanov Russian University of Economics (PRUE),, Stremyanny Lane, 36, Moscow, Russia, olya.alexeyeva@gmail.com

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.30.2019

ACCEPTED 2.21.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 664.85

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-72-76

Исследование реологических свойств пасты на основе свекольных выжимок

Ольга В. Перфилова [1] Perfolgav@mail.ru
Газибег О. Магомедов [2] mmg@inbox.ru

[1] Мичуринский государственный аграрный университет, ул. Интернациональная, 101, г. Мичуринск, 393760, Россия
[2] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. В плодоовощной отрасли, при получении основной продукции, сопутствующим является образование следующих вторичных сырьевых ресурсов и отходов производства: вытерки, выжимки, семена томатные, плодовые косточки, овощные очистки и др. При этом, количество вторичных сырьевых ресурсов, образующихся в процессе переработки фруктового и овощного сырья, составляет от 5 до 85% от первоначальной массы сырья, пошедшего на переработку, из них на промышленную переработку в пищевую продукцию направляется в среднем 30 %. Целью работы стало исследование возможности применения выжимок производства свекольного сока прямого отжима в технологии овощной пасты. Для облегчения процесса протирания свекольных выжимок, предварительно обработанных СВЧ-нагревом, предложено использовать крахмальную патоку, позволяющую снизить вязкость овощной массы. В результате исследований выявлено, что введение крахмальной патоки в выжимки в количестве 10, 20 и 30%, наряду с увеличением температуры нагрева, в диапазоне от 25 до 60 °С, способствует снижению эффективной вязкости, полученной после протирания свекольных выжимок пасты. Также при повышении дозировки крахмальной патоки наблюдалось увеличение массовой доли сухих веществ в свекольной пасте и ее степени разжижения, так при дозировке 10% степень разжижения составила 24,7%, при 20% – 45,1 %, при 30% – 60,7%. Таким образом, применение крахмальной патоки при получении свекольной пасты из выжимок производства сока прямого отжима дает возможность целенаправленно регулировать вязкость овощной массы, создавая лучшие условия для последующих технологических операций.

Ключевые слова: вторичные сырьевые ресурсы, свекольные выжимки, СВЧ-нагрев, патока, вязкость, протирание, паста

The research of rheological properties of bagasse based paste

Olga V. Perfilova [1] Perfolgav@mail.ru
Gazibeg O. Magomedov [2] mmg@inbox.ru

[1] Michurinsk State Agrarian University, Internationalnaya st., 101, Michurinsk, 393760, Russia
[2] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. In the horticultural industry, upon main products obtaining, the formation of the following secondary raw materials and production wastes: pulping,bagasse, tomato seeds, fruit seeds, vegetable peelings, etc. is concomitant. At the same time, the amount of secondary raw materials formed during fruit and vegetable raw materials processing varies from 5 to 85% of the initial raw materials mass going for processing, of which an average of 30% is sent to food products for food processing. The aim of the work was to study the possibility of bagasse using of direct extraction beet juice production in vegetable paste technology. To facilitate the process of bagasse pulping, pretreated with microwave heating, starch syrup, allowing to reduce the vegetable mass viscosity was proposed to use. As a result of research, it was found that the introduction of starch syrup in the bagasse in the amount of 10, 20 and 30%, along with an increase in the heating temperature, varying from 25 to 60, reduces the effective viscosity obtained after bagasse paste pulping. With an increase in the starch syrup dosage, an increase in the mass fraction of dry substances in beet paste and its liquefaction degree was observed as well. So, at a dosage of 10%, the liquefaction degree was 24.7%, at 20% - 45.1%, at 30% - 60.7%. Thus, the use of starch syrup in the production of beet paste from the bagasse of direct-pressed juice production makes it possible to adjust the vegetable mass viscosity purposefully, creating better conditions for subsequent technological operations. .

Keywords: secondary raw materials, bagasse, microwave heating, starch syrup, viscosity, pulping, paste

Введение

В плодоовощной отрасли при получении основной продукции сопутствующим является образование следующих вторичных сырьевых ресурсов (ВСР) и отходов производства: вытерки (яблочные и томатные), выжимки (виноградные, яблочные, темноокрашенных ягод), семена томатные, плодовые косточки, овощные очистки (морковные, свекольные, кабачковые, баклажановые), покровные листья капусты и створки зеленого горошка.

Вторичные сырьевые ресурсы и отходы плодоовощной отрасли классифицируются по такому основному признаку, как стадия технологического процесса. ВСР и отходы образуются в результате очистки, протирания, прессования, резки, просеивания.

Агрегатное состояние вторичных сырьевых ресурсов твердое; по материалоемкости они являются малотоннажными ресурсами; полная степень использования за исключением отходов, образующихся от переработки темноокрашенных

Для цитирования

Перфилова О.В., Магомедов Г.О. Исследование реологических свойств пасты на основе свекольных выжимок // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 72–76. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-72-76

For citation

Perfilova O.V., Magomedov G.O. The research of rheological properties of bagasse based paste. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 72–76. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-72-76

ягод и плодов; безвредное влияние на окружающую среду, при этом отходы характеризуются коротким сроком хранения, поэтому необходима их быстрая переработка или утилизация. В состав ВСР и отходов входят белки, жиры, углеводы, а также различные минеральные вещества, витамины и пищевые волокна [1].

Количество вторичных сырьевых ресурсов, образующихся в процессе переработки фруктового и овощного сырья, составляет от 5 до 85% от первоначальной массы сырья пошедшего на переработку, при этом их вид обусловлен сырьем и методом его переработки. Так, при переработке зеленого горошка (при учете ботвы) образуется высокое количество отходов – 80%, картофеля в продукты питания – 30–40%, а при производстве фруктовых и овощных соков прямого отжима – в среднем 55–60%. До 70% вторичных сырьевых ресурсов плодоовощной отрасли используется в кормовых целях (для сельскохозяйственных птиц и животных) [2, 3].

Определенная доля вторичного сырья и отходов применяется в качестве удобрений и семенного материала. На промышленную переработку в продукцию направляется в среднем 30% вторичного сырья. На консервных заводах отходы, образующиеся при переработке фруктов и овощей, некондиционное сырье, а также вторичное сырье перерабатывают на следующую продукцию: фруктовые и овощные порошки, пектин, сухие выжимки, пюре, красители, ароматические вещества, крахмал, этиловый спирт, углеводы, биохимический уксус, заливочные жидкости, лечебно-профилактические препараты и прочее [4, 5, 8–10].

Результаты и обсуждения

Цель работы – исследование возможности применения выжимок производства свекольного сока прямого отжима в технологии овощной пасты.

Выжимки характеризуются высокой вязкостью, что затрудняет процесс их протирания. Для снижения вязкости фруктовых и овощных масс согласно литературным данным применяются ферментные препараты. Применение ферментных препаратов и мультиферментов при производстве фруктовых и овощных паст имеет свои недостатки: во-первых, увеличивается продолжительность переработки выжимок, т. к. затрачивается дополнительное время на процесс ферментации; во-вторых, происходит удорожание пасты из-за высокой цены ферментных препаратов; в-третьих, в результате разрушения пектиновых веществ и клетчатки снижается пищевая ценность готовой пасты. Помимо этого, на сегодняшний день во многих странах мира действует запрет на применение мультэнзимных ферментных препаратов в технологии продуктов питания [6].

Поэтому наши исследования были направлены на поиск альтернативного способа регулирования вязкостных свойств свекольных выжимок с целью их дальнейшей переработки в пасту.

Известным способом снижения вязкости фруктовых и овощных масс является использование крахмальной патоки. Нами исследовано влияние высокоосахаренной крахмальной патоки в дозировке 10, 20 и 30% на вязкостные свойства пасты из свекольных выжимок, прошедших СВЧ–обработку при следующем рациональном режиме: мощность – 800 Вт, время – 160 с, удельная работа – 640 Вт/г ·с, температура нагрева выжимок 92 °С.

Пасту получали следующим способом: свекольные выжимки после СВЧ–нагрева смешивали с подогретой до 40 °С высокоосахаренной крахмальной патокой в количестве 10, 20 и 30% к массе выжимок и подавали смесь в протирочную машину от производителя «МАПП» с диаметром отверстий сит № 1–1,2 мм и № 2–0,8 мм. Далее полученную пасту подогревали до 70 °С в котле пищеварочном электрическом КПЭМ-60/7. С помощью дозатора для вязких продуктов РТ-АКФ-3 стеклянные банки наполняли горячей пастой. Наполненные пастой банки укупоривали лакированными крышками типа III (евро-твист) и направляли в стерилизатор СТО 2.00.000 для пастеризации при следующем режиме: с/б III-58–250 20–20–25/95 °С (противодавление 117 кПа).

Контролем служило пюре, полученное из выжимок без добавления крахмальной патоки. Вязкость опытных образцов пасты из свекольных выжимок с различной дозировкой крахмальной патоки измеряли с помощью вибровискозиметра SV-10.

По результатам исследований были получены зависимости изменения эффективной вязкости свекольной пасты от дозировки крахмальной патоки и температуры нагрева (рисунки 1, 2). Из рисунков 1–2 видно, что введение крахмальной патоки в выжимки, наряду с увеличением температуры нагрева в диапазоне от 25 до 60 °С способствует снижению эффективной вязкости, полученной после протирания выжимок пасты.

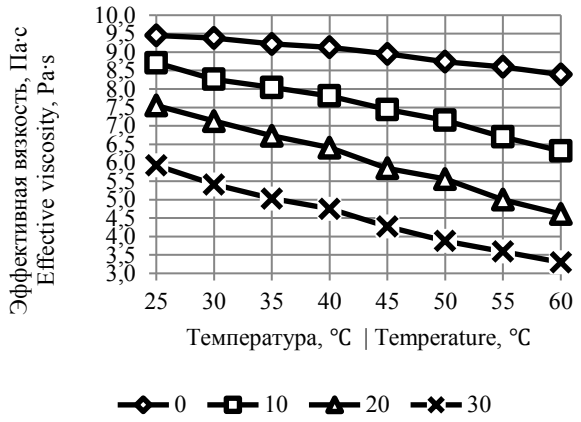


Рисунок 1. Зависимость эффективной вязкости свекольной пасты от температуры при дозировке патоки, %: 0, 10, 20, 30

Figure 1. The dependence of the effective viscosity of beet paste from the temperature at the dosage of starch syrup, %: 0, 10, 20, 30

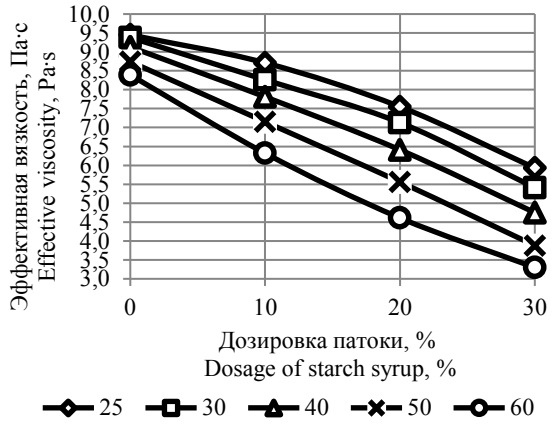


Рисунок 2. Зависимость эффективной вязкости свекольной пасты от содержания патоки при температуре, °C: 25, 30, 40, 50, 60

Figure 2. The dependence of the effective viscosity of beet paste from the content of starch syrup at a temperature, °C: 25, 30, 40, 50, 60

Свекольная паста состоит из пюре и крахмальной патоки. Пюре свекольных выжимок является двухфазной системой, которая состоит из твердой фазы (мякоти) и жидкой фазы (сока). Твердая (дисперсная) фаза включает в себя разрушенные и неразрушенные частицы растительной ткани. Исходя из этого влияние крахмальной патоки на эффективную вязкость пасты можно объяснить следующими механизмами: изменением объемной доли дисперсной фазы и дисперсионной среды, осмотическим давлением и вероятным снижением процесса структурообразования массы.

Одними из компонентов пюре из выжимок являются полисахариды, содержащиеся в пюре, а именно целлюлоза, которая нерастворима в воде, обладает развитой системой тончайших субмикроскопических капилляров и большим количеством гидроксильных групп, что обусловливает ее способность поглощать и удерживать воду. Таким образом, в набухшем полимере содержится вода в двух состояниях: связанная (гидратированная) и свободная (капиллярная). При смешивании выжимок с крахмальной патокой происходит сольватация молекул глюкозы, мальтозы и декстринов, в результате чего свободная влага мигрирует из микрокапилляров полимера. Это приводит к уменьшению свободной и увеличению связанной влаги. При этом увеличивается доля дисперсионной среды (жидкости), что приводит к уменьшению прочности контактов частиц дисперсной фазы, в результате этого происходит снижение эффективной вязкости пасты.

При добавлении крахмальной патоки увеличивается массовая доля сухих веществ в жидкой фазе (рисунок 3). В результате этого происходит разность концентраций сухих веществ в клеточном соке (C_1) и межклеточном соке (C_2). Это обусловливает возникновение осмотического давления в системе «клетка – жидкая фаза» [7].

Молекулы воды мигрируют в жидкую фазу через полупроницаемую мембрану клетки. Введение крахмальной патоки в выжимки снижает их вязкость, т. е. приводит к разжижению массы, что в итоге облегчает процесс протирания и получения пасты (рисунок 4).

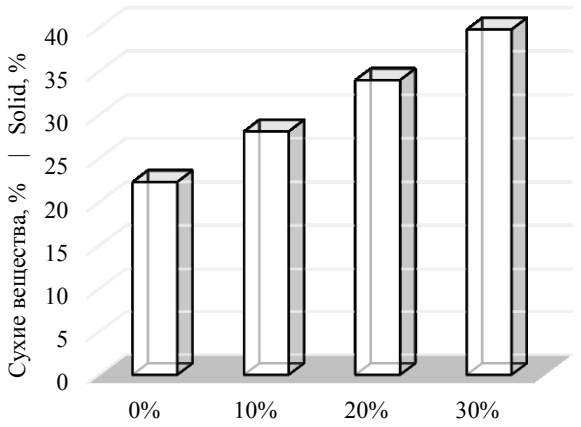


Рисунок 3. Изменение массовой доли сухих веществ свекольной пасты при внесении патоки в дозировке, %: 0, 10, 20, 30

Figure 3. The change in the mass fraction of solid of beet paste with starch syrup at the dosage, %: 0, 10, 20, 30

Для количественной оценки степени снижения вязкости использовали показатель – степень разжижения, который рассчитывали, как разность между начальной и конечной вязкостью, выраженной в процентах к начальной вязкости. Степень разжижения свекольной пасты в зависимости от дозировки крахмальной патоки представлена на рисунке 4.

Из рисунка 4 видно, что повышение дозировки крахмальной патоки приводит к увеличению степени разжижения, так при дозировке 10% степень разжижения составляет 24,7%, при 20% – 45,1%, при 30% – 60,7%).

Введение крахмальной патоки в свекольные выжимки, как уже было сказано, приводит не только к снижению вязкости системы, но замедляет или ограничивает возможный процесс структурообразования.

Патока играет роль полиэлектролита, т. е. уменьшает поверхностное натяжение пектинового раствора и снижает его студнеобразующие свойства. Кроме того, возможен распад водородных связей между этерифицированными остатками галактуроновой кислоты и ослабление их гидрофобного взаимодействия, а также разрушение хелатных связей с участием ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} между неэтерифицированными остатками галактуроновой кислоты в цепях рамногалактуронана. Хелатные связи распадаются в ходе ионообменных реакций. В результате образуются нерастворимые или малорастворимые соли кальция и магния с различными органическими кислотами и пектинами, которые присутствуют в клеточном соке и патоке.

Разработанная технологическая схема производства свекольной пасты на основе выжимок представлена на рисунке 5.

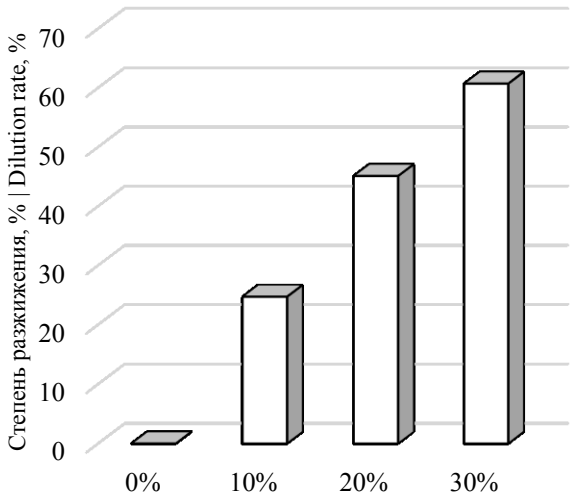


Рисунок 4. Зависимость степени разжижения свекольной пасты от дозировки патоки при температуре 60 °С

Figure 4. The dependence of the dilution rate of beet paste from the dosage of starch syrup at a temperature of 60 °C

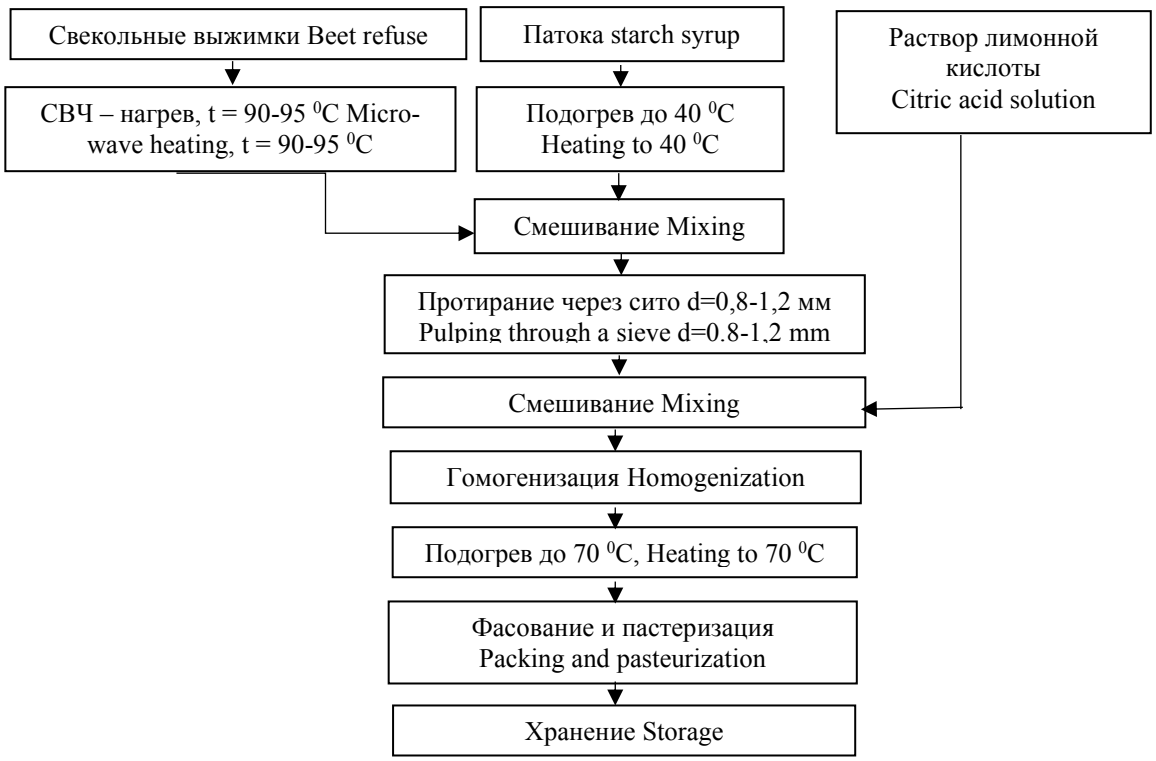


Рисунок 5. Технологическая схема производства свекольной пасты

Figure 5. Technological scheme of beet paste production

Заключение

Таким образом, применение крахмальной патоки при получении пасты из свекольных выжимок производства сока прямого отжима дает возможность целенаправленно регулировать вязкость овощной массы, создавая лучшие условия для дальнейших технологических операций таких, как протирание, гомогенизация, фасование, транспортирование.

ЛИТЕРАТУРА

1 Шепель О.В. Использование вторичных ресурсов пищевой и перерабатывающей промышленности // Достижения науки и техники АПК. 2006. № 9. С. 37.

2 Карнаухов И.Е., Нижник Н.Н. Состояние и обоснование перспективы ресурсосберегающей технологии производства кормов из вторичных ресурсов (ВСР) // Вестник РГАЗУ. 2008. № 4. С. 126–128.

3 Федоренко В.Ф. и др. Технологические процессы и оборудование, применяемые при производстве продуктов питания: науч. аналит. обзор. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. 192 с.

4 Неменущая Л.А., Степанищева Н.М., Соломатин Д.М. Современные технологии хранения и переработки плодоовощной продукции: науч. аналит. обзор. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. 170 с.

5 Самылина В.А., Самылина И.Б. Вторичные сырьевые ресурсы в продуктах функциональной направленности // Совершенствование технологий производства продуктов питания в свете государственной программы развития сельского хозяйства на 2008–2012 гг: материалы Международной научно-практической конференции. 2008. С. 110–113.

6 Шобингер У. Фруктовые и овощные соки: научные основы и технологии: пер. с нем.; под общ. науч. ред. А.Ю. Колеснова, Н.Ф. Берестеня, А.В. Орещенко. СПб.: Профессия, 2004. 640 с.

7 Mujica-Paz H. et al. Impregnation properties of some fruits at vacuum pressure // Journal of Food Engineering. 2003. V. 56. № 4. P. 307–314.

8 Shyu Y.-S., Li T.-C., Lin C.-C. Functional analysis of unfermented and fermented citrus peels and physical properties of citrus peel-added doughs for bread making // Journal of Food Science Technology. 2014. V. 51 (12). P. 3803–3811. doi: 10.1007/s13197-013-0938-6

9 Roberts J.S., Gentry T.S., Bates A.W. Utilization of dried apple pomace as a press aid to improve the quality of strawberry, raspberry, and blueberry juices // Journal of Food Science. 2004. V. 69. № 6. P. S181-S190.

10 Schieber A., Hilt P., Carlea R. A new process for the combined recovery of pectin and phenolic compounds from apple pomace // Innov. Food Sci. and Emerging Technol. 2003. V. 4. № 1. P. 99–107.

11 Груздева В.В., Игошин А.Н. Некоторые аспекты потребления продуктов питания в регионе // Вестник НГИЭИ. 2017. № 9 (76). С. 110–118.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ольга В. Перфилова к.т.н., доцент, кафедра технологии продуктов питания и товароведения , Мичуринский государственный аграрный университет, ул. Интернациональная, 101, г. Мичуринск, 393760, Россия, Perfolgav@mail.ru

Газибег О. Магомедов д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, mmg@inbox.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Ольга В. Перфилова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Газибег О. Магомедов консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 26.12.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 11.02.2019

REFERENCES

1 Shepel O.V. The using of secondary resources of the food and processing industry. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of agriculture]. 2006. no. 9. pp. 37. (in Russian).

2 Karnaukhov I.E., Nizhnik N.N. The state and justification of perspectives of resource-saving technology of feed production from secondary resources. *Vestnik RGAZU* [Bulletin of the Russian state agrarian correspondence university]. 2008. no. 4. pp. 126–128. (in Russian).

3 Fedorenko V.F. et al. Tekhnologicheskiye protsessy i oborudovaniye, primenyayemyye pri proizvodstve produktov pitaniya [Technological processes and equipment used in the food production]. Moscow, Rosinformagrotekh, 2016. 192 p. (in Russian).

4 Nemenuschaya L.A., Stepanischeva N.M., Solomatin D.M. Sovremennyye tekhnologii khraneniya i pererabotki plodoovoshchnoy produktsii [Modern technologies of storage and processing of fruits and vegetables]. Moscow, Rosinformagrotekh, 2009. 170 p. (in Russian).

5 Samylina V.A., Samylina I.B. Secondary raw materials in functional products. *Sovershenstvovaniye tekhnologiy proizvodstva produktov pitaniya v svete gosudarstvennoy programmy razvitiya sel'skogo khozyaystva na 2008–2012 gg* [Improvement of food production technologies in the light of the state program of agricultural development for 2008–2012: materials of the International Scientific and Practical Conference]. 2008. pp. 110–113. (in Russian).

6 Shobinger U. Fruktovyye i ovoshchnyye soki: nauchnyye osnovy i tekhnologii [Fruit and vegetable juices: scientific basis and technology]. St. Petersburg, Professiya, 2004. 640 p. (in Russian).

7 Mujica-Paz H. et al. Impregnation properties of some fruits at vacuum pressure. Journal of Food Engineering. 2003. vol. 56. no. 4. pp. 307–314.

8 Shyu Y.-S., Li T.-C., Lin C.-C. Functional analysis of unfermented and fermented citrus peels and physical properties of citrus peel-added doughs for bread making. Journal of Food Science Technology. 2014. vol. 51 (12). pp. 3803–3811. doi: 10.1007/s13197-013-0938-6

9 Roberts J.S., Gentry T.S., Bates A.W. Utilization of dried apple pomace as a press aid to improve the quality of strawberry, raspberry, and blueberry juices. Journal of Food Science. 2004. vol. 69. no. 6. pp. S181–S190.

10 Schieber A., Hilt P., Carlea R. A new process for the combined recovery of pectin and phenolic compounds from apple pomace. Innov. Food Sci. and Emerging Technol. 2003. vol. 4. no. 1. pp. 99–107.

11 Gruzdeva V.V., Igoshin A.N. Some aspects of food consumption in the region. *Vestnik NGIEI* [Herald NGIEI]. 2017. no. 9 (76). pp. 110–118. (in Russian).

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Olga V. Perfilova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, food technology and commodity department, Michurinsk State Agrarian University, Internationalnaya st., 101, Michurinsk, 393760, Russia, Perfolgav@mail.ru

Gazibeg O. Magomedov Dr. Sci. (Engin.), professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, mmg@inbox.ru

CONTRIBUTION

Olga V. Perfilova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Gazibeg O. Magomedov consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 12.26.2018

ACCEPTED 2.11.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 628.16.08

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-1-77-81

Исследование диффузионной проницаемости белков через ультрафильтрационные мембраны

Сергей И. Лазарев [1] geometry@mail.nnn.tstu.ru
Дмитрий А. Родионов [1] dimok-407@mail.ru
Константин К. Полянский [2] kaf-kit@vfreu.ru
Владимир Ю. Богомолов [1] Eco@nnn.tstu.ru

[1] Тамбовский государственный технический университет, ул. Мичуринская, 112, Тамбов, Россия
[2] Воронежский филиал Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова, ул. Карла Маркса, 67А, г. Воронеж, 394030, Россия

Аннотация. В работе были исследована, диффузионная проницаемость, молочных компонентов через ультрафильтрационные полимерные мембраны вида УПМ-100, УАМ-150 и УПМ-К. Описаны конструкции диффузионных установок. Первая установка работает с применением трубчатого мембранного модуля, вторая установка имеет вид плоскокамерной ячейки. Предпочтения для проведения экспериментальных исследований отдано плоскокамерной ячейке. Исследования проведены при изменении концентрации и температуры раствора. Отмечено, что с повышением концентрации диффузионная проницаемость снижается, а с повышением температуры раствора проницаемость увеличивается. Снижение диффузионной проницаемости обусловлено формированием пограничных диффузионных слоев, снижающих перенос вещества через пограничные и активные слои мембраны. Увеличение диффузионной проницаемости вызвано ростом подвижности ионов и молекул вещества с повышением температуры раствора, что приводит к частичному разрушению пограничных диффузионных слоев у поверхности мембраны. Для теоретического расчета коэффициента диффузионной проницаемости разработаны математические выражения и получены численные значения величин эмпирических коэффициентов. Разработанные математические выражения с хорошей достоверностью описывают экспериментальные данные по диффузионной проницаемости. Полученные экспериментальные и расчетные данные можно с большой достоверностью применять в расчетах массопереносных потоков веществ через полупроницаемые мембраны, а также в инженерных методиках расчета и прогнозирования эффективности применения мембранных процессов для разделения, очистки и концентрирования промышленных и технологических растворов. По результатам экспериментов и расчетных данных были построены кривые, которые наглядно показывают влияние концентрации на диффузионную проницаемость для всех типов исследуемых ультрафильтрационных полимерных мембран.

Ключевые слова: коэффициент диффузионной проницаемости, ультрафильтрация, мембрана, пограничный слой

Research of a diffusion transmittivity of proteins through ultrafiltrational membranes

Sergey I. Lazarev [1] geometry@mail.nnn.tstu.ru
Dmitrii A. Rodionov [1] dimok-407@mail.ru
Konstantin K. Polyanskiy [2] kaf-kit@vfreu.ru
Vladimir Yu. Bogomolov [1] Eco@nnn.tstu.ru

[1] Tambov State Technical University, Michurinskaya str., 112, Tambov, Russia
[2] Voronezh branch of the Russian economic university named after G.V. Plekhanova, Karl Marx str., 67A, Voronezh, 394030, Russia

Abstract. In work were investigated processes of a transmittivity, dairy components through ultrafiltrational polymeric membranes of a type of UPM-100, UAM-150 and UPM-K. Two types of installation a diffusion transmittivity were described. The first installation with use of the roll-type membranous module, the second installation has an appearance of a flat-chamber cell. Preferences for carrying out the pilot studies it is given to a flat-chamber cell. Researches are conducted at change of concentration and temperature of solution. It is noted that with strengthening the diffusion transmittivity decreases, and with solution temperature increase the transmittivity increases. Decrease in a diffusion transmittivity is caused by formation of the boundary diffusion layers reducing transfer of substance through boundary and fissile layers of a membrane. Increase in a diffusion transmittivity is caused by body height of ionic mobility and molecules of substance with solution temperature increase that leads to partial destruction of boundary diffusion layers at a membrane surface. Mathematical expressions are developed for theoretical calculation of coefficient of a diffusion transmittivity and numerical values of sizes of empirical coefficients are received. The developed mathematical expressions with good reliability describe the experimental data's on a diffusion transmittivity. The obtained experimental and calculation data can be applied with big reliability in calculations of streams of substances through the semipermeable membranes and also in engineering calculation procedures and predictions of effectiveness of application of membranous processes to division, cleanings and concentratings of industrial and technological solutions. By results of experiments and design data's curves which demonstrate influence of concentration on a diffusion transmittivity for all types of the studied ultrafiltrational polymeric membranes were constructed.

Keywords: coefficient of a diffusion transmittivity, ultrafiltration, membrane, boundary layer

Для цитирования

Лазарев С.И., Родионов Д.А., Полянский К.К., Богомолов В.Ю. Исследование диффузионной проницаемости белков через ультрафильтрационные мембраны // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 81. № 1. С. 77–81. doi:10.20914/2310-1202-2018-1-77-81

For citation

Lazarev S.I., Rodionov D.A., Polyanskiy K.K., Bogomolov V.Yu. Research of a diffusion transmittivity of proteins through ultrafiltrational membranes. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 81. no. 1. pp. 77–81. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-1-77-81

Введение

Исследование зависимости различных параметров процесса мембранного концентрирования вторичного молочного сырья от концентрации и температуры раствора проводили с применением модельных растворов [1–3]. Использовались растворы с диапазонами концентраций белков 9–32 кг/м^3.

Применяли различные методики исследования диффузионных свойств мембран, например, трубчатые и плоскокамерные [4–6]. Один из перспективных видов исследования диффузионной проницаемости мембран – экспериментальная установка трубчатого вида (рисунок 1).

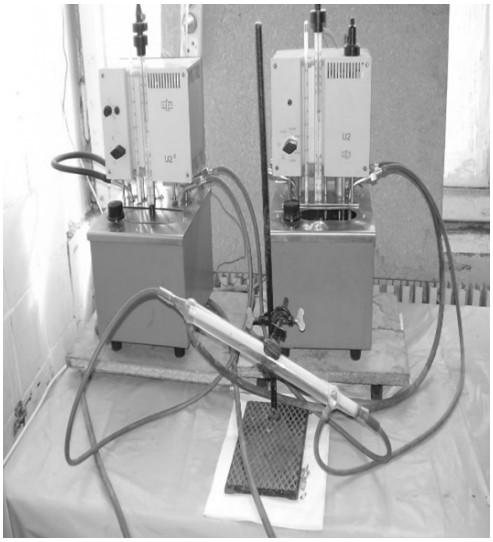


Рисунок 1. Экспериментальная установка для изучения диффузионной проницаемости

Figure 1. Experimental installation for studying of a diffusion transmittivity

Экспериментальная установка состоит из трубчатого мембранного модуля (рисунок 2) и термостатируемых емкостей для исходных растворов и дистиллированной воды. Для движения жидкостей термостатированные емкости оборудованы насосами, а для повышения и поддержания нужной температуры применяются температурные устройства, позволяющие регулировать температуру в камере ячейки. Для контроля за температурой в межтрубном пространстве используются датчики термосопротивления *4* с выходными параметрами на автоматический прибор – потенциометр *5*. Модуль (рисунок 2) состоит из цилиндрического стеклянного корпуса *1* со штуцерами для разделяемого раствора и дистиллированной воды, пористых трубок *2*, на которые с наружной поверхности нанесены ультрафильтрационные мембраны *3*, поддерживаемые перфорированными решетками *4*, служащие одновременно как уплотнители [1–2].

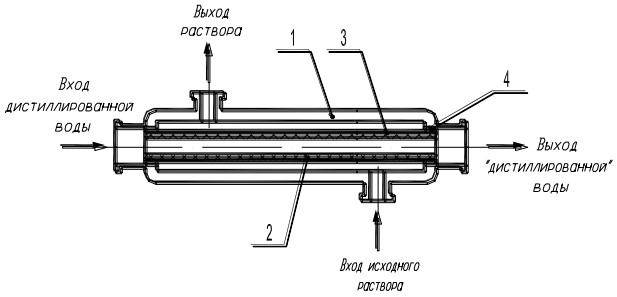


Рисунок 2. Мембранный модуль трубчатого типа для изучения диффузионной проницаемости

Figure 2. The membranous module of tubular type for studying of a diffusion transmittivity

Для изучения диффузионного потока через мембраны применялась экспериментальная установка плоскокамерного типа (рисунки 3, 4). Камеры плоскокамерной диффузионной установки (рисунок 3) I и II изготовлены из оргстекла с суммарным рабочим объемом 0.62×10^{-3} м^3. В камерах ячейки вмонтированы измерительные капилляры *9* и *11*. Исследуемые растворы подаются в ячейку из емкостей для исходных растворов *2* и *4* и далее следуют в емкости для отработанных растворов *3* и *5* [1]. Рабочие камеры ячейки разделены решеткой *10*, изготовленной из оргстекла, на которой располагается мембрана *1* с рабочей площадью 267×10^{-6} м^2. С помощью термостата *12*, термопар *7* и потенциометра *8* контролируется и поддерживается заданный температурный режим в ячейке. Посредством магнитных мешалок *6* проводится перемешивание растворов в камерах ячейки [1].

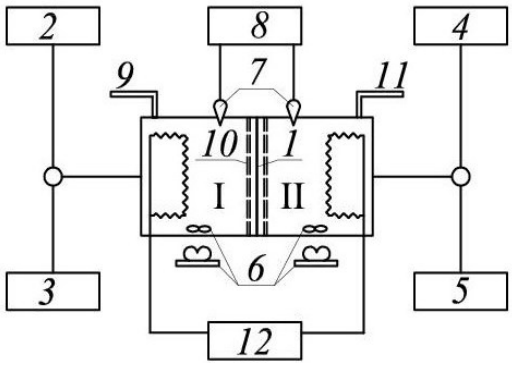


Рисунок 3. Принципиальная схема установки для исследования диффузии молочных компонентов через ультрафильтрационные мембраны: *1* – полупроницаемая мембрана; *2* и *4* – емкости исследуемых растворов; *3* и *5* – емкости отработанных растворов; *6* – магнитные мешалки; *7* – термопары; *8* – потенциометр; *9* и *11* – измерительные капилляры; *10* – решетка; *12* – термостат

Figure 3. The schematic diagram of installation for the study of the diffusion of dairy components through ultrafiltration membranes: *1* – semipermeable membrane; *2* and *4* – capacities of the studied solutions; *3* and *5* – capacities of the studied solutions; *6* – magnetic stirrers; *7* – thermocouples; *8* – potentiometer; *9* and *11* – measuring capillaries; *10* – lattice; *12* – thermostat

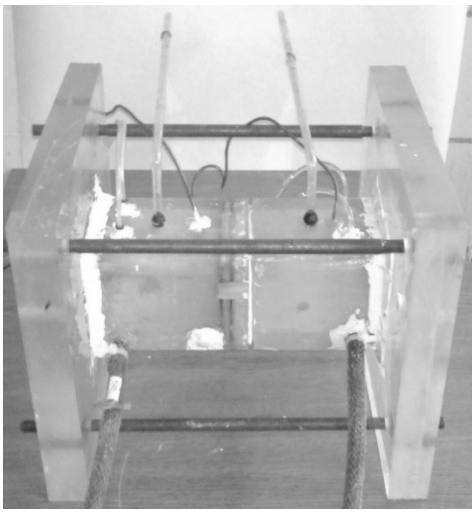


Рисунок 4. Лабораторная установка для исследования диффузионного проницаемости

Figure 4. Laboratory installation for a research diffusion transmittivities

Исследование процесса диффузии на плоскокамерной установке (рисунок 4) осуществлялось по следующей методике. Для предварительной подготовки полупроницаемой мембраны к исследованиям ее обжимали в дистиллированной воде на мембранной установке при давлении 0,1 МПа в течение 4 ч. Обжатые мембрана укладывали на решетке между камерами I и II диффузионной ячейки для исследования проницаемости мембран. Установка работала по следующему принципу. В камеру I подавали концентрированный раствор, в камеру II – дистиллированную воду. Растворы в камерах выдерживали в течение 11–13 ч для того, чтобы установились постоянные диффузионные потоки. После чего растворы сливали, камеры ячейки промывали дистиллированной водой и далее вновь заполняли водой. Отбор проб осуществляли из емкостей отработанных растворов, после чего камеры дополняют из емкостей исходных растворов.

В течение 3–6 ч растворы перемешивали в камерах с использованием магнитных мешалок, при этом растворенное вещество переходило посредством диффузии через мембрану в направлении противоположном направлению осмотического переноса. Количество продиффундированного вещества определяли с помощью отбора проб после слива растворов в емкости по концентрации ХПК [8]. Расчет коэффициента диффузионной проницаемости осуществляли по формуле

$$P_d = \frac{C_2 \cdot V_2 \cdot \delta}{(C_1 - C_2) \cdot F_m \cdot \tau},$$

где P_d – коэффициент диффузионной проницаемости; $C_{1,2}$ – концентрации растворенного вещества в камерах экспериментальной ячейки, разделенных мембраной, кг/м^3; δ – толщина мембраны после набухания, м; F_m – рабочая площадь поверхности мембраны, м^2; τ – время проведения эксперимента, с; V_2 – объем растворителя во второй камере, м^3

На рисунках 5–7 представлены кинетические зависимости коэффициента диффузионной проницаемости от концентрации молочных компонентов для ультрафильтрационных мембран УАМ-150, УПМ-100 и УПМ-К.

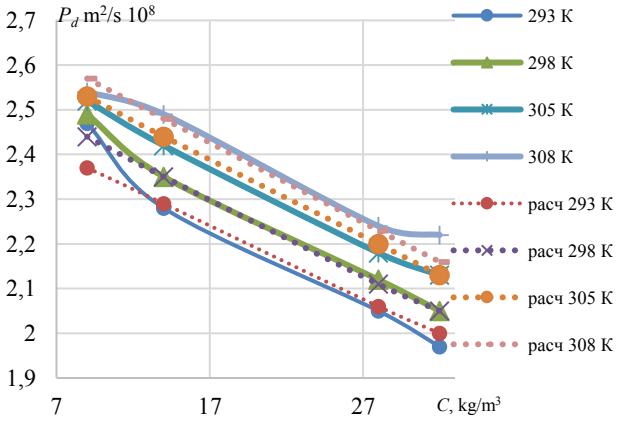


Рисунок 5. Зависимость коэффициента диффузионной проницаемости (P_d (м^2·с)) белка от концентрации раствора (C, кг/м^3) для ультрафильтрационной мембраны УАМ-150

Figure 5. Dependence of coefficient of a diffusion transmittivity (P_d (m^2·s)) of protein on solution strength (C, kg/m^3) for the ultrafiltration membrane UAM-150

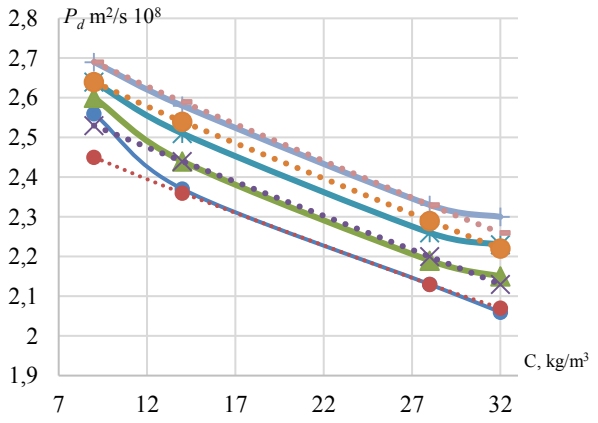


Рисунок 6. Зависимость коэффициента диффузионной проницаемости (P_d (м^2·с)) белка от концентрации раствора (C, кг/м^3) для ультрафильтрационной мембраны УПМ-100

Figure 6. Dependence of coefficient of a diffusion transmittivity (P_d (m^2·s)) of protein on solution strength (C, kg/m^3) for the ultrafiltration membrane UPM-100

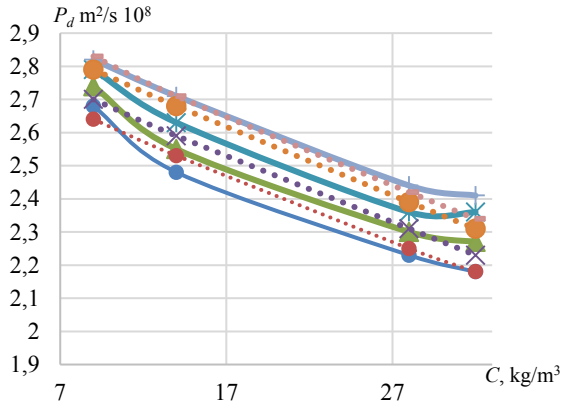


Рисунок 7. Зависимость коэффициента диффузионной проницаемости (P_d (м^2·с)) белка от концентрации раствора (C, кг/м^3) для ультрафильтрационной мембраны УПМ-К

Figure 7. Dependence of coefficient of a diffusion transmittivity (P_d (m^2 s)) of protein on solution strength (C, kg / m^3) for an ultrafiltrational membrane of UPM-K

Из приведенных зависимостей на рисунке 5–7 видно, что наибольшей диффузионной проницаемостью из исследуемых образцов обладает мембрана УПМ-К, что хорошо соотносится с результатами экспериментального определения сорбционных характеристик мембран. Наблюдаемую при этом высокую проницаемость можно выгодно использовать для деминерализации белкового концентрата [1].

Коэффициент диффузионной проницаемости P_d (м^2/с) определяли по формуле

$$P_d = A \cdot \exp(B \cdot C) \cdot \left(\frac{T}{T_0}\right)^m .$$

Полученные с применением эмпирических коэффициентов из таблицы 1 значения диффузионных характеристик процесса попадают в доверительный интервал 90%.

Таблица 1.

Значения эмпирических коэффициентов для уравнения

Table 1.

The values of the empirical coefficients for equation

Мембрана Membrane	Вторичное молочное сырье Secondary raw milk		
	A×1012	B	m
УАМ-150 UAM–150	2.54115	-0,00754	1.61834
УПМ-100 UPM–100	2.62355	-0,00746	1.81356
УПМ-К UPM-K	2.54115	-0,00754	1.61834

Полученные экспериментальные значения диффузионного потока говорят о том, что ультрафильтрационные мембраны УАМ-150, УПМ-100, УПМ-К целесообразно применять в процессах ультрафильтрационной переработки вторичного молочного сырья и получения белковых концентратов.

Заключение

Работа посвящена влиянию концентрации и температуры на диффузионную проницаемость ультрафильтрационных процессов разделения вторичного молочного сырья. Проведены исследования на двух различных типах мембранных установок трубчатого и плоскокамерного типа. Получены экспериментальные данные коэффициента диффузионной проницаемости. На основании анализа установлено, что при повышении концентрации уменьшается коэффициент диффузионной проницаемости. На ультрафильтрационной мембране УАМ-150 коэффициент диффузионной проницаемости ниже, чем на ультрафильтрационных мембранах УПМ-К и УПМ-100.

ЛИТЕРАТУРА

1 Дытнерский Ю.И. Баромембранные процессы. Теория и расчет. М.: Химия. 1986. 272 с.

2 Лазарев С.И., Ковалева О.А., Шестаков К.В., Полянский К.К. Особенности ультрафильтрационной очистки промышленных растворов крахмало-паточного производства // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 45–50.

3 Лазарев С.И., Головашин В.Л., Полянский К.К., Мальцева О.Ю. Исследование коэффициента задержания в процессе обратноос-мотического разделения биологических растворов биохимических производств // Вестник ВГУИТ. 2015. № 2. С. 204–209.

4 Naudy S., Collette F., Thominette F., Gebel G. et al. Influence of hygrothermal aging on the gas and water transport properties of Nafion membranes // Journal of Membrane Science. 2014. V. 451. P. 293–304.

5 Zavastin D., Cretescu I. Bezdadea M. et al. Preparation, characterization and applicability of cellulose acetate–polyurethane blend membrane in separation techniques // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2010. V. 370. № 1–3. P. 120–128.

6 Kamal H., Abd-Elrahim F.M., Lotfy S. Characterization and some properties of cellulose acetate-co-polyethylene oxide blends prepared by the use of gamma irradiation // Journal of Radiation Research and Applied Sciences. 2014. V. 7. № 2. P. 146–153. doi: 10.1016/j.jrras.2014.01.003

7 Богомолов В.Ю. Разработка и научное обоснование процесса ультрафильтрационного концентрирования и деминерализации подсырной сыворотки. Тамбов: ТГТУ, 2015. 191 с.

8 Матейко Н.В. Анализ сточных вод молочной отрасли // Сборник материалов 73-й студенческой научно-технической конференции; под общ. ред. Басалай И.А. Минск: БНТУ, 2017. С. 155–160.

9 Arthanareeswaran G., Thanikaivelan P., Srinivasn K., Mohan D. et al. Synthesis, characterization and thermal studies on cellulose acetate membranes with additive // European Polymer Journal. 2004. V. 40. № 9. P. 2153–2159.

10 Храмцов А.Г., Нестеренко П.Г. Технология продуктов из молочной сыворотки. М.: ДеЛи принт, 2004. 587 с.

REFERENCES

1. Dytnerskij Yu.I. Baromembrannyye protsessy. Teoriya i raschet [Baromembranes processes. Theory and calculation. Moscow, Himiya, 1986. 272 p. (in Russian).

2. Lazarev S.I., Kovaleva O.A., Snestakov K.V., Polyanskiy K.K. Features of ultrafiltration cleaning of industrial solutions of starch and syrup production. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 45–50. (in Russian).

3. Lazarev S.I., Golovashin V.L., Polyanskiy K.K., Mal'ceva O.Yu. Investigation of the retention rate in the process of reverse osmosis separation of biological solutions of biochemical plants. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2015. no. 2. pp. 204–209. (in Russian).

4. Naudy S., Collette F., Thominette F., Gebel G. et al. Influence of hygrothermal aging on the gas and water transport properties of Nafion membranes. Journal of Membrane Science. 2014. vol. 451. pp. 293–304.

5. Zavastin D., Cretescu I. Bezdadea M. et al. Preparation, characterization and applicability of cellulose acetate–polyurethane blend membrane in separation techniques. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2010. vol. 370. no. 1–3. pp. 120–128.

6. Kamal H., Abd-Elrahim F.M., Lotfy S. Characterization and some properties of cellulose acetate-co-polyethylene oxide blends prepared by the use of gamma irradiation. Journal of Radiation Research and Applied Sciences. 2014. vol. 7. no. 2. pp. 146–153. doi: 10.1016/j.jrras.2014.01.003

7. Bogomolov V.Yu. Razrabotka i nauchnoye obosnovaniye protsessa ul'trafil'tratsionnogo kontsentrirovaniya i demineralizatsii podsyrnoy syvorotki [Development and scientific substantiation of the process of ultrafiltration concentration and demineralization of cheese whey]. Tambov, TGTU, 2015. 191 p. (in Russian).

8. Mateyko N.V. Analysis of wastewater of the dairy industry. Sbornik materialov 73-y studencheskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii [Proceedings of the 73rd Student Scientific and Technical Conference]. Minsk, BNTU, 2017. pp. 155–160. (in Russian).

9. Arthanareeswaran G., Thanikaivelan P., Srinivasn K., Mohan D. et al. Synthesis, characterization and thermal studies on cellulose acetate membranes with additive. European Polymer Journal. 2004. vol. 40. no. 9. pp. 2153–2159.

10. Khramtsov A.G., Nesterenko P.G. Tekhnologiya produktov iz molochnoy syvorotki [Technology of whey products]. Moscow, DeLi print, 2004. 587 p. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Сергей И. Лазарев д.т.н., профессор, кафедра прикладной геометрии и компьютерной графики, Тамбовский государственный технический университет, ул. Мичуринская, 112, Тамбов, Россия, geometry@mail.nnn.tstu.ru

Дмитрий А. Родионов аспирант, кафедра прикладной геометрии и компьютерной графики, Тамбовский государственный технический университет, ул. Мичуринская, 112, Тамбов, Россия, dimok-407@mail.ru

Константин К. Полянский д.т.н., профессор, кафедра коммерции и товароведения, Воронежский филиал Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова, ул. Карла Маркса, 67А, г. Воронеж, 394030, Россия, kaf-kit@vfreu.ru

Владимир Ю. Богомолов к.т.н., доцент, кафедра природопользования и защиты окружающей среды, Тамбовский государственный технический университет, ул. Мичуринская, 112, Тамбов, Россия, Eco@nnn.tstu.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 22.11.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 30.01.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Sergey I. Lazarev Dr. Sci. (Engin.), professor, applied geometry and computer graphics department, Tambov State Technical University, Michurinskaya str., 112, Tambov, Russia, geometry@mail.nnn.tstu.ru

Dmitrii A. Rodionov graduate student, applied geometry and computer graphics department, Tambov State Technical University, Michurinskaya str., 112, Tambov, Russia, dimok-407@mail.ru

Konstantin K. Polyanskiy Dr. Sci. (Engin.), professor, commerce and merchandizings department, Voronezh branch of the Russian economic university named after G.V. Plekhanova, Karl Marx str., 67A, Voronezh, 394030, Russia, kaf-kit@vfreu.ru

Vladimir Yu. Bogomolov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, nature management and environmental protection department, Tambov State Technical University, Michurinskaya str., 112, Tambov, Russia, Eco@nnn.tstu.ru

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 11.22.2018

ACCEPTED 1.30.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 66.061

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-82-87

Математическое моделирование процесса центробежного промывания осадка паром (на примере сахарного производства)

Анатолий А. Славянский [1] anatoliy4455@yandex.ru
Евгений В. Семенов [1] sem-post@mail.ru
Андрей А. Алексеев [1] mgutu-sahar@mail.ru
Сергей Т. Антипов [2] ast@vsuet.ru

[1] Московский государственный университет технолий и управления им. К.Г. Разумовского, ул. Талалихина, 31,, г. Москва, 109004, Россия
[2] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Известно, что в процессе кристаллообразования в вакуум-аппарате продуктового отделения сахарного завода кристаллический белый сахар покрывается пленкой из таких влияющих на качественные показатели товарного сахара субстанций как несахара и красящие вещества. Поэтому на сахарном заводе одной из важных операций технологического потока получения сахара-песка высоких товарных кондиций является его промывание. При этом, реализуя процесса промывания, используют воду в двух фазовых состояниях – жидкостном или парообразном. Поскольку с экономической точки зрения данная процедура является достаточно затратной, то в производственных условиях с целью снижения трудовых и материальных затрат, прибегают к различным способам удешевляющих технику и технологию проведения процесса промывания сахара-песка. Причем, хотя на производстве чаще используется вода, по мнению специалистов, процесс промывания образующегося в результате центрифугирования утфеля слоя кристаллического белого сахара экономически целесообразно проводить используя не воду, а водяной пар. Так, в частности, при промывании сахара-песка паром, за счет выделяемой при конденсации теплоты примерно половина пленки на кристаллах испытывает скачкообразный нагрев в несколько десятков градусов по Цельсию, что снижает вязкость пленки и облегчает ее отделение в виде оттека. Однако следует отметить и явно недостаточную проработку, с целью прогнозирования протекания процесса промывания паром, как жидкости небольшой плотности, сахара-песка теоретической базы по его расчету. Поэтому в работе, анализируя количественно процесс промывания потоком пара уплотненного слоя пористой среды в виде сахара-песка, используется положение гидродинамики пористой среды, когда течение парообразной жидкости сквозь этот слой имитируется потоком жидкости в изолированной капиллярной трубке. Что позволило при расчете эффективности процесса промывания паром слоя сахара-песка осуществить основанный на математическом аппарате теории конвективной диффузии соответствующий численный эксперимент и предложить его для инженерного расчета данного процесса.

Ключевые слова: сахар-песок, центробежное промывание, пар, фильтрация, диффузия

Mathematical modelling of the process of rinsing centrifugal draught ferry (on the example of sugar production)

Anatolij A. Slavjanskij [1] anatoliy4455@yandex.ru
Evgeniy V. Semenoc [1] sem-post@mail.ru
Andrej A. Alekseev [1] mgutu-sahar@mail.ru
Sergey T. Antipov [2] ast@vsuet.ru

[1] Moscow state University of technology and management. K. G. Razumovsky, st. Talalikhina, 31, Moscow, 109004, Russia
[2] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. It is known that in the process of crystal formation in vacuum apparatus grocery sugar factory Office crystalline white sugar covered by a film of such qualitative indicators affecting commodity sugar substances as liming and coloring substances. So at a sugar factory, one of the important operations process flow for obtaining sugar high product standards is it washing. At the same time, in implementing this process, use water in two phase conditions-a liquid or vapor. Because from an economic point of view, this procedure is quite expensive, in production environments to reduce labor and material costs, are resorting to various ways to less expensive equipment and process technology washing of granulated sugar. Moreover, although it is more often used in the production of water, according to experts, the process of washing by centrifuging massecuite layer of crystalline white sugar economically feasible to conduct, using no water, and water vapor. In particular, if you rinse the sugar vapor due to condensation heat allocated about half of a film on experiencing enormous heating in several tens of degrees Celsius, which reduces the viscosity and facilitate its films Office in the form of liquid. However, it should be noted and clearly insufficient elaboration, with the purpose of forecasting of the washing of the ferry, as low density liquids, sugar-sand theoretical base for its convenience. Therefore, in the work, analyzing process flow a couple of washings quantitatively the compacted layer of porous systems as granulated sugar, use a porous system hydrodynamics position when for a vaporous fluid through a layer of granulated sugar simulate fluid flow in an isolated capillary tube. That allowed when calculating the effectiveness of steam wash a layer of granulated sugar to implement based on the mathematical apparatus of the theory of convection diffusion corresponding numerical experiment and offer it for engineering calculation of the process.

Keywords: sugar, centrifugal washing, steam, filtration, diffusion

Для цитирования

Славянский А.А., Семенов Е.В., Алексеев А.А., Антипов С.Т. Математическое моделирование процесса центробежного промывания осадка паром (на примере сахарного производства) // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 82–87. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-82-87

For citation

Slavyanskij A.A., Semenov E.V., Alekseev A.A., Antipov S.T. Mathematical modelling of the process of rinsing centrifugal draught ferry (on the example of sugar production). *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 82–87. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-82-87

Введение

В настоящее время, как и в прошлом, производственники и ученые проявляют интерес к процессу промывания белого сахара паром. Что обусловлено преимуществом данного способа обработки перед способом промывания слоя кристаллов белого сахара водой, в частности, в отношении расхода воды, потерь от растворения сахара в воде и др. [1].

Хотя вопрос о промывании сахара паром поднимался в технической литературе, особенности механизма данного явления изучены еще недостаточно [2]. В то же время процесс промывания сахара-песка паром, подаваемым в рабочий объем ротора центрифуги под избыточным давлением, представляет собой известный практический и теоретический интерес. Поэтому провели исследование влияния данного кинетического фактора на эффективность промывания водяным паром кристаллов сахара. Причем, анализируя данное явление, приняли во внимание, что с позиций положений гидродинамики, водяной пар относят к жидкостным средам, и поэтому кинетика процесса промывания паром может быть исследована в рамках положений этой физической теории.

Постановка задачи

Имея в виду, что в химической технологии процесс промывания кристаллов сахарозы рассматривается как процесс, обратный кристаллизации, кинетику растворения исследовали аналогично анализу кинетики их роста. При этом в основу анализа положим ряд допущений, несильно искажающих протекание реального физического явления. Так, предположим, что процесс промывания сахара-песка является стационарным и изотермическим, паровой агент представляет собой вязкую несжимаемую жидкость невысокой плотности, кинетика растворения кристаллов сахарозы в данном агенте обусловливается диффузионным отводом растворенного вещества от поверхности кристалла в паровой поток. В свою очередь, учитывая, что слой из осевших в результате центрифугирования на стенке ротора кристаллов сахара упакован достаточно плотно, характер течения жидкости в поровом пространстве между кристаллами принимаем капиллярным и одномерным [3].

При этом, как часто поступают при количественном анализе аналогичных диффузионных задач, исследование явления парового промывания сахара как процесса конвективного переноса целевой субстанции (молекул сахарозы) от кристалла сахарозы в паровой поток будем проводить по двум этапам. Сначала исследуем кинетику парового потока, а затем – диффузионный перенос целевой субстанции в данный поток.

Решение задачи

Анализ кинетика парового потока. Предварительно, аналогично тому, как поступают в некоторых исследованиях [3], для того чтобы упростить количественный анализ процесса молекулярного переноса сахарозы от кристалла к жидкости, поровый объем (просветность) слоя сахара-песка заменяем, с сохранением значения порозности, совокупностью цилиндрических трубок (условно, капилляров) длиной h и приведенным радиусом r_0.

Для выбранной таким образом геометрической модели пористого пространства введем обозначения: d – диаметр частицы сахарозы, B – поверхностная порозность среды ($B < 1$), численно равная отношению объема заполняемых жидкостью пор к объему среды [4].

Поскольку объемная и поверхностная порозности рабочего объема количественно совпадают [4], то исходя из определения пористости, приближенно, может быть записано соотношение

$$\pi r_0^2 / B = \pi d^2/[4\,(1 - B)], \qquad (1)$$

откуда вытекает зависимость

$$r_0 = 0{,}5\; d[B/(1 - B)]^{1/2}, \qquad (2)$$

где, по умолчанию, $r_0 = r_0\,(d, B)$.

Таким образом проблема расчета поля концентрации сахарозы в жидкостном потоке сводится к количественному анализу объекта исследования – концентрации продукта – внутри изолированного капилляра. В рамках поставленной задачи предполагаем, что отношение толщины слоя кристаллов сахарозы ($R - R_c$), где R_c, R – радиус поверхности осадка и ротора центрифуги к радиусу ротора центрифуги является небольшой величиной, т. е. $(R - R_c)/R$ – невелико, и поэтому условие $d << h$ выполняется, $h = R - R_c$.

При расчете скорости фильтрации v жидкости (агента, парообразной среды), в пренебрежении проницаемости фильтрующей основы, пользуемся приближенной формулой [4–5]

$$v = \kappa\Delta P / (\mu R),$$

где

$$\kappa = B^3 d^2 / [36(1 - B)^2 k], \qquad (3)$$

где κ – постоянная Дарси; B – пористость слоя сахара; d – условный диаметр кристалла сахарозы, выбираемого в виде частицы сферической формы; ΔP – перепад давления; μ – коэффициент динамической вязкости пара; параметр $k \approx 5$ [5].

Применительно к рассматриваемому типу капиллярного течения в условиях центробежной обработки продукта под избыточным давлением вследствие (2) скорость фильтрации v находим по зависимости

$$v = \kappa \left[\frac{0,5\rho\omega^2 \left(R^2 - R_c^2 \right)}{\ln(R / R_c) + \Delta P_1} \right] / (\mu R), \qquad (4)$$

где κ вычисляют по (3); ρ – плотность водяного пара; ω – угловая скорость ротора центрифуги; ΔP_1 – давление пара [1, 6].

Расчет процесса молекулярного переноса сахарозы в паровой поток. Если полагать, что кинетика процесса растворения сахарозы в паровом потоке обусловлена диффузионным осесимметричным массопереносом данного продукта, то в качестве основного дифференциального уравнения, описывающего это явление, выбираем уравнение стационарной конвективной диффузии в связанной с капилляром цилиндрической системе координат [7]:

$$\frac{\partial(cu)}{\partial z} = D\left(\frac{\partial^2 c}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial c}{\partial r} \right), \qquad (5)$$

где r, z – соответственно, радиальная и осевая координата ($R_c \le z < R$); c – объемная концентрация сахарозы в паровом потоке; $u = v / B$ – осевая скорость движения жидкости в капилляре; v – скорость фильтрации (расходная скорость); B – порозность слоя сахара-песка.

Если с небольшой погрешностью скорость u жидкости полагать постоянной по величине, то тогда уравнение (5) в упрощенном виде принимает форму

$$\frac{\partial c}{\partial z} = \alpha\left(\frac{\partial^2 c}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial c}{\partial r} \right), \qquad (6)$$

где

$$\alpha = D/u, \qquad (7)$$

где α – удельное значение коэффициента диффузии в долях, вычисляемой в соответствии с (4) осевой скорости u жидкости.

Граничное условие на входе в канал (капилляр) по значению концентрации сахарозы в паровом потоке

$$c\ (r,\ z) = c_0 \text{ при } 0 \le r \le r_0,\ z = R_c, \qquad (8)$$

где полагаем $c_0 = 0$.

Условие симметричности распределения концентрации по радиусу канала

$$\partial c / \partial r = 0 \text{ при } r = 0,\ R_c < z \le R. \qquad (9)$$

Граничное условие по значению концентрации сахарозы в паровом агенте на стенке капилляра

$$c\ (r,\ z) = c_н \text{ при } r = r_0,\ \xi_0 < z \le R, \qquad (10)$$

где $c_н$ – объемная концентрация насыщенного раствора (СВ).

Согласно (6)–(10) в рамках принятой в теории теплопередачи терминологии [8] имеем задачу с граничными условиями первого рода для дифференциального уравнения (3).

С точки зрения количественного анализа теплового режима в стационарном потоке жидкости внутри капилляра рассматриваемая задача формально эквивалентна (при условии, что диаметр $d_к$ капилляра много меньше толщины h слоя сахара-песка) задаче о зависимости температуры от времени при неустановившемся режиме в неограниченном цилиндре. Причем в (6)–(10) роль времени протекания процесса теплопередачи играет осевая координата z.

Отсюда можем заключить, что решение задачи о неустановившемся режиме переноса теплоты в неограниченном цилиндре может быть адаптировано на краевую задачу (6)–(10) о распределении объемной концентрации сахарозы в конвективном потоке жидкости в капилляре и поэтому записано в виде зависимости [8]

$$c(r,z) = \frac{\Delta 2c_1 \sum_{i=1}^{n} J_0\left(\nu_i r / r_0\right) \exp[-\nu_i^2 Fo^*(z)]}{\nu_i J_1(\nu_i)}, \qquad (11)$$

где $J_0(\nu)$, $J_1(\nu)$ – соответственно, функция Бесселя первого рода вещественного аргумента нулевого и первого порядка; ν_i – положительные корни уравнения $J_0(\nu) = 0$, $i = 1,2..n$;

$$\mathrm{Fo}^*(z) = \alpha z / r_0^2 \qquad (12)$$

модифицированный критерий Фурье, α определяется по (7), r_0 – по (1).

Ниже обозначим $\mathrm{Fo}(z) = \mathrm{Fo}^*(z)$.

Имея в виду, что передача сахарозы развивается от стенки капилляра к жидкости, согласно (11) и первому законом Фика поток концентрации q через стенку канала составляет [8]

$$q = D\frac{\partial c}{\partial r_0} = -\frac{2c_1 D}{r_0}\sum_{i=1}^{n} \exp[-\nu_i^2 \mathrm{Fo}(z)]. \qquad (13)$$

В свою очередь, значение данного кинетического фактора через элементарный кольцевой зазор на стенке капилляра определяется как

$$dQ = (2\pi r_0 \mathrm{d}z)\cdot q, \qquad (14)$$

где q рассчитывается по (13).

Поэтому расход (объем сахарозы, отводимой в единицу времени со стенки капилляра) с учетом (14) составит

$$Q = 2\pi r_0 \int_{R_c}^{R} q\,dz = 4\pi c_1 u r_0^2 \times$$
$$\times \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{\nu_i^2} \{\exp[-\nu_i^2 \mathrm{Fo}(R)] - \exp[-\nu_i^2 \mathrm{Fo}(R_c)]\}. \qquad (15)$$

Поскольку процесс промывания развивается в стационарном режиме, то масса Q_1 сахарозы, отводимой из сахара-песка в одном капилляре вместе с паровым агентом за период времени τ вычисляется по зависимости

$$Q_1 = Q\rho_2\tau, \qquad (16)$$

где Q вычисляется согласно (15); ρ_2 – плотность сахарозы.

Количество N моделирующих поровый зазор слоя (просветность в слое сахара-песка), очевидно, составляет

$$N = 4B(R^2 - R_c^2)H/(d^2h), \qquad (17)$$

где B – порозность; R и R_c – соответственно, радиус ротора и внутренний радиус осадка: H – высота ротора; d и h – соответственно, диаметр и длина капилляра.

В таком случае масса сахарозы, отводимой из сахара-песка в роторе центрифуги вместе с паровым агентом за период времени τ, вычисляется по формуле

$$M = Q_1 N, \qquad (18)$$

где Q_1 определяется по (16); N – по (17).

Численный эксперимент

В качестве значений параметров процесса, характерных для центрифуги типа ФПН-1251 Л, принимали: ω = 150 рад/с; радиус ротора R = 0,625 м, высота ротора H = 1 м; радиус внутреннего слоя сахара-песка R_c = 0,525 м.

Объектом исследования выбирался паровой агент плотностью ρ_1 = 0,95 кг/м^3 с коэффициентом динамической вязкости $\mu = 12\cdot10^{-6}$ м^2/с и коэффициентом диффузии для системы «пар-сахар» $D = 15\cdot10^{-10}$ м^2/с, а также сахарный песок первой кристаллизации плотностью ρ_2 = 1560 кг/м^3 и размером кристаллов d = 0,8 мм.

Избыточное давление парового агента варьировали в области значений $\Delta P_1 \in [2..4\cdot10^5$ Па], порозность слоя сахара-песка принимали как B = 0,35; 0,45.

В соответствии с параметрами процесса B = 0,35 и $z = R$ = 0,625 м входящие в выражение числа Фурье коэффициенты приняли значения: $\alpha = 3{,}4\cdot10^{-11}$м; $r_0 = 2{,}04\cdot10^{-4}$ м и поэтому согласно (12) Fo = $2{,}46\cdot10^{-4}$.

Как видно, полученное значение числа Фурье незначительно по величине. Как показано расчетом, это приводит к медленной сходимости рядов (14), (16), что корреспондирует с аналогичной ситуацией и в теории теплопроводности [9–13].

Поэтому приходится пользоваться асимптотическим представлением решения (16), справедливым для малых значений числа Фурье [8].

А именно, будем приближенно полагать

$$c = \sqrt{r_0 / r}\cdot erfc(\xi), \qquad (19)$$

где

$$erfc(\xi) = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_{\xi}^{\infty}\exp(-\xi^2)d\xi, \qquad (20)$$

$$\xi(r, z) = (1 - r/r_0) / [2\mathrm{Fo}(z)^{1/2}]). \qquad (21)$$

Причем, в соответствии с (21) $\xi(r_0, z) = 0$, и так как Fo(z) достаточно велико, то $\xi(0, z) = [2\mathrm{Fo}(z)^{1/2}]^{-1} \approx \infty$. В результате чего при расчетах пользуемся несобственным интегралом в форме (20).

В свою очередь, согласно (19)–(21)

$$\frac{\partial c}{\partial r} = \sqrt{r_0}\left[\begin{array}{l} -\frac{1}{2}r^{-3/2}erfc(\xi) + \\ +\frac{1}{\sqrt{r}}\frac{\partial[erfc(\xi)]}{\partial\xi}\frac{\partial\xi}{\partial r}\end{array}\right], \qquad (22)$$

где

$$\frac{\partial[erfc(\xi)]}{\partial\xi} = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\frac{\partial}{\partial\xi}\int_{\xi}^{\infty}\exp(-\xi^2)d\xi = \frac{-2}{\sqrt{\pi}}\exp(-\xi^2); \qquad (23)$$

$$\frac{\partial\xi}{\partial r} = -\frac{1}{2r_0\sqrt{\mathrm{Fo}}},$$

и поэтому

$$\frac{\partial[erfc(\xi)]}{\partial\xi}\cdot\frac{\partial\xi}{\partial r} = \frac{\exp(-\xi^2)}{r_0\sqrt{\mathrm{Fo}}\cdot\sqrt{\pi}}.$$

В результате чего на базе (22), (23) получим

$$\frac{\partial c}{\partial r} = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\sqrt{\frac{r_0}{r}}\left[\frac{\exp(-\xi^2)}{r_0\sqrt{\mathrm{Fo}}} - \frac{1}{r}\int_{\xi}^{\infty}\exp(-\xi^2)d\xi\right]. \qquad (24)$$

Подставляя в (24) значения $r = r_0$, $\xi = 0$ и учитывая зависимость (12), будем иметь

$$\left.\frac{\partial c}{\partial r}\right|_{r=r_0} = \frac{1}{r_0\sqrt{\pi}}\left[\frac{1}{\sqrt{\mathrm{Fo}}} - \int_0^{\infty}\exp(-\xi^2)d\xi\right] = \frac{1}{\sqrt{\pi\cdot\alpha\cdot z}} - \frac{1}{2r_0}, \qquad (25)$$

так как

$$\int_0^{\infty}\exp(-\xi^2)d\xi = \frac{\sqrt{\pi}}{2}.$$

В таком случае, подставляя (25) в (13), находим

$$q = D\frac{\partial c}{\partial r_0} = D\cdot\left(\frac{1}{\sqrt{\pi\cdot\alpha\cdot z}} - \frac{1}{2r_0}\right). \qquad (26)$$

В результате, исходя из (13), (26) будем иметь

$$Q = 2\pi r_0\int_{R_c}^{R} qdz = \pi D\left[\begin{array}{l}(R - R_c) - \\ -\frac{4(\sqrt{R} - \sqrt{R_c})\mathrm{r}_0}{\sqrt{\pi\alpha}}\end{array}\right]. \qquad (27)$$

Таким образом, расчетным аппаратом служили зависимости (16)–(18), где в качестве объема Q сахарозы, отводимой в единицу времени со стенки капилляра, использовалась формула (27).

В области варьирования реальных значений параметров процесса центробежной обработки паром слоя сахара-песка на базе зависимостей (16)–(18), (27) был реализован количественный анализ данного процесса.

Выводы

1. Для обоснования структуры пористого слоя, имитирующего промываемой паром слой сахара-песка на стенке ротора фильтрующей центрифуги, используется модель из системы капиллярных ориентированных по радиусу ротора каналов приведенным радиусом и длиной.

2. На базе концепции молекулярного массопереноса формулируется и количественно анализируется диффузионная краевая задача по кинетике целевого продукта в капиллярном канале.

3. Полученные результаты могут быть использованы при обосновании режимных параметров процесса промывания паром кристаллических осадков на центрифугальном оборудовании в вопросе повышения товарного качества целевого продукта.

ЛИТЕРАТУРА

1 Сапронов А.Р. Технология сахарного производства: изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Пищевая промышленность, 1999. 496 с.

2 Даишев М.И. Пробеливание сахара паром // Сахар. 1993. № 2. С. 14–16.

3 Кот Ю.Д. Математические зависимости процесса центрифугирования утфелей. М.: Пищевая промышленность, 1964. С. 227–237.

4 Полубаринова-Кочина П.Я. Теория движения грунтовых вод. М.: Наука, 1977. 664 с.

5 Хаппель Д., Бреннер Г. Гидродинамика при малых числах Рейнольдса: пер. с англ. М.: Мир, 1976. 630 с.

6 Соколов В.И. Центрифугирование. М.: Химия, 1986. 408 с.

7 Будак Б.М., Самарский А.А., Тихонов А.Н. Сборник задач по математической физике. М.: ГИТТЛ, 1956. 684 с.

8 Лыков А.В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967. 600 с.

9 Mao Y., Li J., Li S., Chang S. et al. The mass transfer of sugar in sweet sorghum stalks for solid-state fermentation process // Fuel. 2015. № 144. P. 90–95.

10 Zhu Z., Mhemdi H., Zhang W., Ding L. et al. Rotating disk-assisted cross-flow ultrafiltration of sugar beet juice // Food and bioprocess technology. 2016. V. 9. № 3. P. 493–500.

11 Zhou H., Li P., Liu J., Chen Z. et al. Biomimetic polymeric semiconductor based hybrid nanosystems for artificial photosynthesis towards solar fuels generation via CO2 reduction // Nano Energy. 2016. № 25. P. 128–135.

12 Wang C., Jiang T., Zhao K., Deng A. et al. A novel electrochemiluminescent immunoassay for diclofenac using conductive polymer functionalized graphene oxide as labels and gold nanorods as signal enhancers // Talanta. 2019. № 193. P. 184–191.

13 Knight S., Plant H., McWilliams L., Murray D. et al. Enabling 1536-well high-throughput cell-based screening through the application of novel centrifugal plate washing // SLAS Discovery. 2017. V. 22 (6). P. 732-742. doi: 10.1177/2472555216683650

REFERENCES

1 Sapronov A.R. Tekhnologiya sakharnogo proizvodstva [Technology of sugar production]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost',1999. 496 p. (in Russian).

2 Daishev M.I. Steaming sugar sugar. *Sakhar* [Sugar]. 1993. no. 2. pp. 14–16. (in Russian).

3 Kot Yu.D. Matematicheskiye zavisimosti protsessa tsentrifugirovaniya utfeley [Mathematical dependences of the process of centrifuging of fill fillings]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost', 1964. pp. 227–237. (in Russian).

4 Polubarinova-Kochina P.Ya. Teoriya dvizheniya gruntovykh vod [Theory of groundwater movement]. Moscow, Nauka, 1977. 664 p. (in Russian).

5 Happel D., Brenner G. Gidrodinamika pri malykh chislakh Reynol'dsa [Hydrodynamics at low Reynolds numbers]. Moscow, Mir, 1976. 630 p. (in Russian).

6 Sokolov V.I. Tsentrifugirovaniye [Centrifugation]. Moscow, Khimiya, 1986. 408 p. (in Russian).

7 Budak B.M., Samara A.A., Tikhonov A.N. Sbornik zadach po matematicheskoy fizike [Collection of problems in mathematical physics]. Moscow, State publishing house of technical and theoretical literature, 1956. 684 p. (in Russian).

8 Lykov A.V. Teoriya teploprovodnosti [Theory of heat conduction]. Moscow, Vysshaya shkola, 1967. 600 p. (in Russian).

9 Mao Y., Li J., Li S., Chang S. et al. The mass transfer of sugar in sweet sorghum stalks for solid-state fermentation process. Fuel. 2015. no. 144. pp. 90–95.

10 Zhu Z., Mhemdi H., Zhang W., Ding L. et al. Rotating disk-assisted cross-flow ultrafiltration of sugar beet juice. Food and bioprocess technology. 2016. vol. 9. no. 3. pp. 493–500.

11 Zhou H., Li P., Liu J., Chen Z. et al. Biomimetic polymeric semiconductor based hybrid nanosystems for artificial photosynthesis towards solar fuels generation via CO2 reduction. Nano Energy. 2016. no. 25. pp. 128–135.

12 Wang C., Jiang T., Zhao K., Deng A. et al. A novel electrochemiluminescent immunoassay for diclofenac using conductive polymer functionalized graphene oxide as labels and gold nanorods as signal enhancers. Talanta. 2019. no. 193. pp. 184–191.

13 Knight S., Plant H., McWilliams L., Murray D. et al. Enabling 1536-well high-throughput cell-based screening through the application of novel centrifugal plate washing. SLAS Discovery. 2017. vol. 22 (6). pp. 732-742. doi: 10.1177/2472555216683650

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Анатолий А. Славянский д.т.н., профессор, кафедра технологии продуктов из растительного сырья и парфюмерно-косметических изделий, Мега-факультет технологии пищевых продуктов и технологического менеджмента (институт), Московский государственный университет технолий и управления им. К.Г. Разумовского, ул. Николоямская 31, каб. 1, г. Москва, 109004, Россия, anatoliy4455@yandex.ru

Евгений В. Семенов д.т.н., профессор, кафедра технологии продуктов из растительного сырья и парфюмерно-косметических изделий, Московский государственный университет технолий и управления им. К.Г. Разумовского, ул. Талалихина, 31, г. Москва, 109004, Россия, sem-post@mail.ru

Андрей А. Алексеев к.э.н., инженер, кафедра технологии продуктов из растительного сырья и парфюмерно-косметических изделий, Московский государственный университет технолий и управления им. К.Г. Разумовского, ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, mgutu-sahar@mail.ru

Сергей Т. Антипов д.т.н., профессор, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ast@vsuet.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Anatolij A. Slavjanskij Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of products from vegetable raw materials and perfumery and cosmetic products department, Mega-Faculty of Food Technology and Technology Management (Institute), Moscow state University of technology and management. K.G. Razumovsky, st. Nikoloyamskaya 31, room. 1, Moscow, 109004, Russia, anatoliy4455@yandex.ru

Evgeniy V. Semenoc Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of products from vegetable raw materials and perfumery and cosmetic products department , Moscow state University of technology and management. K.G. Razumovsky, st. Talalikhina, 31, Moscow, 109004, Russia, sem-post@mail.ru

Andrej A. Alekseev Cand. Sci. (Econ.), engineer, technology of products from vegetable raw materials and perfumery and cosmetic products department, Moscow state University of technology and management. K.G. Razumovsky, Zemlyanoy Val str., 73, Moscow, 109004, Russia, mgutu-sahar@mail.ru

Sergey T. Antipov Dr. Sci. (Engin.), professor, machines and apparatus of food production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ast@vsuet.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Анатолий А. Славянский предложил научную концепцию работы, корректировал рукопись статьи.
Евгений В. Семенов провел обоснование физико-математической модели процесса, несет ответственность за плагиат.
Андрей А. Алексеев провел числовые расчеты.
Сергей Т. Антипов консультировал проводимые исследования.

CONTRIBUTION

Anatolij A. Slavjanskij proposed a scientific concept of work, adjusted the manuscript of the article
Evgeniy V. Semenoc held justification for physical and mathematical model of the process responsible for the plagiarism.
Andrej A. Alekseev spent crunching.
Sergey T. Antipov advised studies.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

ПОСТУПИЛА 10.01.2019
ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.02.2019

RECEIVED 1.10.2019
ACCEPTED 2.18.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 664.346

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-88-93

Обоснование и промышленная реализация обработки оборудования острым паром при производстве майонеза

Эльвира И. Рахимова [1] elvira.r07@mail.ru
Александр С. Сироткин [1] asirotkin66@gmail.com
Эльвина Э. Саитова [1] elvinalalalala@mail.ru

[1] Казанский национальный исследовательский университет, ул. Карла Маркса, 68, г. Казань, 420015, Россия

Аннотация. Источником микробной контаминации среды в производстве майонеза может быть сырье, в результате чего наблюдается потеря питательной ценности и порча продукта. Мойка и дезинфекция технологического оборудования являются главными процессами для производства качественного в санитарном плане майонеза. Некачественное мытье и обеззараживание поверхностей технологического оборудования содействуют росту и развитию микроорганизмов, которые могут группироваться в колонии и формировать биопленки. В связи с данным фактом, оценивалась эффективность внедрения дополнительной обработки технологического оборудования острым паром при температуре 110 °С и давлении 0,7 атм в течение 15 минут к общепринятой 3-х стадийной схеме мойки в производстве майонеза и показатели его безопасности в процессе его хранения. В качестве микробиологических показателей майонеза было проанализировано количество дрожжей и плесеней, бактерии группы кишечной палочки, бактерии рода *Salmonella* и ненормируемые действующим регламентом молочнокислые микроорганизмы, рост и развитие которых способствуют росту кислотности, характеризуя порчу продукта, определяемая органолептически. На основании полученных экспериментальных данных установлено, что внедрение дополнительного этапа стерилизации оборудования острым паром способствует полному уничтожению микроорганизмов, в том числе вегетативных и споровых формы бактерий, в готовом продукте.

Ключевые слова: мойка, острый пар, майонез, молочнокислые бактерии, кислотность

Study and implementation of industrial processing equipment steaming in the production of mayonnaise

Elvira I. Rakhimova [1] elvira.r07@mail.ru
Alexzander S. Sirotkin [1] asirotkin66@gmail.com
Elvina E. Saitova [1] elvinalalalala@mail.ru

[1] Kazan national research technological university, Karl Marx str., 68, Kazan, 420015, Russia

Abstract. The source of microbial contamination of the environment in the production of mayonnaise can be raw materials, resulting in a loss of nutritional value and spoilage of the product. Washing and disinfection of technological equipment are the main processes for the production of high-quality sanitary mayonnaise. Poor quality washing and disinfection of the surfaces of technological equipment contribute to the growth and development of microorganisms that can be grouped into colonies and form biofilms. In connection with this fact, the efficiency of the introduction of additional processing equipment with hot steam at a temperature of 110 °C and a pressure of 0.7 ATM for 15 minutes to the generally accepted 3-stage scheme of washing in the production of mayonnaise and its safety indicators in the process of its storage was estimated. As microbiological indicators of mayonnaise, the number of yeast and mold, coliform bacteria, *Salmonella* bacteria and non-regulated lactic acid microorganisms, the growth and development of which contribute to the growth of acidity, characterizing the spoilage of the product, determined organoleptically, were analyzed. Based on the experimental data obtained, it was found that the introduction of an additional stage of sterilization of equipment with acute steam contributes to the complete destruction of microorganisms, including vegetative and spore forms of bacteria, in the finished product.

Keywords: washing, hot steam, mayonnaise, lactic acid bacteria, acidity

Введение

Главной задачей производителей в пищевой промышленности является обеспечение безопасности и качества выпускаемой продукции на фоне усиления конкуренции на рынке.

Метаболизм ингредиентов майонезного соуса, или майонеза, является нежелательным процессом и характеризуется микробиологической порчей. На скорость и результат этого процесса влияют качество сырьевых ингредиентов, соблюдение технологии производства и условий хранения, санитарное состояние на производстве.

Для регулирования микробиологических процессов порчи продукта необходимо знать закономерности развития и гибели микроорганизмов, методы их определения и количественной оценки. В масложировой промышленности при производстве майонезов весьма распространенным является провокационное (ускоренное) тестирование стабильности свойств и срока годности продукта.

Следует отметить, что согласно Техническому регламенту Таможенного союза ТР ТС 024/2011 «майонез представляет собой тонкодисперсный однородный эмульсионный продукт

Для цитирования

Рахимова Э.И., Сироткин А.С., Саитова Э.Э. Обоснование и промышленная реализация обработки оборудования острым паром при производстве майонеза // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 88–93. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-88-93

For citation

Rakhimova E.I., Sirotkin A.S., Saitova E.E. Study and implementation of industrial processing equipment steaming in the production of mayonnaise. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 88–93. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-88-93

с содержанием жира не менее 50%, изготавливаемый из рафинированных дезодорированных растительных масел, воды, яичных продуктов в количестве не менее 1,0% в пересчете на яичный желток (сухой), с добавлением или без добавления продуктов переработки молока, пищевых добавок и других ингредиентов».

Известно, что технология производства майонеза не подразумевает использование промышленно полезных микроорганизмов. Тем не менее, в этом продукте может развиваться контаминирующая микрофлора, привнесенная в продукт вместе с сырьевыми компонентами для производства майонеза, а также с поверхности оборудования. Попадая извне, микроорганизмы вызывают различные виды порчи продукта [1].

К микробиологическим видам порчи майонеза относят [2]:

- газообразование, вызываемое молочнокислым брожением, которое способствует росту кислотности готового продукта;
- бомбаж, возникающий вследствие развития дрожжей и бактерий рода *Clostridium*, сбраживающих сахара, пектиновые вещества с образованием масляной кислоты, углекислого газа и водорода;
- горький вкус возникает вследствие разложения белка гнилостными бактериями.

Оценивая сырьевые ингредиенты, входящие в рецептурный состав майонеза, с точки зрения возможного развития микробиологических процессов, необходимо выделить бактериальную устойчивость подсолнечного масла. Таким образом, источниками контаминации продукта являются компоненты, составляющие водно-молочную фазу майонеза, а также санитарно-гигиенические условия производства [2].

Известно [3], что поваренная соль обладает вкусовыми свойствами и консервирующим действием, снижая активность воды, ухудшая тем самым условия существования микроорганизмов.

Сахар поражается определенными видами микроорганизмов на этапе технологического процесса получения. Высокие температуры, щелочность, концентрация среды способствуют снижению количества первичной микрофлоры, но не препятствуют сохранению термофильных споровых бактерий. В сахаре обнаруживаются различные микроорганизмы, такие, как осмофильные дрожжи и плесени, а также бактерии рода *Bacillus, Clostridium, Leuconostoc* [4].

Сухие яичные продукты (желток, порошок) преимущественно являются источником спорообразующих и кокковых форм бактерий [5, 6].

В сухом молоке, используемом в рецептуре некоторых наименований майонеза, сохраняются все виды споровых микроорганизмов, термоустойчивые неспоровые виды микрококков, стрептококков, некоторые молочнокислые бактерии, споры плесневых грибов, которые обусловливают его бактериальную обсемененность [7].

Уксусная кислота является основным компонентом, выполняющим роль консерванта, при добавлении которой активная кислотность майонеза снижается с pH = 6,7–6,9 до pH = 3,8–4,4, что приводит к замедлению роста и гибели нежелательных микроорганизмов.

С целью обеспечения санитарной безопасности на предприятиях масложировой промышленности и исключения микробной обсемененности разработаны профессиональные моющие средства для мойки оборудования, а также специализированные дезинфицирующие препараты, препятствующие развитию контаминирующей микрофлоры на протяжении всего технологического процесса до упаковки готового продукта. Эти препараты содержат компоненты, благодаря которым моющие растворы эффективно работают в воде любой жесткости, обладают большой эмульгирующей и грязеуносящей способностью. При этом их можно многократно использовать (CIP-мойка), достигается хорошая смачиваемость поверхности оборудования, что приводит к полному удалению загрязнений органического и минерального происхождения. Дезинфицирующие растворы даже при малых концентрациях и низких температурах обладают универсальным спектром действия [8].

Общепринятая схема мойки и санитарная обработка технологического оборудования при производстве майонеза состоит: из 1-го этапа – щелочной мойки (удаление органических соединений); 2-го этапа – кислотной мойки (растворение и удаление минеральных отложений и органических остатков); 3-го этапа – дезинфекции.

Однако известно, что в присутствии загрязнений органического происхождения дезинфицирующая активность рабочих растворов снижается. Некачественное мытье и обеззараживание поверхностей технологического оборудования содействуют росту и развитию микроорганизмов, которые могут группироваться в колонии и формировать биопленки. Поэтому легче предотвратить образование индивидуальных микроорганизмов, чем вести борьбу с биопленками [8].

Цель работы – оценка эффективности влияния дополнительной обработки острым паром на санитарное состояние оборудования при производстве майонеза и показатели безопасности в процессе его хранения.

Материалы и методы

В ходе исследований к общепринятой схеме мойки и санитарной обработки технологического оборудования дополнительно был включен этап стерилизации технологического оборудования и трубопроводов в собранном виде острым паром при температуре 110 °С и давлении 0,7 атм в течение 15 мин.

Для исследования использовались образцы экспериментальных партий майонеза 67%-ной жирностью по рецептуре, приведенной в таблице 1.

Таблица 1.

Рецептурный состав майонеза

Table 1.

Prescription composition of mayonnaise

Наименование ингредиентов | The name of the ingredients	Массовая доля ингредиентов, % Mass fraction of ingredients, %
Масло подсолнечное рафинированное дезодорированное Refined deodorized sunflower oil	67,00
Сахар | Sugar	2,20
Соль | Salt	1,1
Яичный желток сухой | Egg yolk dry	1,4
Регулятор кислотности: уксусная кислота 80%-ная Acidity regulator: 80% acetic acid	0,26
Консервант: сорбат калия | Preservative: potassium sorbate	0,05
Стабилизатор: ксантановая камедь | Stabilizer: xanthan gum	0,03
Ароматизатор натуральный «Горчица» | Natural flavoring "Mustard»	0,03
Вода | Water	27,93
Итого | Subtotal	100,00

Технология производства майонеза включает следующие стадии:

1. приготовление и пастеризация сахаро-солевого раствора путем нагрева острым/ глухим паром с выдержкой в течение 2–5 мин при температуре 85 °С;
2. охлаждение полученного раствора до температуры 40–45 °С;
3. получение смеси яичного желтка, стабилизатора – ксантановой камеди, красителя бета-каротина, ароматизатора «Горчица» с её диспергированием в подсолнечном масле;
4. смешение полученной смеси предварительно диспергированных в масле ингредиентов с сахаро-солевым раствором в течение 3–5 мин;
5. подача рецептурного количества масла со скоростью 40–45 кг/мин;
6. внесение раствора уксусной кислоты;
7. гомогенизация полученной эмульсии в течение 90–120 с.

Методика проведения микробиологических анализов состояла в следующем:

- определение БГКП по ГОСТ 31747–2012 (бродильная проба: посев на среде Кесслера и посев на агаре Эндо);
- количественный анализ дрожжей и плесеней по ГОСТ 10444.12–2013 чашечным методом на среде Сабуро;
- выявление молочнокислых микроорганизмов с помощью посевов на среду MRS по ГОСТ 10444.11–2013, несмотря на то, что действующими требованиями их значение не регламентируется.

В процессе исследований определяли кислотность образцов майонеза путем титрования раствором гидроокиси калия или гидроокиси натрия в присутствии индикатора фенолфталеина до появления слабо-розовой окраски, не исчезающей в течение 1 мин.

Результаты и обсуждение

Отбор образцов майонеза со стадии фасовки продукции проводился ежедневно в течение 6 дней. Образцы были расфасованы в дой-пак. Хранились в термостате при температуре 30 ± 2 °С в течение 9 сут с целью провоцирования микробиологических изменений, так как указанный температурный режим является наиболее благоприятным для развития микроорганизмов и позволит сделать прогноз микробиологической стабильности майонеза.

Необходимо отметить, что во всех исследованных образцах отсутствовали БГКП и бактерий рода *Salmonella* (согласно ТР ТС 021 не допускаются и в сырье, и в готовом продукте), что положительно характеризует технологический процесс производства экспериментальных партий майонеза. Обеззараживание продукта в производственных условиях идет с помощью пастеризации при температуре 85 °С.

Согласно ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию» безопасность майонеза, определяемая микробиологическими показателями, представлена в таблице 2.

Таблица 2.

Нормированные микробиологические показатели для оценки качества майонеза

Table 2.

Normalized microbiological indicators to assess the quality of mayonnaise

Группа продуктов Product group	Масса продукта (г), в которой не допускается Product weight (g) not allowed		Дрожжи, КОЕ**/г, не более Yeast, CFU **/g, not more	Плесени, КОЕ/г, не более Mold, CFU/g, not more
	БГКП* (колиформы) CGB* (coliforms)	Патогенные микроорганизмы, в т. ч. *Salmonella* Pathogenic microorganisms, including *Salmonella*		
Майонез Mayonnaise	0,1	25,0	5×10^2	50

* БГКП – бактерии группы кишечных палочек; ** КОЕ – число колониеобразующих единиц (* BGKP – bacteria of the group of intestinal sticks; ** CFU – number of colony forming units)

В процессе исследования образцов, полученных путем обработки оборудования острым паром, и без обработки паром не было отмечено развития плесневых грибов и дрожжей. Значения числа КОЕ не превышали 10 и соответствовали норме. Это объясняется тем, что консервант – сорбат калия, в первую очередь, проявляет фунгистатическое действие, подавляя развитие дрожжей и плесневых грибов, включая токсинобразующие, благодаря способности ингибировать их дегидрогеназы. Необходимо отметить, что сорбат калия не подавляет рост молочнокислой флоры [10] (таблица 3).

Таблица 3.

Результаты определения молочнокислых бактерий в образцах майонеза при температуре хранения 30±2 °С в течение 9 сут

Table 3.

Results of determination of lactic acid bacteria in mayonnaise samples at a storage temperature of 30±2 °C for 9 days

Время отбора образцов после мойки, сут Sampling time after washing, day	Продолжительность термостатирования, сут The duration of incubation, days				
	1	3	5	7	9
Число КОЕ/г для образцов без обработки острым паром The number of CFU/g for samples without treatment steaming					
1	≤10	≤10	≤10	≤10	≤10
2	≤10	≤10	≤10	≤10	≤10
3	≤10	$5\cdot10^1$	$3\cdot10^2$	$1\cdot10^3$	$2\cdot10^3$
4	≤10	$8\cdot10^1$	$4\cdot10^2$	$5\cdot10^4$	$1\cdot10^5$
5	≤10	$3\cdot10^3$	$5\cdot10^4$	$1\cdot10^7$	Сплошной рост Continuous growth
6	≤10	$2\cdot10^4$	$1\cdot10^7$	Сплошной рост Continuous growth	
Число КОЕ/г для образцов с обработкой острым паром The number of CFU/g for samples with a steaming					
1–4	≤10	≤10	≤10	≤10	≤10
5	≤10	≤10	≤10	≤10	≤10
6	≤10	$4\cdot10^1$	$3\cdot10^2$	$8\cdot10^2$	$2\cdot10^3$

Данные таблицы 3 свидетельствуют о том, что в исследуемых образцах майонеза, произведенных с включением в процесс мойки этапа обработки острым паром, в процессе хранения рост молочнокислых бактерий наблюдается лишь в образцах, выработанных на 6-е сут после обработки оборудования острым паром.

Изменения микробиологической картины исследуемых образцов майонеза, выработанных без включения этапа обработки острым паром в процесс мойки, наблюдались для молочнокислых бактерий на 3-и сут термостатирования. Их развитие способствовало повышению кислотности продукта (таблица 4), что характеризует порчу продукта, определяемую также органолептически.

Таблица 4.

Результаты показателя кислотность в пересчете на уксусную кислоту в майонезе при температуре хранения образцов 30±2 °С в течение 9 сут

Table 4.

The results of acidity in terms of acetic acid in mayonnaise at a storage temperature of 30±2 °C for 9 days

Время отбора образцов после мойки, сут Sampling time after washing, day	Продолжительность термостатирования, сут The duration of incubation, days				
	1	3	5	7	9
Кислотность,%, для образцов без обработки острым паром Acidity,%, for samples without acute steam treatment					
1	0,23	0,23	0,24	0,24	0,23
2	0,23	0,24	0,23	0,23	0,23
3	0,23	0,25	0,27	0,28	0,28
4	0,24	0,25	0,26	0,29	0,32
5	0,23	0,32	0,35	0,38	0,44
6	0,25	0,33	0,37	0,42	0,50
Кислотность,%, для образцов с обработкой острым паром Acidity,%, for specimens with steaming					
1–4	0,23	0,23	0,23	0,24	0,23
5	0,23	0,24	0,22	0,23	0,24
6	0,24	0,25	0,27	0,27	0,29

Из таблицы 4 видно, что в образцах майонеза, выработанных с включением этапа обработки острым паром во время мойки, в процессе хранения наблюдается повышение показателя кислотности на 6-е сут от начала проведения мойки.

Важно отметить, что показатель кислотности майонеза в пересчете на уксусную кислоту не должен превышать 1,0% согласно ГОСТ 31761–2012 «Майонезы и соусы майонезные». Однако кислотность традиционных видов майонеза на практике обычно не превышает уровне 0,3%. В то же время повышение кислотности майонеза может способствовать консервированию продукта с замедлением роста и отмиранием спорообразующих бактерий в случае контаминации [9–11].

Применение прогностических тестов выявления микробиологической порчи состоит в изучении кинетики роста микроорганизмов в благоприятных условиях и возможности оценки микробиологической стабильности майонеза. Как было показано выше, применение острого пара для обработки оборудования в процессе комплексной мойки при соблюдении режимов хранения образцов, рекомендованных производителем и утвержденными нормативным документами, а именно от 0 до +18 °С, обеспечивает повышение микробиологической стабильности майонеза и обусловливает замедление изменений физико-химических и органолептических показателей в процессе хранения.

Заключение

Выявлено, что этап стерилизации технологического оборудования и трубопроводов в собранном виде острым паром способствует увеличению срока хранения майонеза и майонезных соусов в процессе его производства за счет того, что острый пар полностью уничтожает микроорганизмы, в том числе вегетативные и споровые формы бактерий, внутри оборудования. На основании полученных результатов рекомендовано проведение комплексной мойки оборудования с включением дополнительной обработки острым паром с периодичностью 1 раз в 5 сут.

ЛИТЕРАТУРА

1 Степанова Г.С., Каримова А.З. Микробиологический контроль майонезного производства // Управление ассортиментом, качеством и конкурентоспособностью в глобальной экономике: материалы межрегиональной конференции. Чебоксары, 2015. С. 100–101.

2 Канищева Н.Ю., Телятникова Н.В. Порча пищевых продуктов: виды, причины и способы предотвращения // Молодежь и наука. 2017. № 3. С. 2–6.

3 Сарафанова Л.А. Пищевые добавки. Энциклопедия. СПб: Профессия, 2012. 776 с.

4 Кульнева Н.Г., Шматова А.И., Манько Ю.И. Микрофлора свеклосахарного производства: проблемы и пути решения // Вестник ВГУИТ. 2014. № 1. С. 193–196.

5 Syromyatnikov M.Y., Kiryanova S.V., Popov V.N. Development and validation of a TaqMan RT-PCR method for identification of mayonnaise spoilage yeast *Pichia kudriavzevii* // AMB Express. 2018. V. 8. № 1. P. 1–9. doi: 10.1186/s13568-018-0716-y

6 Techer C., Baron F., Jan S. Microbial spoilage of eggs and egg products // Птица и птицепродукты. Яичный мир. 2014. № 2 (20). С. 74–77

7 Калинина Л.В. Общая технология молока и молочных продуктов. М.: ДеЛи плюс, 2012. 240 с.

8 Тамима А. CIP-мойка на пищевых производствах. СПб: Профессия, 2009. 288 с.

9 Тарасова Л.И., Носовицкая Ф.П., Тагиева Т.Г., Завадская И.М. и др. К вопросам о качестве майонезной продукции // Пищевая промышленность. 2017. № 10. С. 50–53.

10 Рахимова Э.И., Сироткин А.С. Влияние молочнокислых бактерий на микробиологическую сохранность майонеза // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20. № 23. С. 118–120.

11 Giacintucci V., Di Mattia C., Sacchetti G., Neri L. et al. Role of olive oil phenolics in physical properties and stability of mayonnaise-like emulsions // Food chemistry. 2016. V. 213. P. 369–377.

REFERENCES

1 Stepanova G.S., Karimova A.Z. Microbiological control of the production of mayonnaise. Upravlenie assortimentom, kachestvom i concurentosposobnostiu v global'noi economice [Management of assortment, quality and competitiveness in the global economy: materials of the interregional conference]. Cheboksary, 2015. pp. 100–101. (in Russian).

2 Kanicheva N.Yu., Teliatnikova N.V. Food spoilage: types, causes and methods of prevention. *Molodeg' i nauka* [Youth and science]. 2017. no. 3. pp. 2–6. (in Russian).

3 Sarafanova L.A. Pischevie dobavki. Enciclopedija [Food additive. Encyclopedia]. Saint-Petersburg, Profession, 2012. 776 p. (in Russian).

4 Kulneva N.G., Shmatova A.I., Man'ko Yu.I. Microflora of beet sugar production: problems and solutions. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2014. no. 1. pp.193–196. (in Russian).

5 Syromyatnikov M.Y., Kiryanova S.V., Popov V.N. Development and validation of a TaqMan RT-PCR method for identification of mayonnaise spoilage yeast Pichia kudriavzevii. AMB Express. 2018. vol. 8. no. 1. pp. 1–9. doi: 10.1186/s13568-018-0716-y

6 Techer C., Baron F., Jan S. Microbial spoilage of eggs and egg products. *Ptitsa I ptitseproducti. Jaichnyi mir* [Poultry and Chiken products. Egg world]. 2014. no. 2 (20). pp. 74–77. (in Russian).

7 Kalinina L.V. Obchaya technologiya moloka I molochnikh productov [General technology of milk and dairy products]. Moscow, DeLi plus, 2012. 240 p. (in Russian).

8 Tamima A. CIP-moika na pischevikh proizvodstvakh [CIP-cleaning in a food production]. Saint-Petersburg, Profession, 2009. 288 p. (in Russian).

9 Tarasova L.I., Nosovitskaya F.P., Tagieva T.G., Zavadskaya I.M. et al. To questions about the quality of mayonnaise products. *Pistchevaua promishlennost'* [Food processing industry]. 2017. no.10. pp.50–53. (in Russian).

10 Rakhimova E.I., Sirotkin A.S. The influence of lactic acid bacteria on the microbiological safety of mayonnaise. *Vestnik tekchnologicheskogo universiteta* [Herald of technological university]. 2017. vol. 20. no. 23. pp. 118–120. (in Russian).

11 Giacintucci V., Di Mattia C., Sacchetti G., Neri L. et al. Role of olive oil phenolics in physical properties and stability of mayonnaise-like emulsions. Food chemistry. 2016. vol. 213. pp. 369–377.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Эльвира И. Рахимова аспирант, кафедра промышленной биотехнологии, Казанский национальный исследовательский университет, ул. Карла Маркса, 68, г. Казань, 420015, Россия, elvira.r07@mail.ru

Александр С. Сироткин д.т.н., профессор, декан факультета пищевых технологий, зав. кафедрой «Промышленная биотехнология», Казанский национальный исследовательский университет, ул. Карла Маркса, 68, г. Казань, 420015, Россия, asirotkin66@gmail.com

Эльвина Э. Саитова магистр, кафедра промышленной биотехнологии, Казанский национальный исследовательский университет, ул.Карла Маркса, 68, г. Казань, 420015, Россия, elvinalalalala@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Эльвира И. Рахимова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

Александр С. Сироткин консультация в ходе исследования

Эльвина Э. Саитова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 19.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Elvira I. Rakhimova graduate student, industrial biotechnology department, Kazan national research technological university, Karl Marx str., 68, Kazan, 420015, Russia, elvira.r07@mail.ru

Alexzander S. Sirotkin Dr. Sci. (Engin.), professor, dean of the Faculty of food technologies, head of the industrial biotechnology department, Kazan national research technological university, Karl Marx str., 68, Kazan, 420015, Russia, asirotkin66@gmail.com

Elvina E. Saitova master student, industrial biotechnology department, Kazan national research technological university, Karl Marx str., 68, Kazan, 420015, Russia, elvinalalalala@mail.ru

CONTRIBUTION

Elvira I. Rakhimova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Alexzander S. Sirotkin review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Elvina E. Saitova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.19.2019

ACCEPTED 2.18.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 663.05: 664.95

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-94-98

Технология натуральных рыбных полуфабрикатов с использованием антимикробных композиций на основе органических кислот и их солей

Ирина А. Тимошенкова [1] itimoshenkova@spbstu.ru
Юлия Г. Базарнова [1] jbazarnova@spbstu.ru

[1] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, 29, Санкт-Петербург, 195251, Россия

Аннотация. Насущной проблемой предприятий малого и среднего бизнеса является низкое качество рыбного сырья, связанное с задержкой поставок от производителя. Актуальным является поиск новых технологических решений для пролонгирования сроков годности рыбного сырья путем снижения микробиологической нагрузки. В связи с этим предлагается технология производства натуральных рыбных полуфабрикатов с использованием антимикробных композиций на основе органических кислот и их солей. В качестве объектов исследования использовали охлажденные тушки и полуфабрикаты из форели (филе-кусок с кожей), а также антимикробные средства на основе органических кислот и их солей – «Дилактополидон» (ДЛП) и «Дилактин Форте Плюс» (ДФП). Выбор наиболее эффективной концентрации раствора ДЛП, используемого для обработки тушек форели, осуществляли с использованием математического метода планируемого однофакторного эксперимента с помощью программных средств Statgraphics Centurion. Получены уравнения регрессии с высокими коэффициентами корреляции. Установлена наиболее эффективная концентрация ДЛП при обработке тушек форели перед разделкой на филе-кусок с кожей – 2% при соотношении сырья к раствору добавки 1:1 и выдержкой 20 мин. Такая обработка обеспечивает снижение риска повторной контаминации тушек рыбы при разделке за счет удержания активных компонентов ДЛП на поверхности капилляров мышечной ткани рыбы. Предложен способо обработки рыбного сырья и натуральных полуфабрикатов антимикробными композициями ДЛП и ДФП, который позволяет сохранять качество охлажденных полуфабрикатов в течение 13 сут, что обеспечивает срок годности 10 сут. Разработанная технология апробирована в производственных условиях.

Ключевые слова: свежесть, срок годности, рыбные полуфабрикаты, качество, органическая кислота, микробиологическая безопасность

Technology of fish semi-finished products using antimicrobial compositions with organic acids and salts

Irina A. Timoshenkova [1] itimoshenkova@spbstu.ru
Yuliya G. Bazarnova [1] jbazarnova@spbstu.ru

[1] Peter the Great st.Petersburg Politechnic University, Politechnicheskaya st., 29, St.Petersburg, 195251,Russia

Abstract. The actual problem of business is the low quality of fish raw materials due to the delay in deliveries from the manufacturer. The search for new technological solutions to extend the shelf life of fish raw materials due to the reduction of microbiological contamination is relevant. A technology is proposed for the production of natural fish semi-finished products using antimicrobial compositions based on organic acids and salts. Chilled carcasses, semi-finished products of trout (fillet with skin) and antimicrobial agents based on organic acids and salts (Dilactopolydon (DLP) and Dilactin Forte Plus (DFP) were used as objects of research. The choice of the most effective concentration of the DLP solution for processing trout carcasses was carried out using the mathematical method of a single-factor experiment and the Statgraphics Centurion computer program. Regression equations with high correlation coefficients are obtained. The most effective concentration of DLP during processing of trout carcasses before cutting into a piece of fillet with peel was set at 2% when the ratio of raw material to the additive solution was 1: 1 and aged for 20 minutes. This reduces the risk of re-contamination of fish carcasses during cutting due to the retention of the active components of DLP on the surface of the capillaries of the muscle tissue of the fish. A method for processing fish raw materials and natural semi-finished products with antimicrobial compounds DLP and DFP has been developed, which allows maintaining the quality of cooled semi-finished products for 13 days. This ensures a shelf life of 10 days. The developed technology has been tested under production conditions..

Keywords: freshness, shelf life, fish semi-finished products, quality, organic acid, microbiological safety

Введение

Одним из направлений государственной экономической политики в сфере обеспечения продовольственной безопасности («Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации», Указ Президента Российской Федерации от 30 января 2010 года № 120) является создание новых технологий глубокой и комплексной переработки продовольственного сырья, методов хранения и транспортировки сельскохозяйственной и рыбной продукции.

Насущной проблемой предприятий малого и среднего бизнеса является низкое качество рыбного сырья, связанное с задержкой поставок от производителя. Актуальным является поиск новых технологических решений для пролонгирования сроков годности рыбного сырья путем снижения микробиологической нагрузки [1–4].

В этой связи актуальной является разработка антимикробных композиций на основе органических кислот и их солей, действие которых направлено на снижение обсемененности рыбного сырья, связывание свободной влаги

Для цитирования

Тимошенкова И.А., Базарнова Ю.Г. Технология натуральных рыбных полуфабрикатов с использованием антимикробных композиций на основе органических кислот и их солей // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 94–98. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-94-98

For citation

Timoshenkova I.A., Bazarnova Yu.G. Technology of fish semi-finished products using antimicrobial compositions with organic acids and salts. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 94–98. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-94-98

и регулирование буферной емкости. Использование антимикробных композиций на основе органических кислот и их солей обеспечивает повышение микробиологической безопасности и пролонгирование сроков годности продукции рыбопереработки [5, 6]. Их технологическая эффективность обусловлена выраженным антимикробным действием в отношении санитарно-показательной микрофлоры продуктов переработки рыбы: *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum*, *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Staphilococcus aureus* [7–9].

Обработка поверхности полуфабрикатов растворами лактата натрия (1,5%), диацетата натрия (1%) или их смесями и дальнейшее холодильное хранение в вакуумной упаковке или модифицированной газовой среде обеспечивает снижение активности воды (aw) до уровня 0,9 и скорости роста общего микробного числа при холодильном хранении в 2 раза [10].

В последние годы внимание исследователей привлечено к полимерным материалам, в частности, к поливинилпирролидону (ПВП), поскольку последний хорошо растворим в воде, устойчив к тепловой обработке и не токсичен.

Принимая во внимание имеющиеся данные по повышению микробиологической безопасности и увеличению сроков годности рыбной продукции, представляет интерес использование антимикробных композиций на основе органических соединений и их солей для обработки рыбного сырья и полуфабрикатов.

Цель работы – исследовать влияние антимикробных композиций на основе органических кислот и их солей на микробиологические показатели и потребительские свойства рыбных полуфабрикатов.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования использовали охлажденные тушки и полуфабрикаты из форели (филе-кусок с кожей), а также антимикробные средства на основе органических кислот и их солей. Характеристика антимикробных композиций, которые использовали для обработки рыбы, приведена в таблице 1.

Таблица 1.

Характеристика исследуемых антимикробных композиций

Table 1.

Characteristic of the investigated antimicrobial agents

Наименование | Name	Основное действующее вещество Main active ingredient	Вспомогательные вещества | Excipients	pH
Дилактин Форте Плюс (ДФП) Dilaktin Forte Plus (DFP)	Молочная кислота, лактат натрия | lactic acid, sodium lactate	Уксусная кислота, диацетат натрия, пропионовая кислота Acetic acid, sodium diacetate, propionic acid	5,8
Дилактополидон (ДЛП) Dilaktopolidon (DLP)	Молочная кислота, лактат натрия Lactic acid, sodium lactate	Уксусная кислота, пропионовая кислота, Полидон–А (водный раствор полвинил пирролидона) Acetic acid, propionic acid, Polydon-A (aqueous solution of polyvinyl pyrrolidone)	5,0

Выбор концентрации антимикробной композиции для обработки рыбного сырья

Тушки форели обрабатывали водным раствором ДЛП в выбранном диапазоне концентраций от 0,5 до 3,0% путем погружения на 20 мин при заданном соотношении неразделанной рыбы к водному раствору добавки 1:1 [7] и закладывали на холодильное хранение в течение 48 ч при температуре (4±2) °С. В качестве контрольных образцов использовали тушки форели без обработки.

В процессе хранения тушек форели определяли органолептические показатели по ГОСТ 7631, влагоудерживающую способность (ВУС) мышечной ткани – по ГОСТ 7636 и КМАФАнМ – по ГОСТ 10444.15.

Выбор способа обработки антимикробными композициями рыбных полуфабрикатов

Тушки форели, предварительно обработанные ДЛП в выбранной концентрации, разделывали на филе-кусок при температуре (4±2) °С, инъектировали ДФП с помощью инъектора ручного посолочного МИФ-ИР-05 при рабочем давлении 1,5 бар. Количество инъектируемой антимикробной композиции составляло 1:50 к массе рыбы [8]. После обработки полуфабрикаты упаковывали в пакеты из многослойной пленки («FINNVACUM OY AB», Финляндия) и вакуумировали (аппарат вакуумной упаковки ELECTROLUX EVP302/600113). В качестве контрольных образцов использовали рыбные полуфабрикаты (филе-кусок) без обработки. Опытные и контрольные филе-куски массой

от 100 до 250 г упаковывали и хранили в течение 48 ч при температуре (4±2) °С.

В процессе хранения рыбных полуфабрикатов определяли органолептические показатели по ГОСТ 7631, влагоудерживающую способность (ВУС) мышечной ткани – по ГОСТ 7636, КМАФАнМ – по ГОСТ 10444.15 и наличие санитарно-показательных микроорганизмов в соответствии с ГОСТ 31747, ГОСТ 31746, ГОСТ 31659, ГОСТ 10444.12, ГОСТ 29185 и ГОСТ 32031.

Сроки годности полуфабрикатов определяли в соответствии с требованиями МУК 4.2.1847–04 с учетом коэффициента резерва (1,3) при предполагаемом сроке годности 10 сут.

Результаты и их обсуждение

На рисунке 1 приведены результаты исследований влияния концентрации раствора ДЛП на динамику КМАФАнМ в тушках форели в течение 48 ч холодильного хранения.

Установлено, что обработка образцов тушек рыбы путем погружения в растворы ДЛП концентрацией от 1 до 3% позволяет увеличить продолжительность хранения рыбы от 12 до 36 ч относительно контрольного образца.

Выбор наиболее эффективной концентрации раствора ДЛП, используемого для обработки тушек форели (x, %), осуществляли с использованием математического метода планируемого однофакторного эксперимента (ОФЭ) с помощью программных средств Statgraphics Centurion. В качестве параметров отклика использовали показатели КМАФАнМ (y_1) и ВУС (y_2) тушек форели. Продолжительность хранения образцов составляла 48 ч при температуре (4±2) °С.

Варьирование значений факторов оптимизации в точках ОФЭ осуществляли в интервале концентраций растворов ДЛП от 0,5 до 3,0% с шагом 0,5%. Интервалы варьирования факторов оптимизации задавали с учётом их совместимости и реализуемости в опытах.

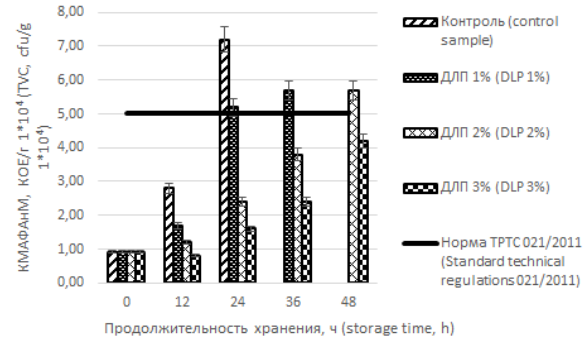


Рисунок 1. Влияние концентрации раствора ДЛП на динамику КМАФАнМ в тушках форели при холодильном хранении (4±2) °С. Способ обработки – погружной (соотношение раствора ДЛП: сырье 1:1 по массе)

Figure 1. The influence of the concentration of DLP solution on the dynamics of TVC in trout carcasses during refrigerated storage (4±2) °C. Processing method – submersible (DLP solution ratio: raw materials 1: 1 by weight)

На основании анализа экспериментальных данных получены уравнения регрессии (таблица 2), которые достоверно значимы и характеризуются высокими коэффициентами корреляции.

Таблица 2.

Регрессионная статистика показателей опытных образцов тушек форели

Table 2.

Regression statistics for prototypes of trout carcasses

Уравнения регрессий Regression equation	Скорректированный коэффициент детерминации Adjusted R-squared	Коэффициент корреляции Correlation coefficient
$y_1 = 100,3 - 68,9 \ln x$	0,97	-0,98
$y_2 = 1/(0,01 + 0,003/x)$	0,60	0,82

Установлено, что обработка тушек рыбы перед их разделкой на филе-кусок с кожей 2%-ным раствором антимикробной композиции ДЛП путем погружения на 20 мин при соотношении сырья к раствору добавки 1:1 обеспечивает снижение риска повторной контаминации тушек рыбы при разделке за счет удержания активных компонентов ДЛП на поверхности капилляров мышечной ткани рыбы.

Определение сроков годности натуральных рыбных полуфабрикатов проводили в соответствии с требованиями МУК 4.2.1847–04 в течение 10 сут с учетом коэффициента резерва, равного 1,3. Контрольные сроки выбраны с требуемой периодичностью – фон (после выработки) и затем через 7, 10 и 13 сут.

На рисунке 2 представлена динамика КМАФАнМ в исследуемых рыбных полуфабрикатах из форели при холодильном хранении в течение 13 сут при температуре (4±2) °С.

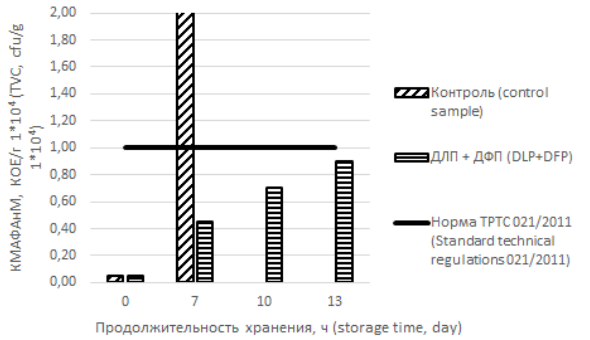


Рисунок 2. Динамика КМАФАнМ в исследуемых рыбных полуфабрикатах из форели при холодильном хранении (4±2) °С; 13 сут)

Figure 2. Dynamics of TVC in fish trout semi-finished products under study during refrigerated storage (4±2) °C; 13 days)

По органолептическим показателям, уровню КМАФАнМ и санитарно-показательной микрофлоры (БГКП, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus,* сульфитредуцирующие бактерии рода *Clostridium* и бактерии рода *Salmonella*) образцы рыбных полуфабрикатов, обработанных антимикробными композициями в установленных нами концентрациях ДЛП и ДФП, соответствовали нормативам в течение всего срока хранения.

Таким образом, обработка рыбного сырья и натуральных полуфабрикатов антимикробными композициями ДЛП и ДФП позволяет сохранять качество охлажденных полуфабрикатов в течение 13 сут, что обеспечивает срок годности 10 сут.

Заключение

Для предотвращения контаминации поверхности рыбного сырья при разделке и порционировании целесообразно использовать погружной способ обработки тушек антимикробными композициями с последующим их инъектированием в натуральные рыбные полуфабрикаты (филе-кусок).

Антимикробные композиции являются эффективными при обработке тушек форели погружным способом и соотношении растворов ДЛП к массе рыбы – 1:1; натуральных полуфабрикатов из форели инъектированием раствором ДФП при соотношении 1:50 к массе рыбы, что позволяет увеличить сроки годности полуфабрикатов до 10 сут.

Путем проведения однофакторного эксперимента получены уравнения регрессии, характеризующие зависимости показателей ВУС тканей рыбы и КМАФАнМ от концентрации раствора ДЛП. Установлено, что оптимальное значение концентрации раствора ДЛП составляет 2% при соотношении 1:1 к массе рыбы.

Разработан и утвержден комплект технической документации по производству рыбных полуфабрикатов и кулинарных изделий с использованием антимикробных композиций серии «Дилактин» (ТУ 10.85.12-021-38524349-2018).

Способ обработки рыбы и технология приготовления охлажденных рыбных полуфабрикатов филе-кусок с использованием антимикробных композиций ДЛП и ДФП апробирован в производственных условиях ООО «Аппетитпром» (Санкт-Петербург).

ЛИТЕРАТУРА

1 Yu D., Xu Ya., Jiang Q., Yang F. et al. Freshness assessment of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets during stroage at 4 °C by physicochemical, microbiological and sensorial evaluations // Journal of food safety. 2017. V. 37. № 2. e12305. doi: 10.1111/jfs.12305

2 Hafezparast-Moadab N., Hamdami N., Dalvi-Isfahan M., Farahnaky A. Effects of radiofrequency-assisted freezing on microstructure and quality of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) fillet // Innovative food science and emerging technologies. 2018. V. 47. P. 81–87. doi: 10.1016/j.ifset.2017.12.012

3 Karoui R., Hassoun A., Ethuin P. Front face fluorescence spectroscopy enables rapid differentiation of fresh and frozen-thawed sea bass (Dicentrarchus labrax) fillets // Journal of food engineering. 2017. V. 202. P. 89–98. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2017.01.018

4 Ucak I., Gokoglu N., Toepfl S., Galanakis C.M. Inhibitory effects of high pressure processing on Photobacterium phosphoreum and Morganella psychrotolerans in vacuum packed herring (Clupea harengus) // Journal of food safety. 2018. V. 38. № 6. e12519. doi: 10.1111/jfs.12519

5 Smyth C., Brunton N.P., Fogarty C., Bolton D.J. The Effect of Organic Acid, Trisodium Phosphate and Essential Oil Component Immersion Treatments on the Microbiology of Cod (Gadus morhua) during Chilled Storage // Foods. 2017. V. 7. № 12. P. 200. doi: 10.3390/foods7120200

6 Алехина Л.В., Мансветова Е.В. Инновационные технологии с применением комплексных пищевых добавок // Вестник Аромарос-М. 2014. № 1. С. 21–29.

7 Пат. № 2436416, RU, A23L 1/325. Способ производства рыбных пресервов / Евелева В.В., Черпалова Т.М., Тимошенкова О.Н., Демченко В.А. № 2010116444/13; Заявл. 2010116444; Опубл. 20.12.2011, Бюлл. № 35.

8 Тимошенкова И.А., Москвичева Е.В., Евелева В.В. К обоснованию технологии кулинарных изделий из пресноводных рыб, упакованных под вакуумом // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 12–3 (54). С. 186–190. doi: 10.18454/IRJ.2016.54.107

9 Тимошенкова И.А., Евелева В.В., Перкель Р.Л., Андреева Л.В. Обоснование выбора пищевых добавок для технологии рыбных полуфабрикатов, упакованных под вакуумом // Вестник Новгородского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. 2015. № 3(86), Ч. 1. С. 34–37.

10 Li X., Li J., Zhu J., Wang Ya. et al. Postmortem changes in yellow grouper (Epinephelus awoara) fillets stored under vacuum packaging at 0 °C // Food Chemistry. 2011. V. 126. № 3. P. 896–901. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.11.071

REFERENCES

1 Yu D., Xu Ya., Jiang Q., Yang F. et al. Freshness assessment of grass carp (Ctenopharyngodon idellus) fillets during stroage at 4 °C by physicochemical, microbiological and sensorial evaluations. Journal of food safety. 2017. vol. 37. no. 2. e12305. doi: 10.1111/jfs.12305

2 Hafezparast-Moadab N., Hamdami N., Dalvi-Isfahan M., Farahnaky A. Effects of radiofrequency-assisted freezing on microstructure and quality of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) fillet. Innovative food science and emerging technologies. 2018. vol. 47. pp. 81–87. doi: 10.1016/j.ifset.2017.12.012

3 Karoui R., Hassoun A., Ethuin P. Front face fluorescence spectroscopy enables rapid differentiation of fresh and frozen-thawed sea bass (Dicentrarchus labrax) fillets. Journal of food engineering. 2017. vol. 202. pp. 89–98. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2017.01.018

4 Ucak I., Gokoglu N., Toepfl S., Galanakis C.M. Inhibitory effects of high pressure processing on Photobacterium phosphoreum and Morganella psychrotolerans in vacuum packed herring (Clupea harengus). Journal of food safety. 2018. vol. 38. no. 6. e12519. doi: 10.1111/jfs.12519

5 Smyth C., Brunton N.P., Fogarty C., Bolton D.J. The Effect of Organic Acid, Trisodium Phosphate and Essential Oil Component Immersion Treatments on the Microbiology of Cod (Gadus morhua) during Chilled Storage. Foods. 2017. vol. 7. no. 12. pp. 200. doi: 10.3390/foods7120200

6 Alekhina L.V., Mansvetova E.V. Innovative technologies with the use of complex food additives. *Vestnik Aromaros-M* [Bulletin Aromaros-M]. 2014. vol. 1. pp. 21–29. (in Russian).

7 Yevleva V.V., Cherpalova TM, Timoshenkova O.N., Demchenko V.A. Sposob proizvodstva rybnykh preservov [Method for the production of fish preserves]. Patent RF, no. 2436416, 2011.

8 Timoshenkova I.A., Moskvicheva E.V., Eveleva V.V. To justify the technology of culinary products from freshwater fish packed under vacuum. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* [International Scientific Research Journal]. 2016. vol. 12–3 (54). pp. 186–190. doi: 10.18454/IRJ.2016.54.107 (in Russian).

9 Timoshenkova I.A., Yevleva V.V., Perkel R.L., Andreeva L.V. Justification of the choice of food additives for fish semi-finished technology packaged under vacuum. *Vestnik Novgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Sel'skokhozyaystvennyye nauki* [Bulletin of Novgorod State University. Series: Agricultural Sciences]. 2015. vol. 3 (86). no. 1. pp. 34–37. (in Russian).

10 Li X., Li J., Zhu J., Wang Ya. et al. Postmortem changes in yellow grouper (Epinephelus awoara) fillets stored under vacuum packaging at 0 °C. Food Chemistry. 2011. vol. 126. no. 3. pp. 896–901. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.11.071

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ирина А. Тимошенкова старший преподаватель, Высшая школа биотехнологии и пищевых технологий, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), ул. Политехническая, 29, Санкт-Петербург, 195251, Россия, itimoshenkova@spbstu.ru

Юлия Г. Базарнова д.т.н., профессор, Высшая школа биотехнологии и пищевых технологий, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, 29, Санкт-Петербург, 195251, Россия, jbazarnova@spbstu.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Irina A. Timoshenkova senior lecturer, Graduate school of biotechnology and food science, Peter the Great st.Petersburg Politechnic University (SPbPU), Politechnicheskaya, 29, St.Petersburg, 195251,Russia, itimoshenkova@spbstu.ru

Yuliya G. Bazarnova Dr. Sci. (Engin.), professor, Graduate school of biotechnology and food science, Peter the Great st.Petersburg Politechnic University (SPbPU), Politechnicheskaya, 29, St.Petersburg, 195251,Russia, jbazarnova@spbstu.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Ирина А. Тимошенкова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

Юлия Г. Базарнова консультация в ходе исследования, написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

CONTRIBUTION

Irina A. Timoshenkova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Yuliya G. Bazarnova consultation during the study, wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

ПОСТУПИЛА 14.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 07.02.2019

RECEIVED 1.14.2019

ACCEPTED 2.7.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 663.031

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-99-104

Влияние протеолитических ферментов на аминокислотный состав фильтрата и дробины зернового сусла, полученного из УДА-обработанной ржи

Альфир А. Сабиров [1] alfirsabirov@gmail.com
Надежда В. Баракова [1] n.barakova@mail.ru
Евгений А. Самоделкин [2] smdlkn@inbox.ru

[1] Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 191002, Россия
[2] Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей», ул. Шпалерная, 49, г. Санкт-Петербург, 191015, Россия

Аннотация. Исследовано влияние ферментов протеолитического действия на аминокислотный состав фильтрата и дробины зернового сусла, полученного из УДА-обработанной ржи. Показана целесообразность применения комплекса ферментов протеолитического действия: нейтральной и кислой протеаз. Обработка ржи проводилась на дезинтеграторе ДЕЗИ-15 с разными рабочими органами: трех и пятирядными роторами, вращающимися с частотой 120 $с^{-1}$. Контрольный образец помола был получен на лабораторной мельнице с роторно-ножевым рабочим органом. Согласно данным, полученным на лазерном анализаторе Malvern Mastersizer 2000 средний размер частиц в образцах помолов составили: на дезинтеграторе с трехрядным ротором – 167,5 мкм, на пятирядном – 158,1 мкм, на мельнице с роторно-ножевым рабочим органом – 384,278 мкм. В качестве источника протеолитических ферментов использовали препараты грибной протеазы «Pro100L» и бактериальной протеазы «Протосубтилин ГЗх А-120. Определение содержания α-аминного азота в готовом сусле (мг/$дм^3$) производили калориметрическим методом с нингидрином. Концентрацию аминокислот определяли с использованием аминокислотного анализатора KNAUER: просчет аминограмм осуществляли методом сравнения площадей стандарта и образца. Установлено, что УДА-обработка позволяет получить в фильтрате ржаных гидролизатов повышенное содержание α-аминного азота, а комплексное внесение кислых и нейстральных протеаз усилить этот эффект. Анализ аминокислотного состава фильтрата и дробины показал присутствие всех незаменимых аминокислот в обоих этих продуктах. Фильтрат может быть рекомендован как питательная азотсодержащая среда для культивирования микроорганизмов с последующим выделением вторичных метаболитов их жизнедеятельности, либо как полупродукт при получении сахаросодержащих сиропов из цельного зерна с повышенным содержанием аминокислот. Дробина гидролизата представляет интерес в качестве белоксодержащей кормовой добавки, а мелкодисперсный гранулометрический состав такого продукта позволит использовать ее не только для кормления крупнорогатого скота, но и в птицеводстве.

Ключевые слова: зерновое сусло, бактериальная и грибная протеаза, α-аминный азот, ударно-дезинтеграторно-активаторная обработка, аминокислотный состав

The effect of proteolytic enzymes on the amino acid composition of the filtrate and the grain mash obtained from the shock activator disintegrating treated rye

Alfir A. Sabirov [1] alfirsabirov@gmail.com
Nadezhda V. Barakova [1] n.barakova@mail.ru
Evgeny A. Samodelkin [2] smdlkn@inbox.ru

[1] St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Lomonosov str., 9, St. Petersburg, 191002, Russia
[2] Central Research Institute of Structural Materials "Prometey", Shpalernaya str., 49, St. Petersburg, 191015, Russia

Abstract. The effect of enzymes of proteolytic action on the amino acid composition of the filtrate and grains of grain wort obtained from UDA-treated rye was studied. The feasibility of using a complex of proteolytic enzymes: neutral and acid proteases is shown. The processing of rye was carried out on the disintegrator DEZI-15 with different working elements: three and five-row rotors rotating at a frequency of 120 s-1. A control sample of grinding was obtained in a laboratory mill with a rotor-knife working body. According to the data obtained on the Malvern Mastersizer 2000 laser analyzer, the average particle size in the grinding samples was: on a disintegrator with a three-row rotor – 167.5 microns, on a five-row rotor-knife working body – 384.278 microns. As a source of proteolytic enzymes, preparations of the fungal protease Pro100L and the bacterial protease Protosubtilin GZx A-120 were used. The determination of the content of α-amino nitrogen in the finished wort (mg / dm3) was performed by calorimetry with ninhydrin. The concentration of amino acids was determined using the KNAUER amino acid analyzer: the calculation of aminograms was carried out by comparing the areas of the standard and the sample. It was established that the UDA-treatment allows obtaining a high content of α-amino nitrogen in the filtrate of rye hydrolysates, and the complex introduction of acidic and neural proteases strengthens this effect. Analysis of the amino acid composition of the filtrate and grains showed the presence of all the essential amino acids in both of these products. The filtrate can be recommended as a nutrient nitrogen-containing medium for the cultivation of microorganisms, followed by the release of secondary metabolites of their vital activity, or as an intermediate in the production of sugar-containing syrups from whole grains with a high content of amino acids. The fraction of the hydrolyzate is of interest as a protein-containing feed additive, and the fine particle size distribution of such a product will allow it to be used not only for feeding cattle, but also in poultry farming.

Keywords: grain mash, bacterial and fungal protease, α-amine nitrogen, shock-activator-disintegrating treatment, amino acid composition

Для цитирования

Сабиров А.А., Баракова Н.В., Самоделкин Е.А. Влияние протеолитических ферментов на аминокислотный состав фильтрата и дробины зернового сусла, полученного из УДА-обработанной ржи // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 99–104. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-99-104

For citation

Sabirov A.A., Barakova N.V., Samodelkin E.A. The effect of proteolytic enzymes on the amino acid composition of the filtrate and the grain mash obtained from the shock activator disintegrating treated rye. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 99–104. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-99-104

Введение

Вопросы, связанные с технологическими приемами, позволяющими получать зерновое сусло с новыми качественными показателями, на сегодняшний день остаются по-прежнему актуальными. Получение зернового сусла заключается в смешивании измельченного зернового сырья с водой с последующей водно-тепловой и ферментативной обработкой с целью максимального растворения сухих компонентов в растворе, что зависит от состава ферментативного комплекса и дозы внесения ферментов, входящих в их состав, а также от степени деструкции зерна. С увеличением удельной поверхности сырья увеличивается степень атакуемости компонентов зернового сырья ферментами [1–5].

К приемам измельчения зернового сырья, которые обеспечивают высокую удельную площадь помола, можно отнести следующие способы деструкции: экструзионная обработка, микронизация (облучение зерна в ИК-спектрах), ультразвуковая обработка замесов и другие.

Микронизация [6] заключается в облучении сырья ИК-излучением. Влага зерновки переходит в паровую фазу, и внутри полости возникает повышенное давление. За счет этих тепловых процессов происходит дезагрегация структуры компонентов сырья, что повышает их растворимость при получении сусла.

Экструзия – процесс, совмещающий высокоинтенсивную термо-, гидро- и механическую обработку сырья, что делает возможным получение сусла с высоким содержанием сухих веществ до 30–36% при снижении расходов на энергию и дозы внесения вспомогательных компонентов, таких, как ферментные препараты.

Но существуют данные, что применение таких жестких способов обработки, как экструзия или микронизация (обработка ИК-излучением) зернового сырья, приводит к снижению биологической ценности обработанного материла. В результате этого большинство аминокислот измельченного материала становятся лимитирующими, а общая сумма α-аминного азота снижается [7].

Еще одним перспективным способом глубокого измельчения зернового сырья является ударно-дезинтеграторно-активаторная (УДА-) обработка. Использование помолов, полученных путем обработки зерна на дезинтеграторе, для приготовления замесов обеспечивает более полное растворение компонентов сырья, реологические свойства получаемых гидролизатов меняются таким образом, что позволяют провести водно-тепловую обработку замесов при пониженных температура – до 60 °С, сократить время гидролиза крахмала до 1 ч и снизить дозы внесения ферментных препаратов [8].

Методом электронной микроскопии было показано, что протеиновые структуры УДА-обработанного зерна приобретают более рыхлую поверхность, увеличивается количество крахмала за счет их высвобождения из белковой матрицы.

Одномерным ДДС-Na – электрофорезом на гелевых пластинах было установлено, что применение дезинтеграторов для измельчения ржи позволяет произвести помол с большим содержанием следующих белковых фракций: глютелинов (116,25 кДа), глобулинов (60–75 кДа) и альбуминов (17–28 кДа), аминокислотный состав которых характеризуется набором незаменимых аминокислот в оптимальном соотношении. Увеличение в результате УДА-обработки водорастворимой альбуминовой фракции позволяет сделать заключение, что белковая фракция муки более интенсивно будет переходить в раствор, тем самым увеличивая доступность белков для дальнейшей технологической обработки, например, ферментными препаратами [9].

Методом капиллярной гель-проникающей хроматографии было показано, что при применении дезинтегратора для измельчения зерна образуется суммарно большее количество свободных аминокислот. Исходя из этого, можно предположить, что, несмотря на высокую интенсивность воздействия устройства на растительный материал, дезинтегратор обеспечивает деградацию высокомолекулярных природных полимеров (белков), не затрагивает при этом структуру мономерных единиц – аминокислот [10].

Таким образом, из зерновых помолов, полученных путем измельчения на УДА-установках можно получить сусло, обогащенное белково-аминокислотным составом, а дополнительное внесение ферментных препаратов протеолитического действия сможет обеспечить деструкцию белковых составляющих. Механизм ферментативного действия бактериальной протеазы заключается в гидролизе белков до более мелких фрагментов – пептидов, активность которых проявляется при слабокислом и нейтральном водородном показателе среды, а грибной – в гидролизе пептидной связи с концевой цепи с высвобождением свободных аминокислот. Активность грибной протеазы проявляется при кислом и слабокислом водородном показателе среды.

Сусло, полученное из УДА-обработанной ржи, можно разделить на две фракции: фильтрат и дробину. В литературе [6] есть данные, которые свидетельствуют, что применение протеаз позволяет эффективно разделять сусло, полученное из пшеницы и измельченное на фильтрат и дробину, с последующим применением этих фракций в различных технологических процессах: фильтрат – на спирт или получение сахаросодержащих продуктов (сиропы из цельного зерна), дробину – как кормовую добавку в рационе животных.

Исследований по влиянию УДА-обработки ржи с внесением ферментных препаратов протеолитического действия на аминокислотный состав фильтрата и дробины ранее не проводилось.

Цель работы – исследовать влияние ферментных препаратов протеолитического действия на аминокислотный состав фильтрата и дробины сусла, полученного из УДА-обработанной ржи.

Материалы и методы

В качестве исходного сырья использовали зерна ржи первого класса урожая 2017 года, с содержанием влаги 8%, условной крахмалистостью 53% и сорных примесей до 1%. Массовую долю влаги в зерне определяли на анализаторе влажности Shimadzu MOC-120H. Определение условной крахмалистости зерна проводили поляриметрическим методом с применением концентрированной соляной кислоты на поляриметре марки PolAAr FF-55 фирмы Optikal Aktivity.

В опытах использовали помолы, полученные путем измельчения зерна ржи с различными рабочими органами. Исследуемые образцы помолов были приготовлены на дезинтеграторе ДЕЗИ-15 с трех- и пятирядными роторами. Контрольный образец был получен измельчением на лабораторной мельнице с роторно-ножевым рабочим органом. Полученные образцы помолов ржи исследовались с использованием лазерного дифракционного анализатора Malvern Mastersizer 2000. Средний интегральный размер частиц в помоле, полученном на дезинтеграторе с трехрядным ротором, составил 167,5 мкм, с пятирядным – 158,1 мкм, на мельнице с роторно-ножевым рабочим органом – 384,278 мкм.

В процессе водно-тепловой ферментативной обработки замеса последовательно вносили ферментные препараты термостабильной α-амилазы «АмилоЛюкс-АТС» и глюкоамилазы (γ-амилазы) «ГлюкоЛюкс-А», произведенные компанией ООО «ПО «Сиббиофарм» (г. Бердск, Россия). В качестве источника протеолитических ферментов использовали препараты «Pro100L» и «Протосубтилин ГЗх А-120». Препарат «Pro100L» содержит кислую протеазу с активностью 600 ПС/г, получен путем культивирования микромицета рода *Aspergillus sp.* в соответствии со стандартом организации-изготовителя QB/T1805.2–93. Препарат «Протосубтилин ГЗх А-120» содержит нейтральную протеазу с активностью 120 ПС/г, получен путем культивирования бактериального штамма продуцента *Bacillus subtilis* согласно ТУ 9291-029-13684916-2010. Протеолитические ферментные препараты вносились последовательно после стадии осахаривания сусла: сначала вносили бактериальный препарат «Протосубтилин ГЗх А-120» с дозой внесения 0,5 ед. ПС/г сырья; затем грибной препарат «Pro100L» с дозой – 0,15 ед. ПС/г сырья. Дозу внесения ферментных препаратов рассчитывали согласно ТИ 10-00334586-13-2016, ВНИИ ПБТ, г. Москва.

Замес с гидромодулем 1:3 нагревали на водяной бане LOIP LB-163 со скоростью нагрева 1 °С/мин с постоянным перемешиванием при температуре 60 °С с внесением ферментного препарата «АмилоЛюкс-АТС» дозой 0,3 ед. АС/гр. крахмала. Процесс гидролиза крахмала проводили в течение 1 ч. Для осахаривания разжиженной ржаной суспензии температуру образовавшейся массы снижали до 55 °С и вносили ферментный препарат «ГлюкоЛюкс-А» с дозой – 9,0 ед. ГлС/г крахмала. Процесс осахаривания проводили в течение 1,5 ч.

Определение содержания α-аминного азота (мг/дм^3) производили колориметрическим методом с нингидрином.

Концентрацию аминокислот определяли с использованием аминокислотного анализатора KNAUER: просчет аминограмм осуществляли методом сравнения площадей стандарта и образца. Статистическую обработку данных, полученных в 3 повторностях, осуществляли с помощью программы Microsoft Excel с использованием коэффициента Стьюдента (доверительный интервал – 0,95).

Результаты и обсуждение

Данные по содержанию α-аминного азота в исследуемых образцах зернового сусла (мг/дм^3) в зависимости от способа измельчения зерна и внесения протеолитических ферментных препаратов представлены на рисунке 1.

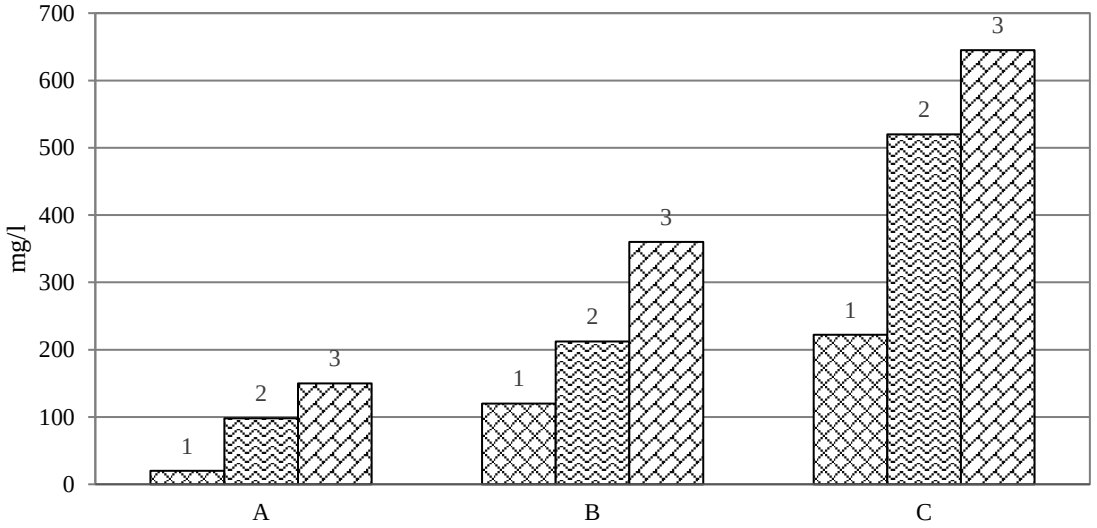


Рисунок 1. Содержание α-аминного азота в образцах зернового сусла (мг/дм^3) в зависимости от способа измельчения зерна: А – измельчение на лабораторной мельнице с роторно-ножевым рабочим органом; В – измельчение на дезинтеграторе с трехрядным ротором; С – измельчение на дезинтеграторе с пятирядным ротором и внесение протеолитических ферментных препаратов: 1 – содержание α-аминного азота в зерновом сусле без внесения протеолитических ферментных препаратов, мг/дм^3; 2 – содержание α-аминного азота в зерновом сусле, в которое был внесен ферментный препарат «Протосубтилин ГЗх А-120» дозой 0,5 ед. ПС/г сырья, мг/дм^3; 3 – содержание α-аминного азота в зерновом сусле, в которое были внесены ферментные препараты «Протосубтилин ГЗх А-120» дозой 0,5 ед. ПС/г сырья и «PRO100L» 0,15 ед. ПС/г сырья, мг/дм^3

Figure 1. The content of α-amino nitrogen in samples of grain wort (mg/dm^3), depending on the method of grinding grain: A – grinding on a laboratory mill with a rotary knife working body; B – grinding on a disintegrator with a three-row rotor; C – grinding disintegrator with a five-row rotor and making proteolytic enzyme preparations: 1 – content of α-amino nitrogen in grain wort without the addition of proteolytic enzyme preparations, mg/dm^3; 2 – content of α-amino nitrogen in the grain wort, in which the enzyme preparation "Protosubtilin GZx A-120" was introduced with a dose of 0.5 units PS/g raw materials, mg/dm^3; 3 – content of α-amino nitrogen in the grain wort, in which the enzyme preparations "Protosubtilin GZx A-120" were introduced with a dose of 0.5 units PS/g raw materials and "PRO100L" dose – 0.15 units. PS/g raw materials, mg-dm^3

Наименьшее содержание α-аминного азота наблюдается в образах зернового сусла без внесения протеолитических ферментных препаратов. В образцах зернового сусла, которые были получены внесением ферментного препарата «Протосубтилин ГЗх А-120», количество α-аминного азота повысилось в 2–3 раза по сравнению с образцами сусла, полученными без внесения протеаз в препаративном виде. Последовательное внесение в замес бактериальной протеазы «Протосубтилин ГЗх А-120» и грибной протеазы «PRO100L» привело к увеличению содержания α-аминного азота в 3,6 раза по сравнению с образцами сусла, полученными без внесения протеаз, и 1,5 раза по сравнению с образцами сусла, полученными внесением только бактериальной протеазы «Протосубтилин ГЗх А-120». Таким образом, максимальное обогащение зернового сусла α-аминным азотом можно обеспечить совместным последовательным внесением бактериальной и грибной протеазы.

При анализе данных по содержанию α-аминного азота в образцах зернового сусла в зависимости от способа измельчения зерна было установлено, что самое низкое количество α-аминного азота содержится в сусле из помола, полученного измельчением на лабораторной мельнице с роторно-ножевым рабочим органом (контрольный образец). Содержание α-аминного азота в сусле, приготовленном из помола ржи, измельченной на дезинтеграторе с трехрядным ротором, выше примерно в 3 раза, чем в контрольном образце. Содержание α-аминного азота в сусле, приготовленном из помола ржи, измельченной на дезинтеграторе с пятирядным ротором, выше примерно в 2 раза, чем в образце, приготовленном из помола ржи, измельченной на трехрядном роторе, и в 6 раз выше, чем в контрольном образце. Полученные результаты свидетельствуют о том, что высокоинтенсивное измельчение зерна УДА-способом позволяет более глубоко разрушить белковую матрицу зерна.

В таблице 1 показано содержание свободных аминокислот (мг/г) в фильтрате и дробине, которые были получены центрифугированием сусла, приготовленного из помола ржи, измельченной на дезинтеграторе с пятирядным ротором, с внесением ферментных препаратов Протосубтилин ГЗх А-120 дозой внесения протеазы – 0,5 ед. ПС/г сырья и PRO100L дозой внесения протеазы – 0,15 ед. ПС/г сырья.

Таблица 1.

Содержание свободных аминокислот в фильтрате и дробине

Table 1.

Content of free amino acids in filtrate and grains

Аминокислота Amino-acid	Содержание свободных аминокислот, мг/г Content of free amino acids, mg/g	
	Дробина Grain	Фильтрат Filtrate
Аспарагиновая кислота Aspartic acid	0,34	0,34
Серин | Serine	0,39	0,37
Треонин | Threonine	1,57	1,61
Глутаминовая кислота | Glutamic acid	0,67	0,83
Пролин | Proline	1,30	1,61
Глицин | Glycine	0,17	0,16
Аланин | Alanine	0,51	0,38
Валин | Valine	0,36	0,38
Метионин | Methionine	0,19	0,19
Изолейцин | Isoleucine	0,37	0,36
Лейцин | Leucine	0,87	0,83
Тирозин | Tyrosine	0,27	0,30
Фенилаланин Phenylalanine	0,61	0,59
Гистидин | Histidine	0,59	0,56
Лизин | Lysine	0,49	0,41
Триптофан | Tryptophan	1,78	1,22
Аргинин | Arginine	0,76	0,68
Общее количество свободных (не связанных) аминокислот Total amount of free (unbound) amino acids	11,24	10,82

Из результатов, представленных в таблице 1, следует, что как фильтрат, так и дробина сусла, полученного из УДА-обработанной ржи, содержат весь комплекс (кроме цистеина, который не был определен) незаменимых аминокислот.

Заключение

Для получения зернового сусла с повышенным содержанием аминокислотного состава эффективно применять УДА-обработку ржи в комплексе с ферментными препаратами протеолитического действия. Такой способ деструкции ржи позволяет получить в фильтрате ржаного сусла повышенное содержание α-аминного азота и обогащать как фильтрат, так и дробину комплексом аминокислот, в том числе незаменимых. Полученные результаты позволяют рекомендовать эти полупродукты в различных технологиях: при производстве продуктов с повышенной биологической ценностью, в технологиях микробионального синтеза в качестве питательной азотсодержащей среды, в косметологии и комбикормовой промышленности как белоксодержащие добавки.

ЛИТЕРАТУРА

1 Gutterman Y. Survival strategies of annual desert plants: Adaptations of desert organisms. Berlin; New York, 2002. P. 1–36.

2 Verbruggen N., Hermans C. Proline Accumulation in Plants: A Review // Amino acids. 2008. V. 35. P. 753–759.

3 Szabados L., Savoure A. Proline: a multifunctional amino acid // Trends Plant Sci. 2010. V. 15. P. 89–97.

4 Lehmann S., Funck D., Szabados L., Rentsch D. Proline metabolism and transport in plant development // Amino acids. 2010. V. 39. P. 949–962.

5 Новоселов А.Г., Гуляева Ю.Н., Малахов Ю.Л., Смирнов А.А. и др. Рео- и гидродинамика зерновых суспензий. Научное обоснование выбора метода исследований и разработка экспериментального стенда // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2017. № 2. С. 40–49.

6 Соболева О.М., Кондратенко Е.П., Витязь С.Н. Влияние электромагнитного поля на аминокислотный состав биологическую ценность зерна новой озимой культуры // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 11 (133). С. 58–64.

7 Бородин А.Н. Параметры экструзионных технологий пищевых продуктов на основе термовакуумного эффекта // Инновационная техника и технологи. 2016. № 2 (7). С. 61–66.

8 Сабиров А.А., Баракова Н.В., Самоделкин Е.А. Влияние ударно-активаторного дезинтеграторной обработки на технологические параметры гидрализатов изо ржи // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2017.№ 3. С. 43–52.

9 Sabirov A.A., Barakova N.V, Samodelkin E.A. Effect of impact-activating-disintegration treatment on grain protein fraction of autumn rye // Agronomy Research. 2018. V. 16. № 2. P. 1466–1474.

10 Поляков В.А., Степанов В.И., Иванов В.В., Шариков А.Ю. и др. Термомеханические и биохимические процессы совместной переработки зернового сырья и спиртовой барды в технологии получения кормовых добавок // В сборнике: Перспективные биотехнологические процессы в технологиях продуктов питания и кормов. VII Международный научно-практический симпозиум. 2014. С. 230–236.

REFERENCES

1 Gutterman Y. Survival strategies of annual desert plants: Adaptations of desert organisms. Berlin; New York, 2002. pp. 1–36.

2 Verbruggen N., Hermans C. Proline Accumulation in Plants: A Review. Amino acids. 2008. vol. 35. pp. 753–759.

3 Szabados L., Savoure A. Proline: a multifunctional amino acid. Trends Plant Sci. 2010. vol. 15. pp. 89–97.

4 Lehmann S., Funck D., Szabados L., Rentsch D. Proline metabolism and transport in plant development. Amino acids. 2010. vol. 39. pp. 949–962.

5 Novoselov A.G., Gulyaeva Yu.N., Malakhov Yu.L., Smirnov A.A. et al. Reo – and hydrodynamics of grain suspensions. Scientific justification of the choice of research method and the development of an experimental stand. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya: Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv* [Scientific journal NRU ITMO. Series: Processes and equipment for food production]. 2017. no. 2. pp. 40–49. (in Russian).

6 Sobolev O.M., Kondratenko E.P., Vityaz S.N. The influence of the electromagnetic field on the amino acid composition of the biological value of the grain of a new winter crop. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Altai State Agrarian University]. 2015. no. 11 (133). pp. 58–64. (in Russian).

7 Borodin A.N. Parameters of extrusion technologies of food products based on thermal vacuum effect. *Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologi* [Innovative equipment and technologists]. 2016. no. 2 (7) pp. 61–66. (in Russian).

8 Sabirov A.A., Barakova N.V., Samodelkin E.A. Influence of shock-activator disintegrator processing on the technological parameters of hydrolyzate from rye. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya: Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv* [Scientific journal NRU ITMO. Series: Processes and equipment for food production]. 2017. no. 3. pp. 43–52. (in Russian).

9 Sabirov A.A., Barakova N.V, Samodelkin E.A. Effect of impact-activating-disintegration treatment on grain protein fraction of autumn rye. Agronomy Research. 2018. vol. 16. no. 2. pp. 1466–1474.

10 Polyakov V.A. Stepanov V.I., Ivanov V.V., Sharikov A.Yu. et al. Thermomechanical and biochemical processes of joint processing of grain raw materials and spirit bards in the technology of producing feed additives. Perspektivnyye biotekhnologicheskiye protsessy v tekhnologiyakh produktov pitaniya i kormov [In the collection: Perspective biotechnological processes in technologies of food and food. VII International scientific and practical symposium]. 2014. pp. 230–236. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Альфир А. Сабиров аспирант, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 191002, Россия, alfirsabirov@gmail.com

Надежда В. Баракова к.т.н., доцент, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 191002, Россия, n.barakova@mail.ru

Евгений А. Самоделкин ведущий инженер, Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей», ул. Шпалерная, 49, г. Санкт-Петербург, 191015, Россия, smdlkn@inbox.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 10.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Alfir A. Sabirov graduate student, food biotechnology and engineering department, St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Lomonosov str., 9, St. Petersburg, 191002, Russia, alfirsabirov@gmail.com

Nadezhda V. Barakova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, food biotechnology and engineering department, St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Lomonosov str., 9, St. Petersburg, 191002, Russia, n.barakova@mail.ru

Evgeny A. Samodelkin lead engineer, Central Research Institute of Structural Materials “Prometey”, Shpalernaya str., 49, St. Petersburg, 191015, Russia, smdlkn@inbox.ru

CONTRIBUTION

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.10.2019

ACCEPTED 2.18.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 664.952/957:658.5.012.7

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-105-111

Разработка элементов системы менеджмента безопасности при производстве рыбных котлет

Нина И. Дунченко [1] dunchenko.nina@yandex.ru
Мелаке С. Хаджу [1] melakesamuel92@gmail.com
Елена С. Волошина [1] yudakovaes@gmail.com
Валентина С. Янковская [1] Vs3110@yandex.ru
Светлана В. Купцова [1] skuptsova@yandex.ru
Марина А. Гинзбург [1] marina-micra@yandex.ru

[1] Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Россия

Аннотация. В статье представлены научные исследования по разработке элементов системы менеджмента безопасности при производстве рыбных котлет, выработанных с использованием разных видов рыб - пангасийской рыбы (*Pangasianodon Hypophthalmus*), джомы (*Otolithus Sp*), толстолобика (*Hypophthalmichthys Molitrix*), скумбрии атлантической (*Scomber Scombrus*) и тумбиля (*Saurida Tumbil*). Сформирована номенклатура показателей безопасности рыбных котлет, включающая гигиенические, микробиологические показатели, показатели идентификации, а также наименование продукции, состав продукции, органолептические показатели, физико-химические показатели, пищевая и энергетическая ценность, дата изготовления и дата упаковывания, срок годности и условия хранения, номер партии, маркировка о подтверждении соответствия, наименование и местонахождение изготовителя. Проанализирована блок-схема производства рыбных котлет и определены критические контрольные точки. На основе анализа причинно-следственной диаграммы дефектов рыбных котлет все пороки сгруппированы в три блока:пороки из-за некачественного сырья, пороки из-за обработки, пороки из-за неправильного хранения, транспортировки и реализации. Полученные результаты легли в основу разработки практических рекомендаций по снижению количества несоответсвующей продукции на этапах приёмки, производства, хранения и транспортировки продукции до потребителя. Разработаны также рекомендации для закупок сырья и материалов, производственного контроля, требований к компетентности персонала, охраны труда и метрологического контроля используемого оборудования. Разработаны элементы системы НАССР: сформированы предупредительные меры для выявленных опасных факторов при производстве рыбных котлет, определены 6 критических контрольных точек, проект плана НАССР, программа обязательных предварительных мероприятий и производственная программа предварительных мероприятий.

Ключевые слова: качество, безопасность, рыбные котлеты, система менеджмента безопасности пищевых продуктов, ХАССП, дефекты

Identification of health and safety management system components in the fish patty production

Nina I. Dunchenko [1] dunchenko.nina@yandex.ru
Melake S. Hadgu [1] melakesamuel92@gmail.com
Elena S. Voloshina [1] yudakovaes@gmail.com
Valentina S. Yankovskaya [1] Vs3110@yandex.ru
Svetlana V. Kuptsova [1] skuptsova@yandex.ru
Marina A. Ginzburg [1] marina-micra@yandex.ru

[1] Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, 127550, Russia

Abstract. The article reveals research on the development of health and safety management system components for making fish patties from different species of shark catfish (*Pangasianodon Hypophthalmus*), croaker (*Otolithus Sp*), silver carp (*Hypophthalmichthys Molitrix*), Atlantic mackerel (*Scomber Scombrus*) and lizardfish (*Saurida Tumbil*). It suggests a nomenclature of fish patty safety indicators including hygienic, microbiological, identificational, and also the product list, ingredients, organoleptic properties, physical and chemical properties, nutritional energy value, date of manufacture and date of packaging, expiry date and storage conditions, batch number, conformity markings, name and location of the manufacturer. The research has analyzed the fish patty production block diagram and determined critical control points. Based on the cause and effect diagram for defects in fish patties, all defects are grouped into three blocks: defects due to the poor quality of raw material, processing defects, defects due to improper storage, transportation and sale. The obtained results have underlain the guidelines to prevent defective products at the stages of acceptance, manufacture, storage, and transportation of products to the consumer. The research also communicates recommendations for procurement of raw materials, production control, and qualification requirements for personnel, labor protection and metrological control of the equipment used. HACCP components have been successfully identified: preventive measures for hazards identified in the production of fish patties, 6 critical control points, a draft HACCP plan, and a prerequisite program.

Keywords: quality, safety, fish cutlets, food safety management system, HACCP, defects

Для цитирования

Дунченко Н.И., Хаджу М.С., Волошина Е.С., Янковская В.С., Купцова С.В., Гинзбург М.А. Разработка элементов системы менеджмента безопасности при производстве рыбных котлет // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 105–111. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-105-111

For citation

Dunchenko N.I., Hadgu M.S., Voloshina E.S., Yankovskaya V.S., Kuptsova S.V., Ginzburg M.A. Identification of health and safety management system components in the fish patty production. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 105–111. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-105-111

Введение

В существующих мировых тенденциях развития производства и товарооборота продуктов питания большое внимание уделяется вопросам разработки и внедрения превентивных мер по обеспечению безопасности пищевой продукции и стабильного производства продовольственных товаров высокого качества [1]. Во многих развитых странах применение международных стандартов ISO серий 9000 и 22000, созданных для обеспечения системного подхода при управлении качеством и безопасностью продукции, соответствующей требованиям потребителей, уже много десятилетий является обязательным условием допуска товаров к реализации на рынке.

В последние годы в России был утверждён и вступил в действие ряд стратегических и законодательных документов, регулирующих направление развития отечественной пищевой промышленности. В частности, основные положения «Доктрины продовольственной безопасности РФ» (от 30.01.2010 г.), «Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности РФ на период до 2020 года» (от 30.06.2016 г.), «Стратегии повышения качества пищевой продукции в РФ до 2030 года» (от 29.06.2016 г.), а также Технического регламента Таможенного союза 021/2011 о безопасности пищевой продукции (от 09.12.2011 г.) повышению качества и обеспечению безопасности продуктов питания отводят ключевую роль.

Так, в статье 10, главе 3 ТР ТС 021/2011, вступившего в силу 1 июля 2013 г., обеспечение безопасности пищевой продукции в процессе её производства (изготовления), хранения, перевозки (транспортирования), реализации становится обязательным для всей цепочки производства и торговли продукции (для изготовителей, продавцов и лиц, выполняющих функции иностранных изготовителей пищевой продукции) [2].

Обеспечение гарантированного высокого уровня безопасности производимой отечественной продукции является не только одной из важных целей государства в данной области, но и одной из ключевых целей деятельности предприятия.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования в работе являлись: номенклатуры показателей безопасности рыбных котлет, выработанных с использованием разных видов рыб – пангасийской рыбы (*Pangasianodon Hypophthalmus*), джомы (*Otolithus Sp*), толстолобика (*Hypophthalmichthys Molitrix*), скумбрии атлантической (*Scomber Scombrus*) и тумбиля (*Saurida Tumbil*).

При формировании номенклатуры показателей безопасности рыбных котлет использовали: информационную базу международных и российских нормативных и законодательных актов, требования стандартов ГОСТ Р ИСО 22000–2018 «Системы менеджмента безопасности пищевых продуктов. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции», ГОСТ Р ИСО/ТУ 22004–2017 «Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Руководство по применению ИСО 22000», ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции – утвержден решением комиссии Таможенного союза № 880 от 09.12.2011, ТР ЕАЭС 040/2016. О безопасности рыбы и рыбной продукции – утвержден решением Совета Евразийской экономической комиссии № 162 от 18.10.2016.

В качества инструментов и методов при проведении исследований использовали: методологии построения дерева свойств, построения блок-схемы, построения причинно-следственной диаграммы Исикавы, методы экспертной квалиметрии и метод «5М и Е».

Результаты и обсуждения

Стабильность качества и высокий уровень безопасности выпускаемой продукции можно назвать одним из необходимых условий достижения конкурентного преимущества на рынке [3]. Такая стабильность достигается только путём применения системного подхода, включающего в себя детальный анализ и оценку всех рисков. В связи с этим научные исследования в сфере разработки элементов системы обеспечения безопасности на базе анализа всех факторов, влияющих на безопасность пищевой продукции, являются важными как для теории, так и для практики. Особенно актуальна такая работа в рыбной промышленности. Во-первых, рыба является необходимым продуктом в рационе каждого человека. Это основной источник необходимых для человека пищевых нутриентов: йода и фосфора, а также белка и полиненасыщенных жирных кислот (эйкозапентаеновая, докозагексаеновая, линолевая, линоленовая, арахидоновая) и жирорастворимых витаминов.

Во-вторых, рыба, обладая высокой пищевой ценностью, входит в состав диеты, что подразумевает потребление рыбных продуктов людьми как со слабым здоровьем, так и разных возрастных групп, в т. ч. детьми и пожилыми людьми, беременными женщинами. В связи с чем необходимость обеспечения гарантированно высокого уровня безопасности рыбных продуктов является очевидной.

В-третьих, из-за наличия большого количества ценных пищевых нутриентов (белок, жир, витамины и др.) рыбная продукция подвержена микробиологической порче, приводящей не только к быстрому ухудшению органолептических свойств, но и к развитию опасных для человека микроорганизмов. Кроме того, сама рыба может содержать опасных паразитов (разновидности трематод, цестод, скебней, нематод), токсины (тетродотоксин, альготоксин, тирамин, путресцин, кадаверин, ихтиотоксин и др.), тяжелые металлы (прежде всего, ртуть) и пестициды. А в процессе производства и хранения в рыбную продукцию могут попасть или образоваться нитрозамины, бенз(а)пирен, тяжёлые металлы и др. [4].

В-четвёртых, в последние десятилетия в рыбной промышленности наблюдается тенденция повышения спроса на рыбную продукцию высокой степени готовности. В первую очередь, это касается производства рыбных котлет, которые активно покупают не только потребители в магазинах, но и предприятия общественного питания. Конечная термическая обработка (подогрев, обжарка и пр.), осуществляемая вне предприятия-производителя (дома или на предприятиях общественного питания), не предполагает возможности контроля за режимами приготовления рыбных котлет, что повышает риск отравления ими в случае недостаточной термообработки. При этом претензии к качеству будут адресованы в первую очередь предприятию-изготовителю.

В связи с этим цель научных исследований – разработка элементов системы обеспечения безопасности на базе анализа всех факторов, влияющих на безопасность формованных рыбных котлет.

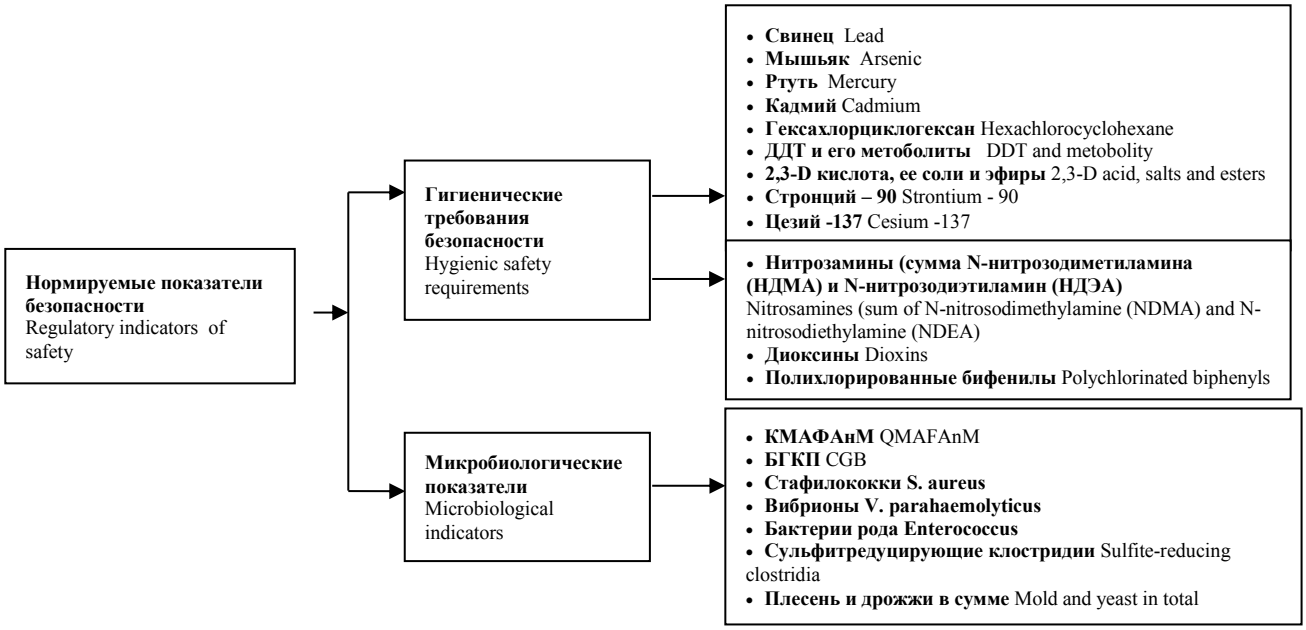


Рисунок 1. Дерево показателей безопасности варено-мороженых рыбных котлет высокой степени готовности из фарша толстолобика

Figure1. The tree of safety indicators of cooked-frozen high readiness fishcakes made from minced carp

На базе анализа научно-технической литературы и нормативной и технической документации были установлены требования, предъявляемые к рыбным котлетам, изготовленным из разных наиболее популярных видов рыб – пангасийской рыбы (*Pangasianodon Hypophthalmus*), джомы (*OtolithusSp*), толстолобика (*Hypophthalmichthys Molitrix*), скумбрии атлантической (*Scomber Scombrus*) и тумбиля (*Saurida Tumbil*). В ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» и ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» указана номенклатура показателей безопасности рыбных котлет и предельно допустимые уровни показателей безопасности. Номенклатура показателей, систематизированная с применением одного из методов квалиметрической оценки – дерева свойств, позволяет провести более полную оценку анализируемых показателей.

Выявленные номенклатуры показателей безопасности рыбных котлет, выработанных с использованием разных видов рыб, легли в основу разработки трех деревьев свойств. В качестве примера на рисунке 1 представлена часть дерева показателей безопасности (нормируемые показатели безопасности) котлет высокой степени готовности из мяса толстолобика (*Hypophthalmichthys Molitrix*).

Помимо указанных на рисунке 1 требований, к критериям безопасности рыбной продукции, несомненно, относятся и идентификационные показатели, обеспечивающие принцип прослеживаемости, поскольку обеспечение прослеживаемости на данный момент является обязательным требованием ТР ТС 021/2011 [5].

Кроме того, в соответствии с Федеральным законом № 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов» (от 02.01.2000 г.) признаются некачественными и опасными, не подлежат реализации и утилизируются или уничтожаются следующие пищевые продукты [6]:

– не соответствующие требованиям нормативных документов;

– имеющие явные признаки недоброкачественности, не вызывающие сомнений у представителей органов, осуществляющих государственный надзор и контроль в области обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов;

– не имеющие удостоверений качества и безопасности, документов изготовителя или поставщика, подтверждающих их происхождение;

– не соответствующие представленной информации или имеются обоснованные подозрения о фальсификации продукции;

– не имеющие установленных сроков годности (для пищевых продуктов, в отношении которых установление сроков годности является обязательным) или сроки годности которых истекли;

– не имеющие маркировки, содержащей все требуемые сведения.

Номенклатура идентификационных показателей рыбной продукции включает в себя весь перечень обязательных требований к качеству продукции, записанных в действующей нормативной (ГОСТ Р 51293, ГОСТ Р 51074, ТР ТС 021/2011, ТР ТС 022/2011, ТР ЕАЭС 040/2016, ГОСТ Р 50380) и технической документации на продукцию, разрабатываемой производителем. Номенклатура идентификационных показателей для каждого вида рыбной продукции индивидуальна.

На базе анализа научно-технической литературы [7, 8] и нормативной и технической документации была установлена номенклатура показателей безопасности рыбных котлет (формованного продукта из рыбного фарша): наименование продукции, состав продукции, органолептические показатели (вкус, цвет, запах, консистенция, внешний вид), физико-химические показатели (массовая доля воды, хлористого натрия, наличие примесей и пр.), пищевая и энергетическая ценность, дата изготовления и упаковывания, срок годности и условия хранения, номер партии, маркировка о подтверждении соответствия, наименование и местонахождение изготовителя.

Государственный контроль за качеством производимой продукции и её декларирование осуществляется на основании соответствия её идентификационным показателям. Такой контроль по идентификационным показателям позволяет выявить на рынке фальсифицированную (т. е. потенциально опасную) продукцию, а также отследить и изъять продукцию в случае признания её опасной, таким образом повышается уровень безопасности продукции для населения. Но такое обеспечение безопасности продукции не учитывает факторы, непосредственно оказывающие влияние на сами показатели безопасности, которые можно минимизировать или совсем исключить в процессе производства продукции.

Следующим этапом исследовательской работы было изучение факторов, влияющих на показатели безопасности рыбных котлет, выработанных из фарша разных видов рыб [9, 10]. С этой целью была разработана технологическая блок-схема производства рыбных котлет.

С применением методов экспертной квалиметрии, методологии построения причинно-следственной диаграммы Исикавы и метода «5М и Е» проанализированы и систематизированы факторы, влияющие на безопасность готовой продукции на всех технологических этапах её производства. Кроме того, таким же образом были проанализированы наиболее часто возникающие дефекты замороженных рыбных котлет и построены причинно-следственные диаграммы (рисунок 2).

Полученные результаты проведённого анализа позволили установить, что дефекты рыбных котлет могут возникать во время производства, транспортировки, хранения продукции и проявляются, прежде всего, в ухудшении вкуса, запаха, консистенции и цвета.

Анализ причин выявил, что возникновение дефектной продукции обусловлено составом и свойствами исходного сырья, соблюдением или несоблюдением режимов технологических операций, санитарно-гигиеническими условиями производства, а также транспортировки и хранения.

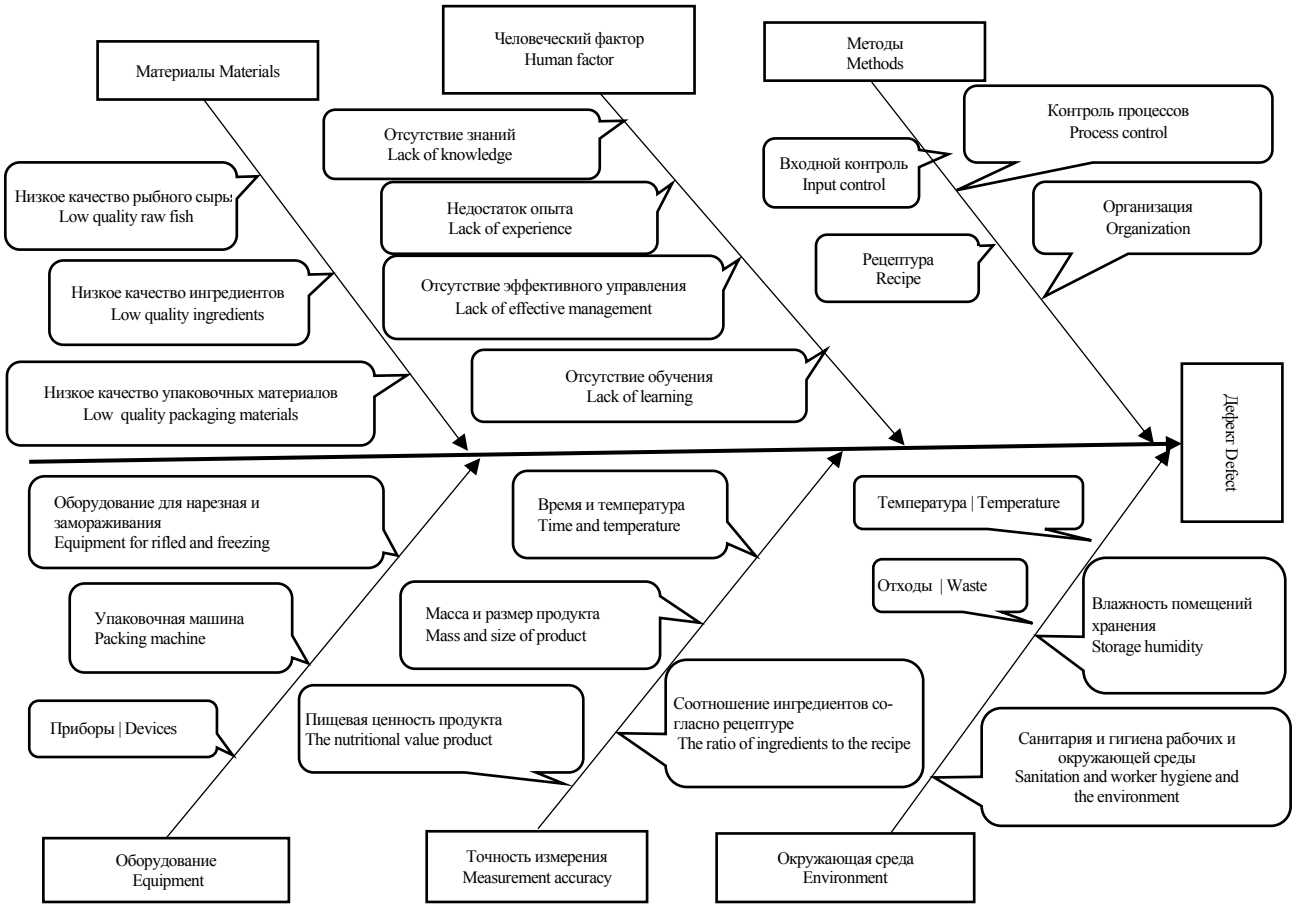


Рисунок 2. Причинно-следственная диаграмма возникновения брака при производстве рыбных котлет

Figure 2.Causal diagram of marriage in the production of fish patties

В связи с чем, в зависимости от причин возникновения пороков рыбных котлет, их можно условно разделить на три большие группы:

- первая группа – пороки из-за некачественного сырья – в процессе производства очень сложно, а чаще всего невозможно улучшить свойства некачественного исходного сырья и ингредиентов; кроме того, сырьё может содержать опасные факторы (биологические, химические и механические), связанные, например, с фальсификацией сырья, нарушением технологий производства и обработки рыбного сырья и ингредиентов, режимов их транспортировки и хранения;
- вторая группа – пороки из-за обработки – потеря качества или появление пороков рыбных котлет на этапе производства продукции происходит преимущественно в результате отклонений от нормы по количеству ингредиентов рецептуры смеси, которые непосредственно связаны с измерительным оборудованием, отклонений от нормы времени и температуры варки и замораживания; а также в процессе упаковки и маркировки продукции;
- третья группа – пороки из-за неправильного хранения, транспортировки и реализации – качественная продукция может быть испорчена в результате нарушений режимов и требований к хранению на складе, транспортировке и хранению готового продукта до реализации конечному потребителю: температура, влажность, продолжительность хранения, механические повреждения (например, падение упаковки, приводящее к нарушению герметичности, загрязнению продукции, деформации).

Полученные результаты легли в основу разработки практических рекомендаций по снижению производства дефектной продукции на этапах приёмки, производства, хранения и транспортировки продукции до потребителя. Разработаны рекомендации в сфере закупок сырья и материалов, производственного контроля, требований к компетентности персонала, охраны труда и метрологического контроля используемого оборудования.

Кроме того, установлено, что все причины возникновения пороков рыбных котлет относятся к шести этапам жизненного цикла продукции: проектирование, закупка сырья

и материалов, производство, контроль, хранение и реализация готовой продукции. Причём этап проектирования и разработки продукции является ключевым как для снижения количества дефектной продукции, так и для повышения безопасности продукции.

Это позволяет разработать элементы системы управления качеством рыбных котлет, ориентированной на формирование условий предотвращения возможности появления пороков продукции. В сфере обеспечения безопасности продуктов питания система НАССР является одним из систематических превентивных подходов [11]. Кроме того, пп. 2–3 статьи 10 ТР ТС 021/2011 обязывают предприятия пищевой промышленности разрабатывать, внедрять и поддерживать 12 основных процедур, основанных на принципах НАССР.

Более того, с 1 января 2016 г. вступил в силу новый ГОСТ 30390 «Услуги общественного питания. Продукция общественного питания, реализуемая населению. Общие технические условия», в соответствии с которым установлены обязательные требования к процедурам обеспечения безопасности продукции общественного питания, основанные на принципах НАССР.

На заключительном этапе научной работы на базе проведённых исследований и с учётом требований и рекомендаций стандартов ГОСТ Р ИСО 22000–2018 и ГОСТ Р ИСО/ТУ 22004–2017 были разработаны элементы системы НАССР: сформированы предупредительные меры для выявленных опасных факторов (биологические, химические и физические) при производстве рыбных котлет, определены 6 критических контрольных точек (приёмка сырья и ингредиентов, приготовление фарша из мяса, приготовление котлетной пасты, формование котлет, быстрая варка и замораживание), проект плана НАССР, программа обязательных предварительных мероприятий и производственная программа предварительных мероприятий.

Заключение

В результате исследования была определена номенклатура и построены деревья свойств показателей безопасности рыбных котлет, изготовленных из разных видов рыб, – пангасийской рыбы (*Pangasianodon Hypophthalmus*), джомы (*Otolithus Sp*), толстолобика (*Hypophthalmichthys Molitrix*), скумбрии атлантической (*Scomber Scombrus*) и тумбиля (*Saurida Tumbil*); разработаны причинно-следственные диаграммы возникновения брака при производстве рыбных котлет; определены критические контрольные точки и сформированы предупредительные меры для выявленных опасных факторов (биологические, химические и физические); составлен план НАССР.

Предложенные элементы системы обеспечения качества и безопасности рыбных котлет на базе проведённого анализа причин возникновения пороков рыбных котлет и факторов, снижающих их безопасность, позволяют более полно учесть возможные риски и достигнуть выпуска продукции стабильного качества с высоким уровнем гарантии безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Voloshina E.S., Dunchenko N.I. Measurement of Quality Management System performance in meat processing // Theory and practice of meat processing. 2017. V. 2. № 3. P. 21–30. doi: 10.21323/2414–438X-2017–2–3–21–30

2. Игонина И.Н., Кутина О.И., Филиппова С.В., Щербакова Е.Н. Контроль соблюдения современных требований технических регламентов таможенного союза в рыбной отрасли // Товаровед продовольственных товаров. 2017. № 11. С. 42–47.

3. Belyakova Z.Yu., Makeeva I.A., Stratonova N.V., Pryanichnikova N.S. et al. Role of organic products in the implementation of the state policy of healthy nutrition in the Russian Federation // Foods and Raw Materials. 2018. V. 6. № 1. P. 4–13. doi: 10.21603/2308-4057-2018-1-4-13

4. Стратонова Н.В., Макеева И.А., Иванилова И.Г. Системный подход к разработке понятий для пищевой продукции смешанного состава // Контроль качества продукции. 2018. № 1. С. 8–12.

5. Черксова Э.И., Голицинский П.В. Организация процесса прослеживаемости качества пшеничной муки // Компетентность. 2018. № 4 (155). С. 43–47.

6. Федеральный закон от 02 декабря 2000 г. № 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов».

7. Vijay Kumar R.S. Influence of rohu (*Labeo rohita*) deboning by-product on composition, physical properties and sensorial acceptability of rohu cutlets // Nutrition & Food Science. 2017. V. 47 № 3. P. 398–408. doi: 10.1108/NFS-08–2016–0128

8. Купцова С.В. Влияние антиоксидантов растительного происхождения на процессы окисления липидов в рыбных паштетах // Перспективы производства продуктов питания нового поколения: материалы научных статей Всероссийской научно-практической конференция с международным участием, посвященной памяти профессора Сапрыгина Г.П. Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2017. С. 347–350.

9. Pilankar A.S., Gaikwad B.V., Sharangdher S.T. Sensory evaluation and biochemical changes of fish cutlets, made from Dhoma (*Otolithussp*) fish during frozen storage // International Journal of Science, Environment and Technology. 2016. V. 5. № 6. P. 3905–3913.

10. Rathod N., Pagarkar A. Biochemical and sensory quality changes of fish cutlets, made from Pangasius fish (*Pangasianodonhypophthalmus*), during storage in refrigerated display unit at -15 to -18 °C // International Journal of Food, Agriculture and Veterinary Sciences. 2013. V. 3 (1). P. 1–8.

11. Moran F., Sullivan C., Keener K., Cullen P. Facilitating smart HACCP strategies with Process Analytical Technology // Current Opinion in Food Science. 2017. V. 17. P. 94–99. doi: 10.1007/978–1–4939–0311–5

REFERENCES

1 Voloshina E.S., Dunchenko N.I. Measurement of Quality Management System performance in meat processing. Theory and practice of meat processing. 2017. vol. 2. no. 3. pp. 21–30. doi: 10.21323/2414–438X-2017–2–3–21–30

2 Igonina I.N., Kutina O.I., Filippova S.V., Shcherbakova E.N. Monitoring compliance with modern requirements of technical regulations of the customs union in the fishing industry. *Tovaroved prodovol'stvennykh tovarov* [Foods commodity expert]. 2017. no. 11. pp. 42–47. (in Russian).

3 Belyakova Z.Yu., Makeeva I.A., Stratonova N.V., Pryanichnikova N.S. et al. Role of organic products in the implementation of the state policy of healthy nutrition in the Russian Federation. Foods and Raw Materials. 2018. vol. 6. no. 1. pp. 4–13. doi: 10.21603/2308-4057-2018-1-4-13

4 Stratonova N.V., Makeyeva I.A., Ivanilova I.G. A systematic approach to the development of concepts for food products of mixed composition. *Kontrol' kachestva produktsii* [Quality control of products]. 2018. no. 1. pp. 8–12. (in Russian).

5 Cherksova E.I., Golitsynskiy P.V. Organization of traceability of wheat flour quality. *Kompetentnost* [Competence]. 2018. no. 4 (155). pp. 43–47. (in Russian).

6 Federal'nyy zakon ot 02 dekabrya 2000 g. № 29-FZ «O kachestve i bezopasnosti pishchevykh produktov» [Federal Law of December 02, 2000 No. 29-ФЗ "On the quality and safety of food products"]. (in Russian).

7 Vijay Kumar R.S. Influence of rohu (*Labeo rohita*) deboning by-product on composition, physical properties and sensorial acceptability of rohu cutlets. Nutrition & Food Science. 2017. vol. 47. no. 3. pp. 398–408. doi: 10.1108/NFS-08–2016–0128

8 Kuptsova S.V. The influence of plant-derived antioxidants on the processes of lipid oxidation in fish pates. *Perspektivy proizvodstva produktov pitaniyanovogo pokoleniya* [Prospects for the production of new generation food products: materials of scientific articles of the All-Russian scientific-practical conference with international participation, dedicated to the memory of Professor Saprygin G.P.].Omsk, Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin. 2017. pp. 347–350. (in Russian).

9 Pilankar A.S., GaikwadB.V., Sharangdher S.T. Sensory evaluation and biochemical changes of fish cutlets, made from Dhoma (*Otolithussp*) fish during frozen storage. International Journal of Science, Environment and Technology. 2016. vol. 5. no. 6. pp. 3905–3913.

10 Rathod N.,Pagarkar A. Biochemical and sensory quality changes of fish cutlets, made from Pangasius fish (*Pangasianodonhypophthalmus*), during storage in refrigerated display unit at -15 to -18 °C. International Journal of Food, Agriculture and Veterinary Sciences. 2013. vol. 3 (1). pp. 1–8.

11 Moran F., Sullivan C., Keener K., Cullen P. Facilitating smart HACCP strategies with Process Analytical Technology. Current Opinion in Food Science. 2017. vol. 17. pp. 94–99. doi: 10.1007/978–1–4939–0311–5

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Нина И. Дунченко д.т.н., профессор, кафедра управления качеством и товароведения продукции, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Россия, dunchenko.nina@yandex.ru

Мелаке С. Хаджу магистрант, кафедра управления качеством и товароведения продукции, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Россия, melakesamuel92@gmail.com

Елена С. Волошина к.т.н., доцент, кафедра управления качеством и товароведения продукции, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Россия, yudakovaes@gmail.com

Валентина С. Янковская к.т.н., доцент, кафедра управления качеством и товароведения продукции, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Россия, Vs3110@yandex.ru

Светлана В. Купцова к.т.н., доцент, кафедра управления качеством и товароведения продукции, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Россия, skuptsova@yandex.ru

Марина А. Гинзбург старший преподаватель, кафедра управления качеством и товароведения продукции, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Россия, marina-micra@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 06.11.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.01.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Nina I. Dunchenko Dr. Sci. (Engin.), professor, quality management and food sciences department, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, 127550, Russia, dunchenko.nina@yandex.ru

Melake S. Hadgu master student, quality management and food sciences department, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, 127550, Russia, melakesamuel92@gmail.com

Elena S. Voloshina Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, quality management and food sciences department, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, 127550, Russia, yudakovaes@gmail.com

Valentina S. Yankovskaya Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, quality management and food sciences department, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, 127550, Russia, Vs3110@yandex.ru

Svetlana V. Kuptsova Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, quality management and food sciences department, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, 127550, Russia, skuptsova@yandex.ru

Marina A. Ginzburg senior lecturer, quality management and food sciences department, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, 127550, Russia, marina-micra@yandex.ru

CONTRIBUTION

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 11.6.2017

ACCEPTED 1.18.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 640

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-112-119

Выбор ферментных препаратов и температурно-временных режимов водно-тепловой и ферментативной обработки при разработке комплексной технологии переработки зернового сырья

Наталья В. Зуева [1] nataspirt30@yandex.ru
Геннадий В. Агафонов [1] gvagafonov@mail.ru
Маргарита В. Корчагина [1] rita.korchagina.97@mail.ru
Александр Н. Долгов [1]
Алла Е. Чусова [1] hycovai@mail.ru

[1] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. В статье проведены исследования по выбору ферментных препаратов амилолитического действия, предназначенных для получения крахмалистого сусла с повышенным содержанием сухих веществ после выделения из него клейковины. Также была проведена сравнительная характеристика основных показатели качества бражки, полученной по предполагаемой и классической технологии, варьируя дозировки осахаривающих ферментных препаратов от 2 до 8 ед. ГлА/г. условного крахмала. Изучен процесс сбраживания концентрированного сусла в зависимости от дозировки осахаривающего ферментного препарата Биозим 800 L.

Ключевые слова: ферментные препараты, сусло, клейковина, комплексная технология, бражка

Selection of enzyme preparations and temperature-time regimes of water-heat and enzymatic treatment in the development of complex technology of processing of grain raw materials

Natalia V. Zueva [1] nataspirt30@yandex.ru
Gennady V. Agafonov [1] gvagafonov@mail.ru
Margarita V. Korchagina [1] rita.korchagina.97@mail.ru
Alexander N. Dolgov [1]
Alla E. Chusova [1] hycovai@mail.ru

[1] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The article studies the selection of enzyme preparations of amilolitichesky action intended for receiving a starchy mash with the increased content of solids after release of gluten from it are conducted. Also comparative characteristic of the main indicators of quality of the distiller's beer received on estimated and classical technology was carried out, varying dosages of osakharivayushchy fermental medicines from 2 to 8 units of GLA/g of conditional starch. Process of a sbrazhivaniye of the concentrated mash depending on a dosage of the osakharivayushchy fermental medicine Biozim 800 L is studied.

Keywords: enzymes, mash, gluten, complex technology, distiller's beer

Введение

Среди приоритетных направлений развития спиртовой отрасли на первое место в настоящее время выдвигаются разработки по созданию энерго- и ресурсосберегающих технологий получения этанола из зерна. Для получения и сбраживания осахаренного зернового сусла необходимо крахмал и другие компоненты сырья перевести в растворённое состояние. Выбор режимов и технологических параметров получения осахаренного сусла при разработке новых технологий получения этанола базируется на экономических и аппаратурно-технологических аспектах производства и во многом определяется свойствами перерабатываемого сырья [1–6].

В связи с этим необходимость в разработке новых технологий, которые учитывают состав белковых веществ и некрахмальных соединений различных видов зернового сырья с целью эффективности биоконверсии всех составных частей зерна, позволяющих не только интенсифицировать процесс спиртового брожения и увеличить выход спирта, но и получать дополнительно кормовые белковые продукты, является своевременной и актуальной.

Для цитирования

Зуева Н.В., Агафонов Г.В., Корчагина М.В., Долгов А.Н. Чусова А.Е. Выбор ферментных препаратов и температурно-временных режимов водно-тепловой и ферментативной обработки при разработке комплексной технологии переработки зернового сырья // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 112–119. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-112-119

For citation

Zueva N.V. Agafonov G.V., Korchagina M.V., Dolgov A.N. Chusova A.E. Selection of enzyme preparations and temperature-time regimes of water-heat and enzymatic treatment in the development of complex technology of processing of grain raw materials. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 112–119. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-112-119

Материалы и методы

В спиртовом производстве существует два способа получения сусла: разваривание сырья под давлением и механико-ферментативная обработка.

Стандартный способ механико-ферментативной обработки предусматривает: смешивание сырья (пшеничный помол, характеризующийся 90–95% проходом через сито d = 1,0 мм) с водой при гидромодуле 1:3, внесение ферментного препарата разжижающего действия (в дозировке 1,5–2,0 ед. АС/г условного крахмала сырья), нагрев замеса до температуры 50 °С и выдержку в течение 30 мин (пауза 1). Затем повышение температуры до 70–75 °С. Смесь выдерживают при данной температуре с перемешиванием среды в течение 2–2,5 ч (пауза 2). Затем идет обработка замеса при температуре 80–95 °С и длительности 60 мин (пауза 3). Полученную разваренную массу охлаждают до температуры осахаривания 56–58 °С, вносят ферментный препарат осахаривающего действия (в дозировке 6,0 ед. Гл С/г условного крахмала сырья), массу при данной температуре выдерживают в течение 30 мин (пауза 4).

Этот способ позволяет получить спирт по низкотемпературным режимам разваривания с минимальными потерями. Он был выбран для получения концентрированного сусла путем смешивания А-крахмала и В-крахмала. Процесс получения сусла заключался в следующем: освобожденное от примесей увлажненное зерновое сырье дробили и просеивали на трехпозиционном рассеве, отделяя отруби. При этом проход через сита диаметром 0,16–0,25 мм должен составлять не менее 85–100%. Полученную муку смешивали с подогретой до 50 °С водой в соотношении 1,5:1,0, вносили целлюлолитический ферментный препарат «Висколаза» в дозировке 0,01% к массе целого зерна. Ферментный препарат содержит в своем составе β-глюканазу, ксиланазу и целлюлазу, которые обеспечивают эффективный гидролиз некрахмальных полисахаридов: целлюлозы и гемицеллюлозы, а также оболочек и клеточных стенок сырья. Замес гомогенизировали, после чего полученную суспензию в гидроциклонах разделяли на два потока. Первый поток содержит А-крахмал и пищевые волокна, второй поток – глютен, В-крахмал, пентозаны и растворимые белки. А-крахмал промывали, глютен и В-крахмал разделяли с одновременной промывкой на барабанных ситах, выделенный глютен высушивали.

Были проведены исследования по выбору ферментных препаратов разжижающего и осахаривающего действия; изучена возможность снижения их норм дозировок; подобраны оптимальные температурно-временные режимы водно-тепловой и ферментативной обработки.

На начальном этапе осуществляли подбор ферментных препаратов амилолитического действия, предназначенных для получения крахмалистого сусла с повышенным содержанием сухих веществ после выделения из него клейковины.

Все жидкие потоки, образующиеся в процессе извлечения клейковины, направляли на ферментацию в спиртовое производство. При этом содержание сухих веществ сусла составляет 20–24% масс.

Были использованы два ферментных препарата разжижающего действия, которые являются термостабильными (рисунок 1, 2). Эксперименты проводились на двух образцах сусла, результат биохимических показателей которых представлен в таблице 1.

Таблица 1.

Показатели качества осахаренного сусла в зависимости от дозировок амилолитических ферментных препаратов разжижающего действия

Table 1.

The indicators of the quality of saccharified wort depending on the dosages amilli actual enzyme preparations razzia-super action

Ферментный препарат Enzyme	Содержание СВ сусла Wort WD	Дозировка ФП, ед. АС/г условного крахмала Enzyme dosages	Содержание в сусле Content in wort			Аминный азот, мг/100 см^3 Amine nitrogen, mg/100 ml	Видимая доброкачественность, % The visible purity, %
			СВ, % мас. DM, wt. %	ОРВ, г/100 см^3 ODS, g/100 ml	РВ, г/100 см^3 RV, g/100 ml		
Thermofarm 3500L	16–18%	2	17,8	12,5	8,6	13,4	68,8
	20–24%	0,5	23,8	13	7,6	17,2–21,4	58,5
		0,7		15,41	10,2		66,1
		1		20,63	17,6		85,3
		1,2		21,08	18,1		85,86
		1,5		21,12	18,3		85,9
Termamyl 120L	16–18%	2	17,6	12,5	8,5	13,2	68,0
	20–24%	0,5	23,5	11	7,0	16,4–19,8	58,3
		0,7		13,46	8,9		66,1
		1		19,5	16,0		82,0
		1,2		19,8	16,2		81,8
		1,5		20,0	16,3		81,5

Результаты и обсуждение

Вид препарата оказывает влияние на концентрацию сусла и количество сбраживаемых углеводов при одинаковой продолжительности механико-ферментативной обработки. На первом этапе варьировали дозировки внесения ферментных препаратов разжижающего действия от 0,5 до 2,0 ед. АС/г условного крахмала сырья.

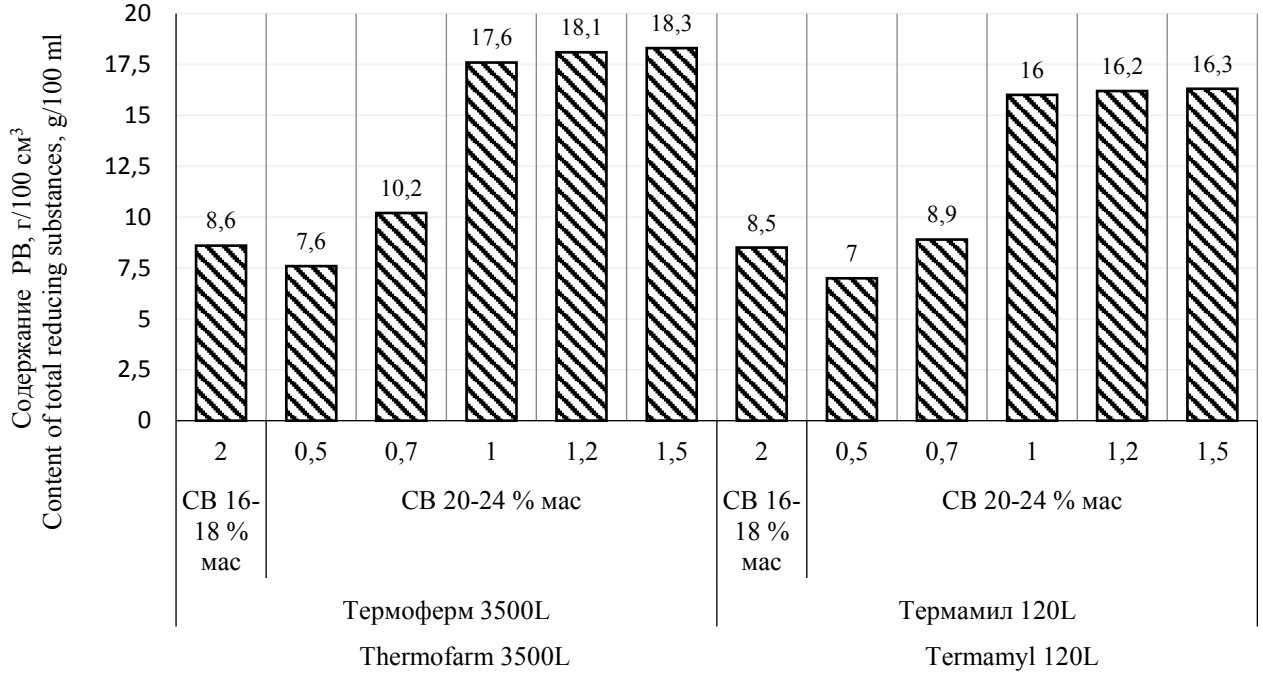


Рисунок 1. Зависимость содержания редуцирующих веществ от дозировок разжижающих ферментных препаратов

Figure 1. Dependence of the content of reducing substances on the dosages of diluting enzyme preparations

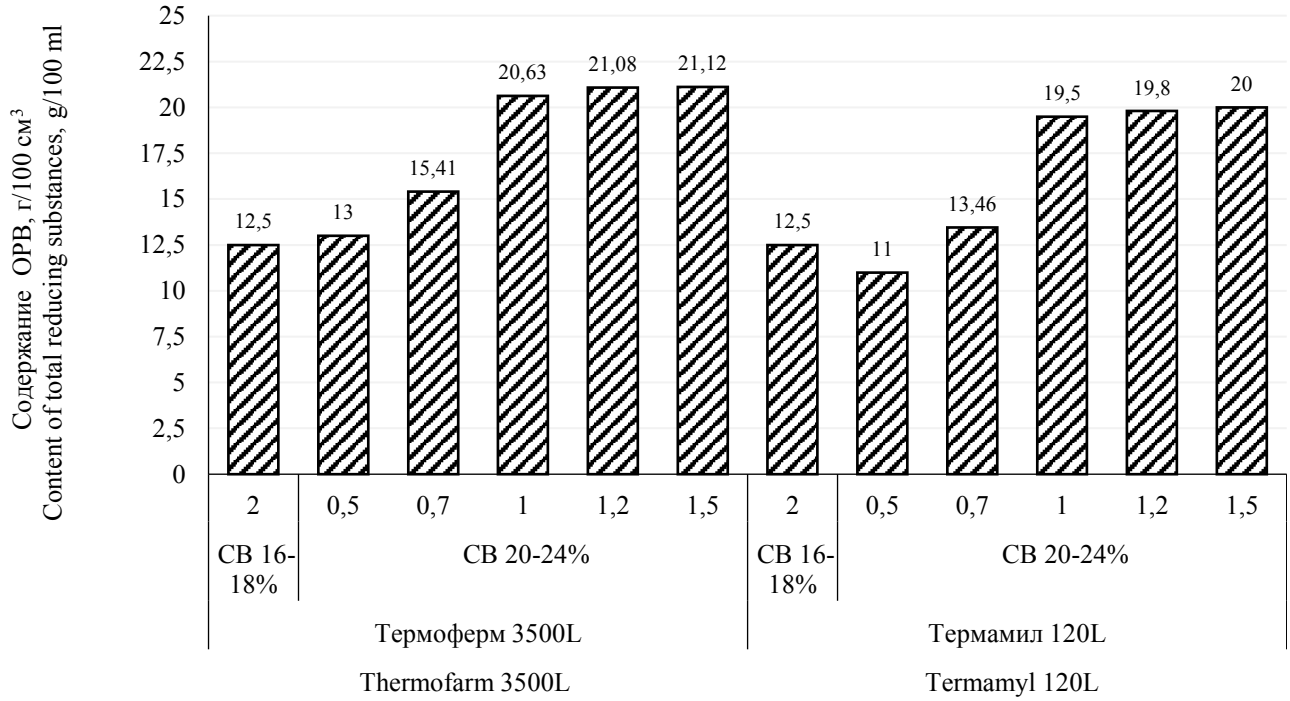


Рисунок 2. Зависимость содержания общих редуцирующих веществ от дозировок разжижающих ферментных препаратов

Figure 2. Dependence of the content of General reducing substances on the dosages of diluting enzyme preparations

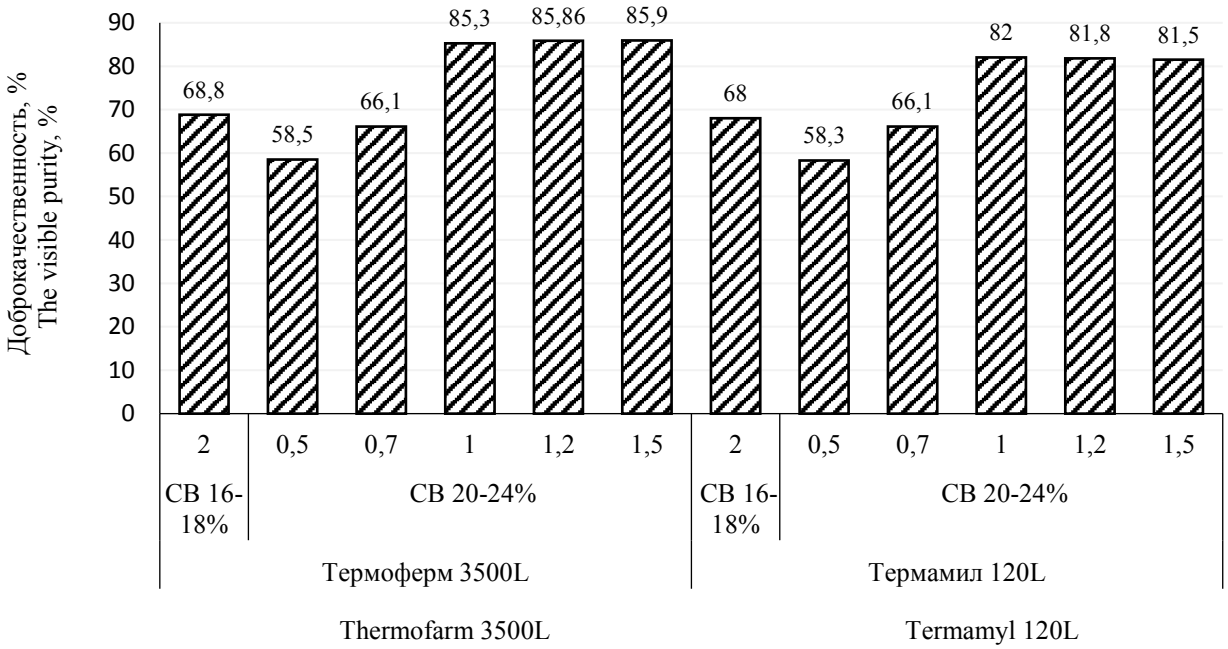


Рисунок 3. Зависимость доброкачественности сусла от дозировок разжижающих ферментных препаратов

Figure 3. The dependence of the quality of wort from the dosages of diluting enzyme preparations

Из рисунков 1–3 видно, что использование в качестве разжижающего препарата Термоферм 3500 L в дозировке 0,5 ед. АС/г условного крахмала позволяет повысить содержание общих редуцирующих веществ по сравнению с суслом, полученным по стандартной технологии, на 20–35%. Содержание редуцирующих веществ при дозировке 0,5 ед. АС/г условного крахмала составляет 13 г/100 см^3, тогда как при дозировке 1 ед. АС/г у.с.к. – 20,6 г/100 см^3.

Вероятно, это связано с тем, что использование целлюлолитических ферментных препаратов в технологии получения концентрированного сусла интенсифицирует процесс гидролиза клеточных стенок и оболочек сырья, что улучшает доступ амилолитических ферментов к крахмалу и повышает степень его использования [7–10].

Дальнейшее увеличение дозировки ферментного препарата не приводит к значительному увеличению общих редуцирующих веществ.

При применении в качестве разжижающего ферментного препарата Термамил 120 L максимальное содержание общих редуцирующих веществ наблюдали при дозировке 1 ед. АС/г условного крахмала – 19,5 г/100 см^3. При дальнейшем увеличении дозировки содержание общих редуцирующих веществ увеличилось незначительно на 1,5–2,0%.

Применение в качестве разжижающего препарата Термоферм 3500 L позволяет получить сусло с максимальной концентрацией сухих веществ, сбраживаемых углеводов и восстанавливающих сахаров. При этом показатель видимой доброкачественности сусла при использовании Термоферм 3500 L составил 85,8, что превышает соответствующие значения для Термамил 120 L. Максимальное содержание аминного азота сусла проявляется при использовании ферментного препарата Термоферм 3500 L при дозировке 1,0–1,2 ед. АС/г условного крахмала и составляет 17–21 мг/100 см^3, тогда как при использовании ферментного препарата Термамил 120 L количество аминного азота колеблется от 16,5 до 20 мг/100 см^3.

Исходя из полученных результатов ферментный препарат Термоферм 3500 L будет использован нами в качестве разжижающего при переработке концентрированного сусла.

На следующем этапе работы сравнивали основные показатели качества бражки, полученной по предполагаемой и классической технологии, варьируя дозировки осахаривающих ферментных препаратов от 2 до 8 ед. ГлА/г условного крахмала.

При температуре 56–58 °С проводили осахаривание в течение 30 мин. Использовали Биозим 800 L и Сан Супер 360 L [1].

При температуре 28–30 °С проводили сбраживание в течение 48–72 ч с использованием дрожжей расы XII. Вносили 15 млн/см^3 дрожжей. Влияние изучаемых факторов на сбраживание концентрированного сусла контролировали по концентрации спирта, содержанию несброженных углеводов, содержанию нерастворенного крахмала [2] (таблица 2).

Таблица 2.

Показатели качества бражки в зависимости от дозировок осахаривающих ферментных препаратов

Table 2.

Indicators of the quality of the brew depending on the dosages enzyme

Ферментный препарат Enzyme	Содержание СВ сусла Wort WD	Дозировка ферментного препарата, ед. ГлА/г у.к Enzyme dosages	Растворенные несброженные УВ, г/100 см^3 Dissolved unfermented hydrocarbons, g/100 ml	Нерастворенный крахмал, г/100 см^3 Undissolved starch, g/100 ml	Концентрация спирта Alcohol concentration
Биозим 800 L Biozim 800 L	16–18%	7,5	0,3	0,180	7,9
	20–24%	2	0,41	0,171	8,3
		4	0,38	0,100	8,5
		6	0,32	0,025	8,9
		7	0,29	0,090	9,1
		8	0,27	0,098	9,1
Сан Супер 360 L San Super 360 L	16–18%	7,5	0,31	0,185	7,5
	20–24%	2	0,45	0,180	7,8
		4	0,4	0,120	7,9
		6	0,35	0,030	8,5
		7	0,34	0,101	8,3
		8	0,3	0,099	8,2

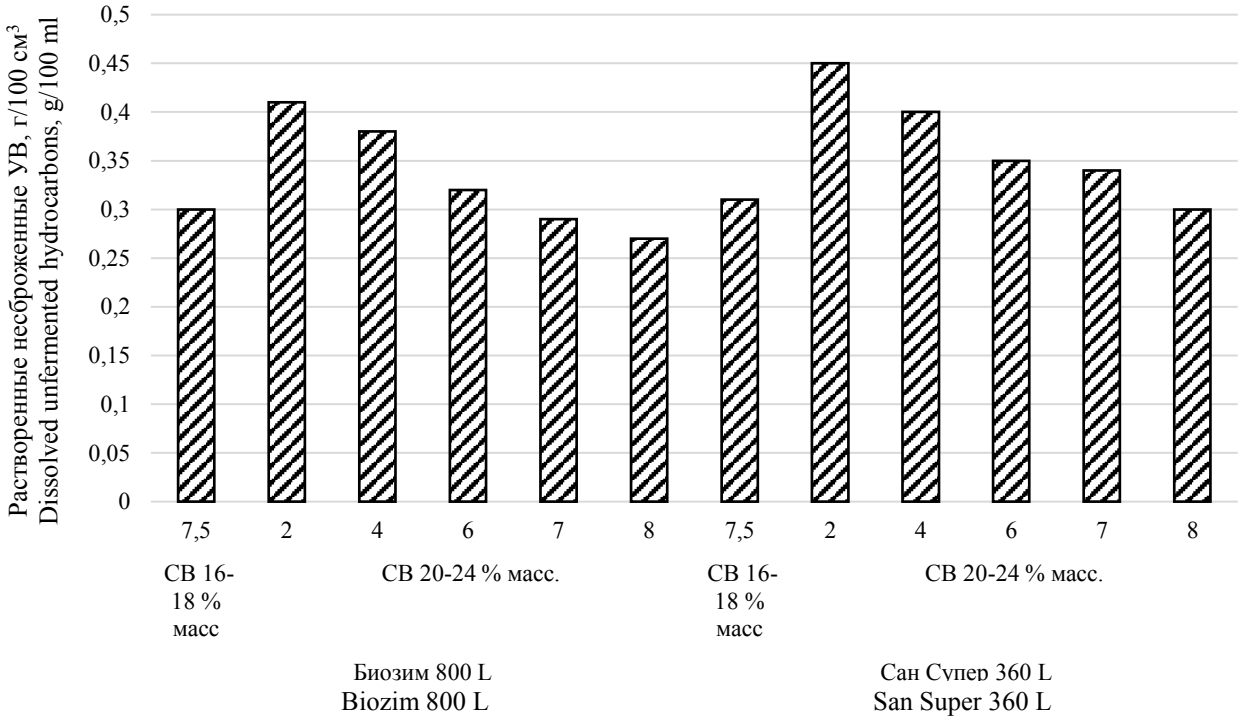


Рисунок 4. Зависимость растворенных несброженных углеводов от дозировок осахаривающих ферментных препаратов

Figure 4. The dependence of dissolved unfermented carbohydrates from the dosages enzyme

При использовании в качестве осахаривающего ферментного препарата Биозим 800 L (рисунок 4) снизилось количество растворенных несброженных углеводов с 0,41 до 0,27 г/100 см^3, количество нерастворенного крахмала – с 0,171 до 0,098 г/100 см^3, а концентрация спирта повысилась с 8,3 до 9,1% об.

Использование препарата Биозим 800 L дает сусло с максимальной концентрацией этанола. Так, при использовании ферментного препарата Биозим 800 L при дозировке 7 ед. ОС/г условного крахмала концентрация спирта – 9,1% об., тогда как при использовании ферментного препарата Сан Супер 360 L при той же дозировке содержание спирта составило 8,3% об. Поэтому препарат Биозим 800 L выбран в качестве лучшего.

Снижение дозировки осахаривающего препарата Биозим 800 L с 7 ед. ГлА на 1 т условного крахмала нормой до 4 ед. ГлА сопровождалось ухудшением таких показателей

сусла, как массовая доля сбраживаемых углеводов и восстанавливающих сахаров, хотя концентрация сухих веществ в нем при этом практически не изменялась.

Третий этап исследований был посвящен изучению процесса сбраживания концентрированного сусла в зависимости от дозировки осахаривающего ферментного препарата Биозим 800 L. Брожение осуществляли при температуре 28–30 °С. В процессе брожения определяли динамику выделения CO_2. Препарат Биозим 800 L, вносили в дозировке 5–8 ед. ГлА/г условного крахмала.

На рисунке 5 представлена сравнительная характеристика процесса динамики выделения CO_2, полученного с внесением Биозим 800 L.

В начале брожения (рисунок 5) имеется небольшая лаг-фаза, длящаяся около 2 ч. На ее продолжительность дозировка ферментного препарата практически не оказывает влияния.

Пробы сусла ставили на брожение в емкости объемом 1,5 дм^3 с гидрозатвором. Сбраживание осуществляли периодическим способом при температуре 28–30 °С. Сбраживали с использованием дрожжей расы XII (количество дрожжей составило 15 млн/см^3) методом Варбурга. В двух других емкостях на 1,5 дм^3 измеряли интенсивность выделения углекислого газа, где объем бродящей жидкости оставался неизменным в течение всего процесса брожения.

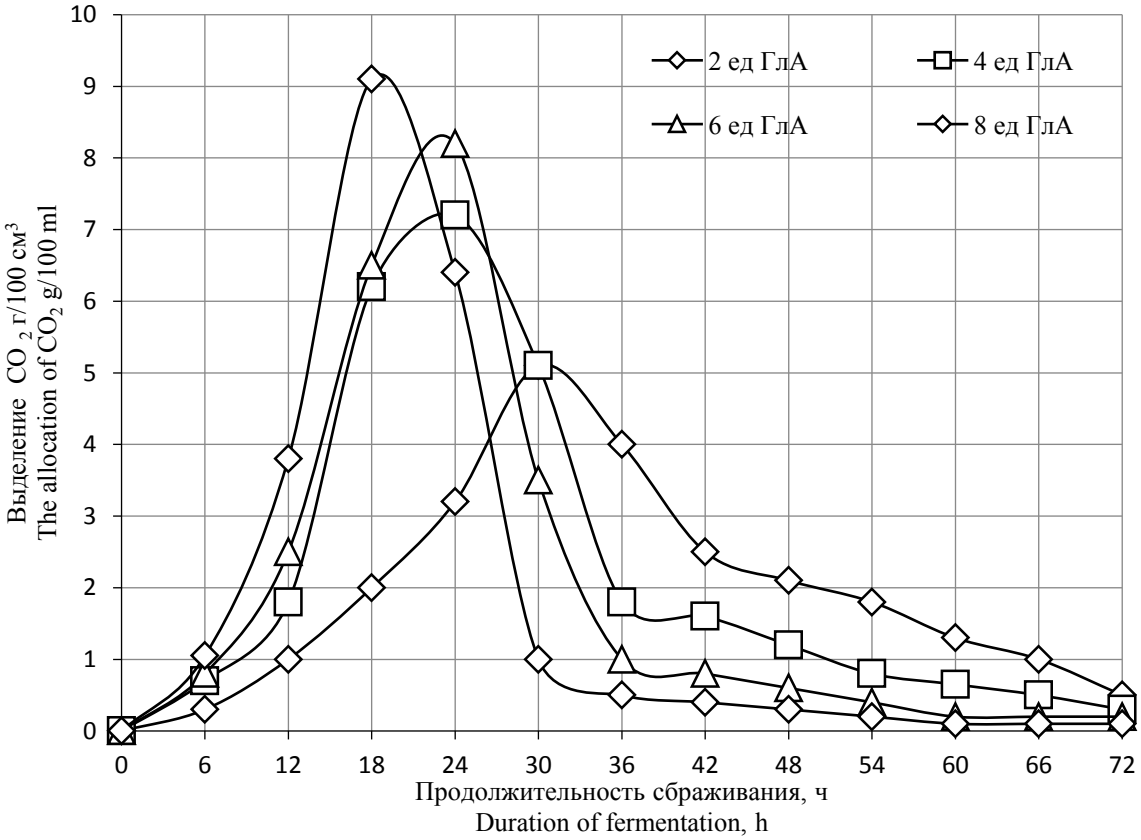


Рисунок 5. Зависимость выделения углекислого газа от продолжительности сбраживания и различных дозировок ферментного препарата Биозим 800 L

Figure 5. The dependence of the release of carbon dioxide on the duration of fermentation and different dosages of the enzyme preparation Biosim 800 L

Далее наступает более интенсивное выделение CO_2, что свидетельствует о наступлении главного брожения, при котором происходит интенсивное сбраживание углеводов, длящееся 24–26 ч. Установлено, что при использовании Биозим 800 L в дозировке 8,0 ед. ГлА/г условного крахмала брожение начинается через 18–20 ч, при дозировке 6,0 ед. ГлА/г условного крахмала – через 20–24 ч, при снижении дозировки до 2 ед. ГлА/г условного крахмала – через 30–32 ч. Затем количество выделяющегося углекислого газа постепенно уменьшается, что говорит о наступлении стадии дображивания, которая занимает 2/3 времени брожения. При использовании ферментного препарата Биозим 800 L в дозировке 8,0 ед. ГлА/г брожение заканчивается к 55 ч. Использование препарата способствует повышению физиологической активности дрожжей и улучшению показателей сбраживания сусла.

Это можно объяснить тем, что бражка обогащена водорастворимыми фракциями белка, а также аминокислотами, витаминами, макро- и микроэлементами, что позволяет интенсифицировать процесс брожения с 72 до 54 ч, так как дрожжи обогащены дополнительным азотным питанием.

Заключение

Проведены исследования биохимических свойств продуктов и полупродуктов при разработке комплексной технологии переработки зернового сырья. Подобраны ферментные препараты различного спектра действия, а также технологические режимы водно-тепловой обработки, позволившие на 1,5 ч снизить продолжительность процесса. Изучены технологические аспекты, связанные с переработкой концентрированного сусла. Проведены исследования по определению факторов, влияющих на процесс получения концентрированного сусла по предлагаемой технологии. Установлено, что для достижения требуемых реологических характеристик сусла водно-тепловая обработка должна начинаться с 70 °С. В качестве ферментного препарата разжижающего действия рекомендован ферментный препарат Термоферм 3500 L в дозировке 1 ед. АС/г условного крахмала. Исследован процесс сбраживания концентрированного сусла в зависимости от дозировок осахаривающего ферментного препарата Биозим 800 L. Выявили, что использование ферментного препарата Биозим 800 L в дозировке 8,0 ед. ГлА/г способствует повышению физиологической активности дрожжей и улучшению показателей сбраживания сусла. Продолжительность сбраживания составила 55 ч.

ЛИТЕРАТУРА

1 Корчагина М.В., Агафонов Г.В., Зуева Н.В., Долгов А.Н. Влияние ферментных препаратов на основные показатели продуктов при разработке технологии переработки концентрированного сусла на этанол // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 2. С. 191–197.

2 Корчагина М.В., Агафонов Г.В., Зуева Н.В., Левченко И.В. Перспективы разработки технологии глубокой переработки зернового сырья с получением пищевых и технических продуктов // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение: материалы III Международной научно – технической конференции. 2016. С. 340.

3 Калошина Е.Н. Исследование предварительной обработки зерна пшеницы, используемого для производства этанола и кормопродукта из спиртовой барды // Хранение и переработка сельхозсырья. 2006. № 3. С. 38–42.

4 Начетова М.А., Баракова Н.В. Влияние режима внесения протеолитического ферментного препарата на параметры сбраживания высококонцентрированного сусла из экструдированной пшеницы // Производство спирта и ликероводочных изделий. 2013. № 4. С. 17–19.

5 Яровенко В.Л., Маринченко В.А., Смирнов В.А. Технология спирта: учеб. пособие. М.: Колос, 2002. 464 с.

6 Rosicka-Kaczmarek J., Komisarczyk A., Nebesny E., Makowski B. The influence of arabinoxylans on the quality of grain industry products // European Food Research and Technology. 2016. V. 242. № 3. P. 295–303.

7 Szymanowska-Powałowska D., Lewandowicz G., Kubiak P., Błaszczak W. Stability of the process of simultaneous saccharification and fermentation of corn flour. The effect of structural changes of starch by stillage recycling and scaling up of the process // Fuel. 2014. V. 119. P. 328–334.

8 Radosavljevic M., Pejin J., Kocic-Tanackov S., Mladenovic D. et al. Brewers' spent grain and thin stillage as raw materials in l-(+)-lactic acid fermentation // Journal of the Institute of Brewing. 2018. V. 124. № 1. P. 23–30.

9 Ананских В.В., Чесноков В.М. Паровой смеситель для клейстеризации крахмала в разжижающей установке // Вестник ВГУИТ. 2015. № 4. С. 38–42.

10 Son C.K. Impacts of liquefaction time and enzymes on ethanol yield of very high gravity processfor beverage ethanol production // Vietnam Journal of Science and Technology. 2016. V. 54. № 4A. P. 242.

REFERENCES

1 Korchagina M.V., Agafonov G.V., Zueva N.V., Dolgov A.N. The influence of enzyme preparations on the main indicators of products in the development of technology for the processing of concentrated wort on ethanol. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2017. vol. 79. no. 2. pp. 191–197. (in Russian).

2 Korchagina M.V., Agafonov G.V., Zueva N.V., Levchenko I.V. Prospects for the development of technology for deep processing of grain raw materials to produce food and technical products. *Prodovol'stvennaya bezopasnost': nauchnoye, kadrovoye i informatsionnoye obespecheniye* [Food safety: scientific, personnel and information support: materials of the III International Scientific and Technical Conference]. 2016. pp. 340. (in Russian).

3 Kaloshina E.N. Study of pretreatment of wheat grain used for the production of ethanol and feedstuff from alcohol bards. *Khraneniye i pererabotka sel'khozsyr'ya* [Storage and processing of agricultural raw materials]. 2006. no. 3. pp. 38–42. (in Russian).

4 Nachetova MA, Barakova N.V. The influence of the mode of introduction of the proteolytic enzyme preparation on the parameters of the fermentation of highly concentrated wort from extruded wheat. *Proizvodstvo spirta i likerovodochnykh izdeliy* [Production of alcohol and alcoholic beverages]. 2013. no. 4. pp. 17–19. (in Russian).

5 Yarovenko V.L., Marinchenko V.A., Smirnov V.A. Tekhnologiya spirta [Alcohol technology]. Moscow, Kolos, 2002. 464 p. (in Russian).

6 Rosicka-Kaczmarek J., Komisarczyk A., Nebesny E., Makowski B. The influence of arabinoxylans on the quality of grain industry products. European Food Research and Technology. 2016. vol. 242. no. 3. pp. 295–303.

7 Szymanowska-Powałowska D., Lewandowicz G., Kubiak P., Błaszczak W. Stability of the process of simultaneous saccharification and fermentation of corn flour. The effect of structural changes of starch by stillage recycling and scaling up of the process. Fuel. 2014. vol. 119. pp. 328–334.

8 Radosavljevic M., Pejin J., Kocic-Tanackov S., Mladenovic D. et al. Brewers' spent grain and thin stillage as raw materials in l-(+)-lactic acid fermentation. Journal of the Institute of Brewing. 2018. vol. 124. no. 1. pp. 23–30.

9 Anansky V.V., Chesnokov V.M. Steam mixer for starch gelatinization in a thinning plant. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of the VSUET]. 2015. no. 4. pp. 38–42. (in Russian).

10 Son C.K. Impacts of liquefaction time and enzymes on ethanol yield of very high gravity processfor beverage ethanol production. Vietnam Journal of Science and Technology. 2016. vol. 54. no. 4A. pp. 242.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Наталья В. Зуева к.т.н., доцент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, nataspirt30@yandex.ru

Геннадий В. Агафонов д.т.н., профессор, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, gvagafonov@mail.ru

Маргарита В. Корчагина магистрант, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, rita.korchagina.97@mail.ru

Александр Н. Долгов студент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Алла Е. Чусова к.т.н., доцент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, hycovai@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 25.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 20.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Natalia V. Zueva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Technologies of fermentation and sugar production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, nataspirt30@yandex.ru

Gennady V. Agafonov Dr. Sci. (Engin.), professor, Technologies of fermentation and sugar production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, gvagafonov@mail.ru

Margarita V. Korchagina master student, Technologies of fermentation and sugar production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, rita.korchagina.97@mail.ru

Alexander N. Dolgov student, Technologies of fermentation and sugar production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Alla E. Chusova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Technologies of fermentation and sugar production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, hycovai@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.25.2019

ACCEPTED 2.20.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 664.765

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-120-124

Получение пищевых эмульгированных пен, обогащенных нативным кальцием

Татьяна В. Алексеева [1] zyablova@mail.ru
Юлия О. Калгина [1] yuliya_kalgina@bk.ru
Валерия С. Евлакова [1] Leraevlakova@gmail.com
Людмила А. Малакова [1] mix_box3@mail.ru
Евгений О. Здоровцев [1] Zenya7777@mail.ru
Анастасия П. Фурсова [1] nasti999_@ gmail.com

[1] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Статья посвящена проблеме дефицита кальция. Отмечено, что в последнее время у населения наблюдается уменьшение потребления здоровой пищи, обогащенной макро- и микроэлементами, увеличение потребления легкоусвояемой углеводсодержащей и жирной пищи. Выяснено, что скорлупа куриных яиц является дешевым побочным продуктом животной отрасли и может применяться как эффективный источник сырья для производства пищевой продукции направленного действия. Установлена перспективность привлечения пищевой добавки на основе яичной скорлупы в блюда молекулярной кухни. Представлена технология получения добавки из яичной скорлупы. Обоснована перспективность применения новой добавки в блюдах молекулярной кухни, полученных с применением процесса эмульгирования. Представлены результаты исследований по внесению добавки в эмульгированные пены. Разработана товароведная линейка готовой продукции данного вида. Показаны данные по удовлетворению суточной потребности и безопасности полученных изделий. На основании приведенных экспериментальных данных сделаны выводы, что скорлупа куриных яиц является перспективным сырьем для производства продукции предприятий общественного питания, обогащения нативным кальцием эмульгированных изделий, регулирования химического состава продуктов молекулярной кухни, создания аналогов пищевых продуктов и разработки линейки специализированных продуктов направленного действия. Предложено применять добавку на основе яичной скорлупы при разработке рецептур низкокалорийных продуктов питания, пищевых изделий с пониженным уровнем холестерина и создании специализированных продуктов для коррекции метаболических нарушений организма. Показано, что скорлупа куриных яиц, наряду с другими вторичными отечественными источниками сырья глубокой переработки, весьма перспективна в пищевом производстве.

Ключевые слова: скорлупа куриных яиц, биотехнологический потенциал, продукты питания направленного действи

Getting food emulsified foams enriched with native calcium

Tatyana V. Alekseeva [1] zyablova@mail.ru
Yuliya O. Kalgina [1] yuliya_kalgina@bk.ru
Valeriya S. Evlakova [1] Leraevlakova@gmail.com
Lyudmila A. Malakova [1] mix_box3@mail.ru
Evgeny O. Zdorovtsev [1] Zenya7777@mail.ru
Anastasia P. Fursova [1] nasti999_@ gmail.com

[1] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The article is devoted to the problem of calcium deficiency. It has been noted that recently the population has seen a decrease in the consumption of healthy food enriched with macro and microelements, an increase in the consumption of easily digestible carbohydrate-containing and fatty foods. It has been found that the shell of chicken eggs is a cheap by-product of the animal industry and can be used as an effective source of raw materials for the production of directional foods. The prospect of attracting a food additive based on eggshell to molecular cuisine dishes has been established. The technology of obtaining supplements from eggshell. The perspectives of using the new additive in molecular cuisine dishes, obtained using the emulsification process, are substantiated. The results of studies on the introduction of additives in emulsified foams are presented. A merchandise line of finished products of this type has been developed. The data on the satisfaction of daily needs and the safety of the products obtained are shown. Based on the experimental data, it was concluded that chicken egg shells are promising raw materials for the production of catering enterprises, enriching native calcium emulsified products, regulating the chemical composition of molecular kitchen products, creating analogs of food products and developing a line of specialized products of directional action. It has been proposed to use an additive based on egg shells when developing formulations of low-calorie foods, food products with a low cholesterol level, and creating specialized products for correcting metabolic disorders of the body. It is shown that the shell of chicken eggs, along with other secondary domestic sources of raw materials of deep processing, is very promising in food production.

Keywords: eggshells, biotechnological potential, food directional

Для цитирования

Алексеева Т.В., Калгина Ю.О., Евлакова В.С., Малакова Л.А., Здоровцев Е.О., Фурсова А.П. Получение пищевых эмульгированных пен, обогащенных нативным кальцием // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 120–124. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-120-124

For citation

Alekseeva T.V., Kalgina Yu.O., Evlakova V.S., Malakova L.A., Zdorovtsev E.O., Fursova A.P. Getting food emulsified foams enriched with native calcium. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 120–124. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-120-124

Введение

В настоящее время общепризнанным направлением общественного питания стала «молекулярная кухня». Сегодня повсеместно успешно функционируют рестораны этой специализации. Основные задачи «молекулярной кулинарии» состоят в усовершенствовании традиционных блюд, изобретении новых на основе обычных ингредиентов, создании новой продукции с привлечением добавок и компонентов из нетрадиционных видов сырья. В «молекулярной кулинарии» применяется множество приемов, одним из которых является эмульгирование. Эмульгированные кулинарные изделия относятся к категории продукции пониженной калорийности, что делает ее в настоящее время весьма популярной. В связи с тем что растет интерес у различных категорий населения к потреблению низкокалорийных продуктов питания повышенной пищевой ценности, разработка этой товарной линейки является экономически целесообразной [1–4].

Эмульсии или на языке технологов общественного питания блюда в виде пены давно стали визитной карточкой молекулярных ресторанов. Ароматные пены получаются в результате сложной «игры» кулинара с самыми разными продуктами – орехами, мясом, рыбой, фруктами и овощами. Нередко приготовление подобных блюд в молекулярных ресторанах превращают в зрелищное шоу. Однако ничего не мешает технологам приготовить красивые и изысканные блюда и при этом обогатить их некоторыми алиментарными ингредиентами. В нашей работе мы предлагаем внести в традиционные рецептуры нативный кальций, источником которого является яичная скорлупа. Скорлупа куриных яиц давно применяется в качестве естественного природного источника кальция в различных отраслях пищевой, кормовой и фармацевтической промышленности. Существует множество сведений об использовании кальция яичной скорлупы при профилактике заболеваний костной системы, желудочно-кишечного тракта, а также в качестве сопутствующего и общеукрепляющего средства [5–9].

В работе применяли скорлупу куриных яиц после предварительной их обработки в соответствии с СанПиН 2.3.6.1079–01. Скорлупу подвергали повторному промыванию для удаления остатков белковых соединений и воздействовали паром при температуре 90 °С в течение 30 мин. Затем ее высушивали в пароконвектомате (Rational SSC102) при 100 °С в течение 20 мин. Промытую и высушенную скорлупу подвергали механоактивации с помощью дезинтегратора марки ДВП «Кедр 3601» при линейной скорости 300 м/с при слабомодулирующем воздействии СВЧ-КВЧ-излучения путём четырехкратного пропускания скорлупы через дезинтегратор. Механоактивация известна как процесс активизирующего воздействия различной природы на объекты, который позволяет достичь значительных изменений химических, физических, биологических свойств диспергируемых веществ. Полученный мелкодисперсный порошок использовали в дальнейших исследованиях [10–12].

Пищевые пены служат дополнительными составляющими и украшениями сложных блюд в молекулярной кухне, в некоторых блюдах они являются основным компонентом и отвечают за вкус блюда в чистом виде. В молекулярной кухне эмульсии являются микрогетерогенными системами, состоящими из практически взаимно нерастворимых жидкостей, сильно отличающихся друг от друга по свойствам.

В работе для получения эмульсий несмешивающиеся ингредиенты подвергали процессу эмульгирования, который заключался во встряхивании и механическом разбивании при помощи блендера или вручную, при этом происходит разбивание сравнительно больших капель на более мелкие. Полученные эмульсии, как и все микрогетерогенные системы, очень неустойчивы. Отдельные капельки внутри системы, соприкасаясь друг с другом, сливаются, при этом происходит постепенное расслаивание композиции. В нашем случае в системах также могут присутствовать твердые частицы. Дестабилизирующий фактор в данном случае заключается в большой разности плотностей дисперсной фазы и дисперсной среды. Стабилизации эмульсии часто способствует то, что ее капли в сравнении с твердыми частицами оказываются менее заряженными. Все системы обладают одним и тем же свойством – термодинамической неустойчивостью. Рано или поздно суспензии и эмульсии разделятся на макроскопические фазы. Чтобы исключить разделение в работе, применяли поверхностно-активные вещества – эмульгаторы и пенообразователи. Эти вещества адсорбируются на поверхности капелек, препятствуют их слиянию и придают системе агрегатную устойчивость. Указанные вещества, адсорбируясь на поверхности капель эмульсии, образуют вязкую, прочную и упругую оболочку. Такие оболочки при соударении частиц не деформируются, не разрушаются, благодаря чему эмульсии приобретают высокую устойчивость [13].

Для того чтобы установить рациональное количество яичной скорлупы в опытных рецептурах, был произведен анализ модельных пищевых композиций с содержанием скорлупы в количестве 10–30 г на 1 кг готовой продукции. Анализ органолептических показателей опытных образцов показал, что внесение скорлупы в модельные композиции более 25% приводило к резкому снижению устойчивости эмульсий, появлению постороннего специфического вкуса и запаха и наличию ощутимых крупинок. Поэтому подготовленную яичную скорлупу вносили в изделия в количестве не более 20%.

На основании результатов исследования модельных систем были разработаны рецептуры блюд молекулярной кухни (таблица 1).

При приготовлении готовых изделий использовали сифон объемом 1 дм^3, который перед работой заправляли баллоном с газом N_2O. При приготовлении кокосово-манговой пены все ингредиенты смешивали в миске вручную лопаткой. Полученную смесь протирали через сито и помещали в сифон. Перед подачей интенсивно встряхивали и помещали в холодильник на 3 ч. Подавать кокосово-манговую пену можно со свежими фруктами, с кокосовой стружкой или с кусочками свежего манго. Для изготовления пены из голубого сыра смешивали в блендере все ингредиенты, кроме сливок, протирали через сито и добавляли сливки и приправы с учетом изменения объема готового изделия в 2,5–3,0 раза. Далее композицию переливали в сифон и перед подачей охлаждали около 2 ч.

Таблица 1.

Примеры рецептур разработанных кулинарных изделий

Table 1.

Examples of recipes developed culinary products

Компонент Component	Содержание, г/кг | Contents, gram/kilogram		
	Кокосово-манговая пена Coconut mango foam	Пена из голубого сыра Blue Cheese Foam	Морковная пена Carrot foam
Подготовленная яичная скорлупа Eagshell	20	20	3
Сыр с голубой плесенью | Cheese	–	288	–
Сливки пастеризованные, 10% Cream, 10%	–	361	–
Молоко | Milk	–	202	–
Оливковое масло | Olive oil	–	115	–
Перец черный молотый | Paper	–	6	–
Соль | Salt	–	8	–
Морковный сок | Carrot juice	–	–	950
Сахарная пудра | Sugar	–	–	20
Соевый лецитин | Lecithin	–	–	10
Манго пюре | Mango	456	–	–
Сахарная пудра | Sugar	84	–	–
Взбитые сливки	400	–	–
Кокосовая стружка | Coconut	40	–	–
Итого | Total	1000		

Пену из голубого сыра можно применять как фуршетную закуску с грецкими орехами, кусочками сельдерея, винограда и груши или украсить блюда из меню, в которых вкус благородного сыра будет актуален. Приготовление пены из морковного сока начинается с получения свежевыжатого сока. При этом можно применять не только морковь, но и другие овощи и фрукты. Для этого производят подготовку их поверхности, нарезают на крупные кубики и измельчают в блендере. Полученную массу заливают кипятком, настаивают в течение 30 мин и процеживают. Свежевыжатый сок наливают в контейнер, добавляют соевый лецитин и мелкодисперсную яичную скорлупу. При помощи блендера добиваются получения пены. Получать готовую пену необходимо непосредственно перед подачей, а до этого хранить сок в холодильнике.

Суточная потребность организма в кальции в соответствии с нормами физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для взрослых людей составляет 1000 мг. Результаты по удовлетворению суточной потребности в кальции для трех групп населения (мужчины и женщины в возрасте от 18 лет и старше; дети 14–18 лет) при употреблении 100 г разработанных продуктов показаны в таблице 2.

Таблица 2.

Удовлетворение суточной потребности организма

Table 2.

Satisfying daily needs of the body

Компонент Component	Содержание компонента, мг Contents Ca, milligram	Удовлетворение суточной потребности, % Satisfying daily needs, %
Кокосово-манговая пена Coconut mango foam	434,4	43,4
Пена из голубого сыра Blue Cheese Foam	468,5	46,9
Морковная пена Carrot foam	431,0	43,1

Из таблицы 2 видно, что добавка на основе яичной скорлупы повысила содержание кальция в готовой продукции до 20–50% суточной потребности организма, что позволяет отнести разработанные изделия к функциональным.

В ходе исследований определяли количественное содержание мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАиМ), бактерии группы кишечных палочек (БГКП), а также наличие плесеней и патогенных микроорганизмов. Установлено, что во всех изделиях БГКП (в 0,1 г) – отсутствовали, патогенные микроорганизмы (в т. ч. сальмонеллы, в 25 г) – отсутствовали, плесени (КОЕ/г) – отсутствовали, содержание КМАФиМ (КОЕ/г) находилось на уровне менее 1×10^3, что подтверждает их микробиологическою безопасность и удовлетворение гигиеническим требованиям СанПиН.

Заключение

На основании приведенных исследований можно сделать вывод, что скорлупа куриных яиц является перспективным сырьем для обогащения готовой продукции нативным кальцием, создания аналогов пищевых продуктов и разработки линейки специализированных продуктов направленного действия. Кроме того, разработанная продукция может продвигаться на рынке как продукты питания с пониженной калорийностью и для коррекции метаболических нарушений организма. Яичная скорлупа, как побочный продукт отечественного животноводства, весьма перспективна в пищевом производстве [14–15].

ЛИТЕРАТУРА

1 Alekseeva T.V., Kalgina Y.O., Vesnina A.A. Development of Compounding Enriched Flour Confectionery with Application of Products of Deep Processing of Grain // Journal of EcoAgriTourism. 2014. № 2. V. 10. P. 53–56.

2 Golubeva L.V., Pozhidaeva E.A., Popov E.S. Research of dry mix quality indices based on vegetable components for soft ice cream production // Indian Journal of Science and Technology. 2016. V. 9. № 42. P. 104–224.

3 Родионова Н.С., Алексеева Т.В., Попов Е.С. Гигиенические аспекты и перспективы отечественного производства продуктов глубокой переработки зародышей пшеницы // Гигиена и санитария. 2016. Т. 65. № 1. С. 74–79.

4 Belokurov S.V., Rodionova N.S., Belokurova E.V. Modeling of process of lifting power change of baker's yeast pressed depending on nature and quantity of introduced vegetable component // Journal of Physics: International Conference Information Technologies in Business and Industry. 2018. P. 1–4.

5 Родионова Н.С., Алексеева Т.В., Кустов В.Ю. Аспекты получения растворимых органических форм кальция из яичной скорлупы // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 8. С. 762–766.

6 Gaonka M.G., Chakraborty A.P. Application of eggshell as fertilizer and calcium supplement tablet // International journal of innovative research in science, engineering and technology. 2016. № 5. P. 3520–3525.

7 Rovensky J.R., Stancikova M.S., Masaryk P.M. Eggshell calcium in the prevention and treatment of osteoporosis // Journal of Clinical Pharmacology Research. 2003. № 23. P. 83–92.

8 Nemeth C.N., Lang D.L., Toth A.T. Microbiological condition of “eggshell flour” in the food industry // Journal of Hygienic Engineering and Design. 2015. № 7. P. 1–5.

9 Solomon S.E., Bain M.M. Structural and physical changes in the hen's eggshell in response to the inclusion of dietary organic mineral // British Poultry Science. 2012. № 53. P. 45–53.

10 Kanunnikova O.K., Karban O.K., Aksenova V.A. Effect of mechanoactivation on the structure, physical, chemical and biological properties of calcium lactate, calcium gluconate and calcium citrate // Journal of Chemistry and Chemical Engineering. 2017. № 1. P. 10–23.

11 Shakhtshneider T.P. Mechanochemical synthesis and mechanical activation of drugs // Reactivity of Molecular Solids. Wiley & Sons, LTD, 2009. № 3. P. 271–311.

12 Uzunova-Bujnova M.D., Dimitrov D.R., Todorovskya D.B. Effect of the mechanoactivation on the structure, sorption and photocatalytic properties of titanium dioxide // Materials Chemistry and Physics. 2008. № 15. P. 291–298.

13 Savastano D. Complexity of emulsification // Publish. 2018. № 1. P. 213–219.

14 Антипова Л.В., Родионова Н.С., Попов Е.С., Колесникова Т.Н. Оценка эффективности немедикаментозной алиментарной коррекции состояния здоровья человека на основе положений термодинамики // Вестник ВГУИТ. 2016. № 4 (70). С. 156–159.

15 Алексеева Т.В., Калгина Ю.О., Родионов А.А., Веснина А.А. и др. Исследование реологических свойств пасты на основе жмыха зародышей пшеницы как компонента пищевых систем из животного сырья // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2016. № 4. С. 133–138.

REFERENCES

1 Alekseeva T.V., Kalgina Y.O., Vesnina A.A. Development of Compounding Enriched Flour Confectionery with Application of Products of Deep Processing of Grain. Journal of EcoAgriTourism. 2014. no. 2. vol. 10. pp. 53–56.

2 Golubeva L.V., Pozhidaeva E.A., Popov E.S. Research of dry mix quality indices based on vegetable components for soft ice cream production. Indian Journal of Science and Technology. 2016. vol. 9. no. 42. pp. 104–224.

3 Rodionova N.S., Alekseeva T.V., Popov E.S. Hygienic aspects and prospects of domestic production of products for the deep processing of wheat germ. *Gigiyena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation]. 2016. vol. 65. no. 1. pp. 74–79. (in Russian).

4 Belokurov S.V., Rodionova N.S., Belokurova E.V. Modeling of process of lifting power change of baker's yeast pressed depending on nature and quantity of introduced vegetable component. Journal of Physics: International Conference Information Technologies in Business and Industry. 2018. pp. 1–4.

5 Rodionova N.S., Alekseeva T.V., Kustov V.Y. Aspects of obtaining soluble organic forms of calcium from eggshell. *Gigiyena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation]. 2018. vol. 97. no. 8. pp. 762–766. (in Russian).

6 Gaonka M.G., Chakraborty A.P. Application of eggshell as fertilizer and calcium supplement tablet. International journal of innovative research in science, engineering and technology. 2016. no. 5. pp. 3520–3525.

7 Rovensky J.R., Stancikova M.S., Masaryk P.M. Eggshell calcium in the prevention and treatment of osteoporosis. Journal of Clinical Pharmacology Research. 2003. no. 23. pp. 83–92.

8 Nemeth C.N., Lang D.L., Toth A.T. Microbiological condition of “eggshell flour” in the food industry. Journal of Hygienic Engineering and Design. 2015. no. 7. pp. 1–5.

9 Solomon S.E., Bain M.M. Structural and physical changes in the hen's eggshell in response to the inclusion of dietary organic mineral. British Poultry Science. 2012. no. 53. pp. 45–53.

10 Kanunnikova O.K., Karban O.K., Aksenova V.A. Effect of mechanoactivation on the structure, physical, chemical and biological properties of calcium lactate, calcium gluconate and calcium citrate. Journal of Chemistry and Chemical Engineering. 2017. no. 1. pp. 10–23.

11 Shakhtshneider T.P. Mechanochemical synthesis and mechanical activation of drugs. Reactivity of Molecular Solids. Wiley & Sons, LTD, 2009. no. 3. pp. 271–311.

12 Uzunova-Bujnova M.D., Dimitrov D.R., Todorovskya D.B. Effect of the mechanoactivation on the structure, sorption and photocatalytic properties of titanium dioxide. Materials Chemistry and Physics. 2008. no. 15. pp. 291–298.

13 Savastano D. Complexity of emulsification. Publish. 2018. no. 1. pp. 213–219.

14 Antipova L.V., Rodionova N.S., Popov E.S., Kolesnikova T.N. Estimation of the effectiveness of non-medicamental nutritional correction of a person's health status on the basis of thermodynamic provisions. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2016. no. 4 (70). pp. 156–159. (in Russian).

15 Alekseeva T.V., Kalgina Y.O., Rodionov A.A., Vesnina A.A. et al. Study of the rheological properties of a paste based on wheat germ meal cake as a component of food systems from animal raw materials. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya* [News of universities. Applied chemistry and biotechnology]. 2016. no. 4. pp. 133–138. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Татьяна В. Алексеева д.т.н., профессор, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, zyablova@mail.ru

Юлия О. Калгина аспирант, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, yuliya_kalgina@bk.ru

Валерия С. Евлакова студент, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, Leraevlakova@gmail.com

Людмила А. Малакова студент, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, mix_box3@mail.ru

Евгений О. Здоровцев студент, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, Zenya7777@mail.ru

Анастасия П. Фурсова студент, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, nasti999_@ gmail.com

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 15.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 12.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Tatyana V. Alekseeva Dr. Sci. (Engin.), professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, zyablova@mail.ru

Yuliya O. Kalgina graduate student, service and restaurant business department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, yuliya_kalgina@bk.ru

Valeriya S. Evlakova student, service and restaurant business department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, Leraevlakova@gmail.com

Lyudmila A. Malakova student, service and restaurant business department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, mix_box3@mail.ru

Evgeny O. Zdorovtsev student, service and restaurant business department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, Zenya7777@mail.ru

Anastasia P. Fursova student, service and restaurant business department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, nasti999_@ gmail.com

CONTRIBUTION

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.15.2019

ACCEPTED 2.12.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 665.372

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-125-131

Разработка поточной технологии очистки и получения пищевых подсолнечных фосфолипидов

Екатерина А. Шестакова [1] katya_eash@mail.ru
Дмитрий С. Распопов [1] dimasraspopov@mail.ru
Елена И. Верболоз [1] elenaverboloz@mail.ru

[1] Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 191002, Россия

Аннотация. Научно-исследовательская работа по созданию непрерывной технологии и машинно-аппаратурной схемы доочистки фосфатидного концентрата магнито-акустическим способом показала достаточную эффективность этого способа. Для разделения модифицированных погонов подсолнечного масла с получением лецитинов с повышенным содержанием фосфатидилхолинов применили дистилляцию селективного растворителя- этиловый спирта и адсорбцию силикагелем, причем для увеличения их растворяющей и поглощающей способности был наложен ультразвук интенсивностью 10 Вт/см^2 и пульсирующим с его частотой магнитным полем 2 Тл. Такая обработка в потоке обеспечивает получение существенно обесцвеченного гранулированного лецитинсодержащего продукта в виде микрогранул нерастворимой в спирте фракции (остаются на фильтре) и жидкой жиросодержащей части, незначительно поглощенной силикагелем. Задачей исследования является определение влияния комплексных физических воздействий на процессы изменения состава погонов подсолнечных масел, подтверждения применения силикагеля, как эффективного нейтрализующего и адсорбирующего агента, определение приемлемых режимов процесса отгонки растворителя (этилового спирта) в молекулярном дистилляторе для получения высококачественного лецитинсодержащего продукта. Актуальность работы состоит в том, что в настоящее время в России данная тема комплексного применения ультразвука, пульсирующего магнитного поля и очистки силикагелем вносит существенную новизну в отечественные научные труды в этом направлении. Предлагаемая нами непрерывная технология позволяет получать фракционированные пищевые лецитины с массовой долей ацетоннерастворимых веществ более 60%, так и обезжиренные, более гигрофильные лецитины с массовой долей ацетоннерастворимых веществ до 95% с повышенным качеством очистки от цветных и пахнущих веществ при низкой их кислотности.

Ключевые слова: подсолнечные фосфатиды, ультразвуковой излучатель, неодимовые магниты, магнито-акустический способ, модифицированные погоны, фракционированные лецитины.

Development of flow technology for the purification and production of food sunflower phospholipids

Ekaterina A. Shestakova [1] katya_eash@mail.ru
Dmitriy S. Raspopov [1] dimasraspopov@mail.ru
Elena I. Verboloz [1] elenaverboloz@mail.ru

[1] ITMO University, Lomonosova street, 9, Saint Petersburg, 191002, Russia

Abstract. The completed research work is aimed at creating a continuous technology and machine-hardware purification scheme for phosphatide concentrate in an effective magneto-acoustic way. To separate modified of waste of deodorization and to obtain lecithins with a high content of phosphatidylcholines using distillation, selective solvent, ethyl alcohol and adsorbent-silica gel was used, and ultrasonic with an intensity of 10 W/cm^2 in combination with a pulsating magnetic field of 2 Tl was used to increase its dissolving and absorbing ability. Such treatment in the stream provides obtaining a substantially bleached high-quality lecithin-containing product in the form of microgranules of an alcohol-insoluble fraction (remain on the filter) and a liquid fat-containing part with a low amount of waste absorbed by silica gel. The objectives of the study include studying the effect of hydrodynamic complex effects on the association and deassociation of free fatty acids and other related lipids in the composition of the waste of deodorization of sunflower oil, the rationale for the use of silica gel as an effective neutralizing and adsorbing agent, determining rational modes of the solvent (ethyl alcohol) distillation process in a vacuum molecular distiller for high-quality lecithin-containing liquid product. The relevance of the work «Improvement of the process and equipment for the distillation of waste of deodorization of vegetable oils processed in ultrasonic» is that at present in Russia this topic of the integrated use of ultrasonic, pulsating magnetic field and silica gel cleaning makes a significant novelty in Russian scientific works in this direction. The proposed technology for producing modified sunflower lecithins allows to obtain both fractionated lecithins with a mass fraction of acetone-insoluble substances of more than 60%, and skimmed, more hygrophilic lecithins with a mass fraction of acetone-insoluble substances up to 95% with an improved quality of cleaning from color and smelling substances at low acidity.

Keywords: sunflower phosphatides, ultrasonic transducer, neodymium magnets, magneto-acoustic method, modified waste of deodorization, fractionated lecithins.

Для цитирования

Шестакова Е.А., Распопов Д.С., Верболоз Е.И., Разработка поточной технологии очистки и получения пищевых подсолнечных фосфолипидов // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 125–131. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-125-131

For citation

Shestakova E.A., Raspopv D.S., Verboloz E.I., Development of flow technology for the purification and production of food sunflower phospholipids. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 125–131. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-125-131

Введение

За последнее десятилетие производство растительных масел в России возросло примерно в 2,1 раза. Его производят более чем в 50 регионах России. Мы занимаем 9-е место по производству растительных масел, а по подсолнечному маслу – 2-е место в мире. Так, в 2017 г. наша страна произвела более 4700 т нерафинированного подсолнечного масла и его фракций, что выше на 10,4% по сравнению с 2016 г. Средняя оптовая цена около 41,5–43,0 р./кг [1].

Одними из основных видов ценных веществ, образующихся при выработке подсолнечного масла, являются фосфолипиды, необходимые в пищевой промышленности. Такие пищевые концентраты используются при производстве маргарина, кондитерских, хлебобулочных и др. изделий [1]. Чаще всего применяют водно-жировую эмульсию, которая получается при механическом взбивании растительного масла и фосфолипидов с водой при температуре t = 40–50 °С (состав эмульсии: 75% воды, 20% масла, 5% фосфатидов), но она имеет недостаточную дисперсность и стойкость при хранении [1].

Выработка масла из семян любым способом приводит к одновременному извлечению фосфатидов, а их удаление является достаточно сложным в процессе рафинации. Даже незначительная примесь фосфатидов в масле снижает вкусовые показатели продукта и приводит к частой очистке теплопередающих поверхностей оборудования. При хранении растительных масел происходит гидролиз фосфатидов на жирные кислоты, глицерин и фосфорную кислоту. При гидролизе лецитина образуется триметиламин, который имеет запах рыбьего жира, что портит продукт [4].

Фосфатиды легко окисляются кислородом воздуха. Они содержат в молекуле непредельные кислоты, что интенсифицирует порчу растительных жиров. В связи с этим при хранении необходимо удалять фосфатиды специальной обработкой. Фосфатиды гигроскопичны, и при контакте с водой они выпадают в осадок из-за потери растворимости. Это свойство используется при очистке масел от фосфатидов в процессе их выработки из отстоев в промышленном масштабе [2].

Гидратация позволяет извлекать фосфатиды, имеющие важное значение в качестве товарного продукта. Проводятся исследования и внедряются их результаты по повышению качества выделенных фосфолипидов из масла. Большинство производимых фосфолипидов не допускают длительного хранения, имеют несоответствующую цветность, кислотность и вязкость [3].

Цель исследования – повышение эффективности машинно-аппаратурной схемы дополнительной очистки спиртовыми растворителями фосфатидного концентрата магнито-акустическим способом с последующей обработкой ультразвуком 10 Вт/см^2 и пульсирующим магнитным полем 2 Тл в присутствии силикагеля [10].

Это обеспечило получение высококачественного лецитинсодержащего продукта в виде гранул, нерастворимых в этиловом спирте, и фракции жидкой жиросодержащей их части при небольшой величине отходов, поглощенных силикагелем. Задача исследования – определить влияние комплексных воздействий ультразвука и магнитного поля на процессы очистки свободных жирных кислот и других сопутствующих липидов в погонах подсолнечного масла с обоснованием применения силикагеля для нейтрализации и адсорбции в фосфатидах побочных ингредиентов. Использование физических воздействий пульсирующего магнитного поля, а также поверхностных и адсорбирующих свойств силикагеля позволяет внедрить непрерывную технологию и высокоэффективное оборудование, патентуемое в университете ИТМО [9].

Полученный на Российских предприятиях фосфатидный концентрат имеет, как правило, повышенные показатели вязкости, кислотности и цветности, резкий запах, что не соответствует ГОСТ Р 53970-2010 «Добавки пищевые, Лецитины Е322. Общие технические условия», введенному 1 января 2012 г. Это вынуждает использовать концентрат на технические цели и корм скоту.

Одним из перспективных способов получения качественных фосфолипидных продуктов является экстракция их этиловым спиртом из фосфатидных концентратов. Процесс разделения фосфатидных концентратов идет в этиловом спирте при концентрации до 1:12 и повышенной температуре смеси около 60 °С с получением спирторастворимой и спиртонерастворимой фракций. После сушки под вакуумом получают концентрированный масложировой фосфолипидный продукт, не лишенный характерного запаха и повышенной цветности [4].

Другая технология с обработкой фосфатидного концентрата перекисно-ферментной системой пока распространенная на маслодобывающих заводах несколько увеличивает выход растительного масла в основном процессе и дает возможность получать более полноценные фосфатидные концентраты марок ПП-1, СП-1, ПВП-1, соответствующие по качеству ТУ 9146-203-00334534-97 «Концентраты фосфатидные.

Технические условия». Она позволяет получить продукт с несколько повышенной вязкостью, но с кислотным числом масла, выделенного из него, менее 10 мг КОН и цветным числом около 3 мг J2. Низкая окупаемость требует доработки этой технологии (таблица 1) [12].

Таблица 1.

Физико-химические показатели подсолнечных фосфатидных концентратов по ТУ 9146-203-00334534-97 «Концентраты фосфатидные. Технические условия» и ГОСТ Р 53970-2010 «Добавки пищевые, Лецитины Е322. Общие технические условия»

Table 1.

Physical and chemical indicators of sunflower phosphatide concentrates according to TU 9146-203-00334534-97 Phosphatide concentrates. Technical conditions and GOST R 53970-2010 Food additives, E322 Lecithins. General specifications

Наименование показателя Name of an indicator	Значения показателя, определенного по ТУ Values of the indicator defined by TU	Требования ТУ (марка ПП-1) Requirements according TU (brand PP-1)	Значения показателя, определенного по ГОСТ Values of the indicator defined by GOST	Требования ГОСТ Р Requirements according GOST R
Массовая доля | Mass per volume %: фосфатидов | phosphatides	55,6–60,5	Не менее 60,0 | No less 60.0	Не определяется | Not determined	-
масла | oil	38,1–47,4	Не более 40,0 | No more 40.0	Не определяется | Not determined	-
веществ, нерастворимых в ацетоне | substances insoluble in acetone	Не определяется | Not determined	-	55,9–61,6	Не менее 60,0 | No less 60.0
веществ, нерастворимых в этиловом эфире | substances insoluble in ethyl ether	1,2–1,7	Не более 1,5 | No more 1.5	Не определяется | Not determined	-
веществ, нерастворимых в толуоле | substances insoluble in toluene	Не определяется | Not determined	-	1,1–1,6	Не более 0,3 | No more 0.3
влаги и летучих веществ | moisture and volatile substances	0,7–1,8	Не более 1,0 | No more 1.0	0,7–1,8	Не более 1,0 | No more 1.0
Вязкость при 25 ℃, Па·с | Viscosity Pa·s at 25 ℃	Не определяется | Not determined	-	12–25	Не более 12 | No more 12
Цветное число, мг йода | Iodine index, mg of iodine	4,7–7,6	Не более 8,0 | No more 8.0	Не определяется | Not determined	–
Цветное число 10%-ного раствора в толуоле, мг йода | Iodine index 10% solution in toluene, mg of iodine	Не определяется | Not determined	–	72–98	Не более 80 | No more 80
Кислотное число масла, выделенного из фосфатидного концентрата, мг КОН/г | Acid number of oil selected from phosphatidic concentrate, mg KOH/g	3,5–6,5	Не более 10,0 | No more 10.0	Не определяется | Not determined	–
Кислотное число, мг КОН/г | Acid number, mg KOH/g	Не определяется | Not determined	–	25,4–34,2	Не более 36,0 | No more 36.0
Перекисное число, ммоль активного кислорода/кг | Peroxide value, mmol of active oxygen/kg	2,4–6,8	Не более 10,0 | No more 10.0	2,4–6,8	Не более 10,0 | No more 10.0

Из таблицы видно, что фосфатидный концентрат по ТУ 9146-203-00334534-97, выработанный на маслозаводах, имеет другие показатели по сравнению с ГОСТ Р 53970-2010 по массовой доле веществ, нерастворимых в ацетоне и толуоле.

Известно, что ГОСТ Р 53970-2010 позволяет использование фракционированных лецитинов в качестве пищевых добавок как в виде «вязких жидкостей или воскообразной массы, так и в виде порошка или гранул, содержащих фракции веществ, нерастворимых в ацетоне» (лецитин, кефалин, фосфосерин, фосфатидная кислота и прочие соединения, а также масло растительное (от 30 до 50%).

В то же время анализ образцов фосфатидного концентрата производства МЭЗ «Кропоткинский» и «Лабинский» показал, что данный продукт имеет высокие показатели окислительной порчи. Значения по показателю «цветное число» достигает 6 ÷ 20 мг йода, а «перекисное число» – от 3,9 до 11,6 ммоль активного кислорода/кг и «кислотное число» – от 6,3 до 20,8 мг КОН/г и более. Такие цифры этих показателей объясняются технологией выделения фосфолипидного концентрата при повышенной температуре

и развитой площади поверхности испарения. Это вызывает протекание интенсивных процессов окисления и гидролиза в присутствии влаги. В итоге в продукте появляются первичные, вторичные продукты окисления, азометины, меланофосфолипиды. В то же время ГОСТ требует, чтобы подсолнечный пищевой фосфатидный концентрат имел желтый цвет, запах и вкус, свойственные маслу, из которого он получен.

Материалы и методы

Наша технология практически освобождает продукты от запаха и цветности, но при условии, что не идет разрушение слабых магнитных связей фосфолипидов. При этом температура обрабатываемой смеси во избежание разрушения образуемых магнитных связей не должна превышать 28–40 С, а вязкость быть достаточно малой, близкой к 8–12 Сст [9]. Полученный продукт должен содержать фосфорсодержащие соединения в виде лецитина, кефалина, фосфосерина, инозитолфосфатида, фосфатидной кислоты и прочих соединений, а также масла растительного (30–50%).

На основании проведенных исследований нами была предложена технологическая схема выработки пищевых подсолнечных лецитинов с высоким содержанием функциональных групп фосфолипидов (рисунок 1). При этом для качественной очистки применили образцы фосфатидного концентрата с МЭЗ «Лабинский», растворяемые в селективном растворителе – этиловом спирте (для получения лецитинов с повышенным содержанием фосфатидилхолинов), причем для увеличения его растворяющей способности применили ультразвук интенсивностью 10 Вт/см^2 в комплексе с пульсирующим магнитным полем 2 Тл согласно нашей заявке [9].

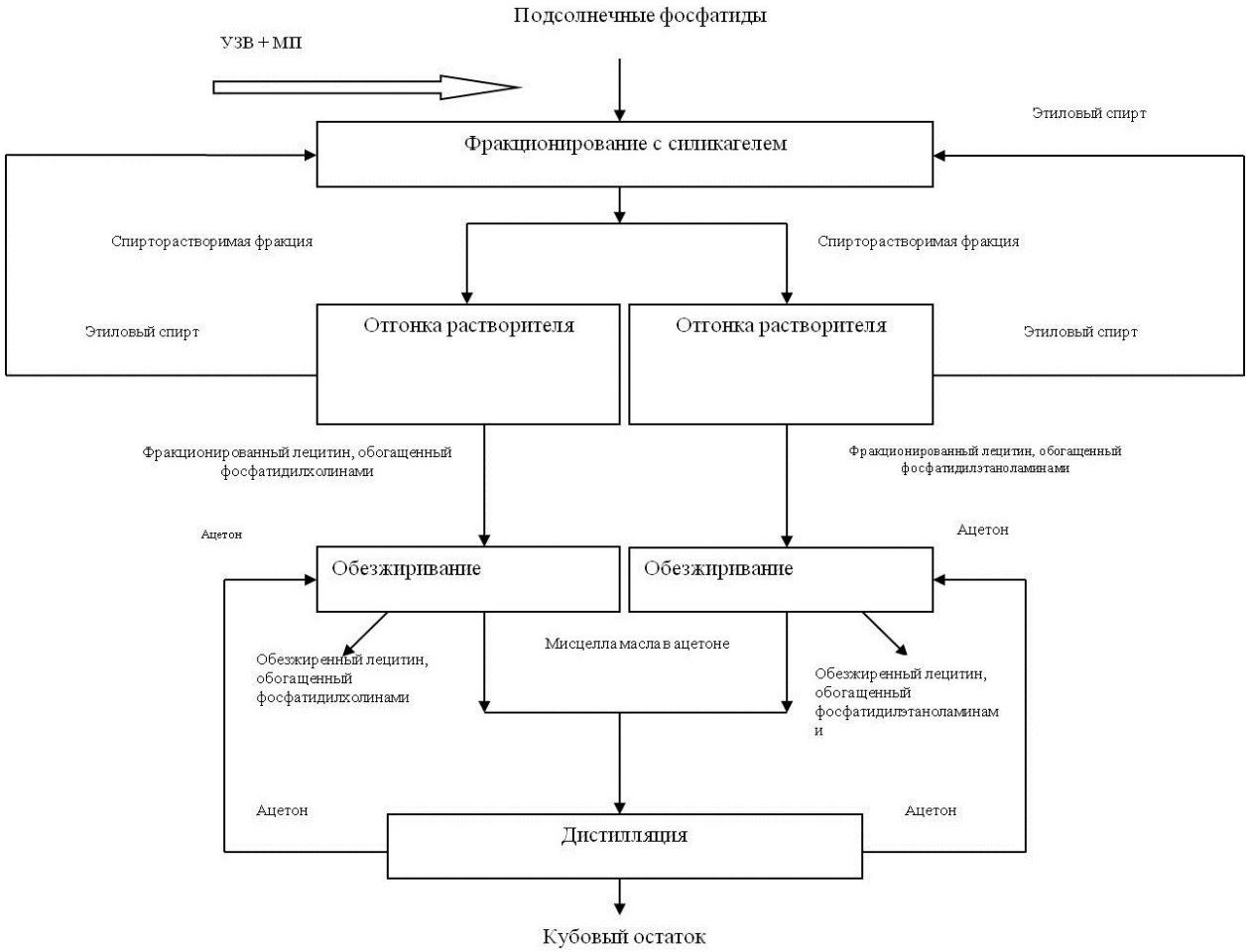


Рисунок 1. Технология получения модифицированных подсолнечных лецитинов, обработанных ультразвуком и пульсирующим магнитным полем в присутствии силикагеля

Figure 1. Technology for producing modified sunflower lecithins, treated with ultrasonic and pulsating magnetic field in the presence of silica gel

Использование пульсирующего магнитного поля заметно тормозит окисление масел, особенно при их интенсивной обработке ультразвуком. Но необходимо учитывать, что тормозящие эффекты магнитной обработки устойчиво заметны при температуре порядка 20 °С. Но уже при температуре 30–40 °С время релаксации сокращается до нескольких часов

и менее 1 ч – при 70–80 °С[7, 8]. Этот факт при проведении магнито-ультразвуковой обработки требует постоянного охлаждения полученных продуктов во время разделения или получения их в потоке. Магнитная обработка дает явный антиокислительный эффект не только при хранении обработанных погонов, но также в технологических процессах нейтрализации, отбелки и дезодорации погонов. Для дополнительного снижения кислотности и цветности жидких продуктов процесс вели в присутствии силикагеля марки КСК [8].

Разработанная технология выработки модифицированных подсолнечных лецитинов показывает как возможность выделить фракционированные лецитины с массовой долей ацетонрастворимых веществ более 60%, так и обезжиренные лецитины с массовой долей ацетоннерастворимых веществ не менее 95%, содержащих физиологически ценные группы фосфолипидов. Получаемые обезжиренные порошкообразные лецитины более удобны в использовании, имеют нейтральный вкус из-за удаленных ненасыщенных жирных кислот растительного масла. Такой лецитин более гидрофилен, чем стандартный жиросодержащий лецитин [6]. Кроме того, подсолнечные лецитины в отличие от соевых не содержат эстрогенов (фитоэстрогенов) – веществ, вызывающих аллергические реакции [10, 11]. Из-за отсутствия растительного масла в модифицированных подсолнечных лецитинах снижено пероксидное число. В результате подсолнечные фосфатиды определенно являются хорошим сырьем для выработки лецитинов с высоким содержанием функциональных групп фосфолипидов, а внедрение предложенной технологии их получения – актуальной. Для качественного разделения спиртовой смеси подсолнечного фосфатидного концентрата на спирторастворимую часть и осадок (этиловый спирт) эта смесь должна быть тщательно перемешана. Однако для трудносмешивающихся жидкостей, каковыми являются масляные погоны и спирт, даже интенсивное механическое перемешивание не дает нужного эффекта. Поэтому требуется получение мелкодисперсной механической смеси (эмульсии), состоящей из спирторастворимой жидкости и образовавшейся спиртонерастворимой дисперсной среды. При обзоре работ выявлено, что получение достаточно качественных эмульсий из заранее механически перемешанных жидкостей возможно за счет кавитации от ультразвукового излучателя. При этом рост пузырьков перемежается с их схлопыванием. Причем длительность процесса кавитации каждого пузырька занимает время около $t_{ок} = 0{,}5 \cdot 10^{-3}$ с. При схлопывании образуется ударная волна, характеризующаяся резким повышением температуры и давления газов. Важной характеристикой эмульсии является дисперсность смеси, которая выражается диаметром капель смешиваемых жидкостей и образовавшихся частиц. На основе этих данных построена зависимость размера частиц $d_ч$ от режима обработки (ультразвуком с пульсирующим магнитным полем) (рисунок 2).

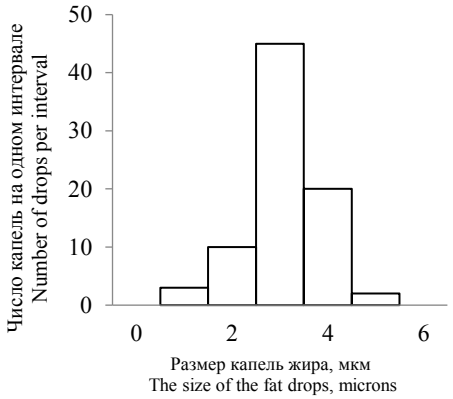


Рисунок 2. Зависимость размера капель *dч* от режима обработки

Figure 2. The dependence of the size of the drops d on the processing mode

Для подбора режимов выделения лецитина с высоким содержанием фосфатидилхолинов обращено внимание на соотношение «подсолнечные лецитины – этиловый спирт», изменяющие выход спирторастворимой фракции. Выявлено, что выход спирторастворимой фракции зависит от массового соотношения растворителя и подсолнечных погонов, но особенно от приложенных удельной мощности ультразвука и силы магнитного поля, израсходованных на фракционирование.

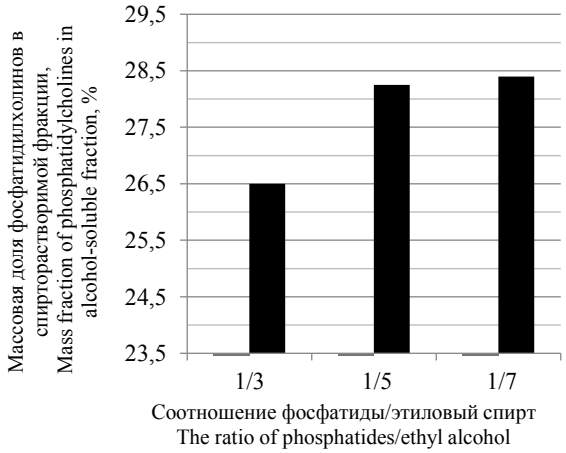


Рисунок 3. Изменение выхода спирторастворимой фракции в присутствии ультразвукового 10 Вт/см^2 и магнитного воздействия 2 Тл

Figure 3. The change in the yield of the alcohol-soluble fraction in the presence of an ultrasonic 10 W/cm^2 and a magnetic effect of 2 Tl

Из рисунка 3 видно, что выход подсолнечных лецитинов, растворимых в спирте, увеличивается с количеством растворителя в смеси «подсолнечные лецитины – этиловый спирт», но уже при соотношении 1:5 их выход в присутствии ультразвука и магнитного воздействия практически не растет. В работе [4] указано, что без ультразвука спирта должно быть в смеси более 1:7–1:12, но такой процесс будет более энергозатратным.

Нами был закуплен ультразвуковой аппарат и создана экспериментальная установка для обработки спиртовой смеси фосфатидов в потоке (рисунок 4)

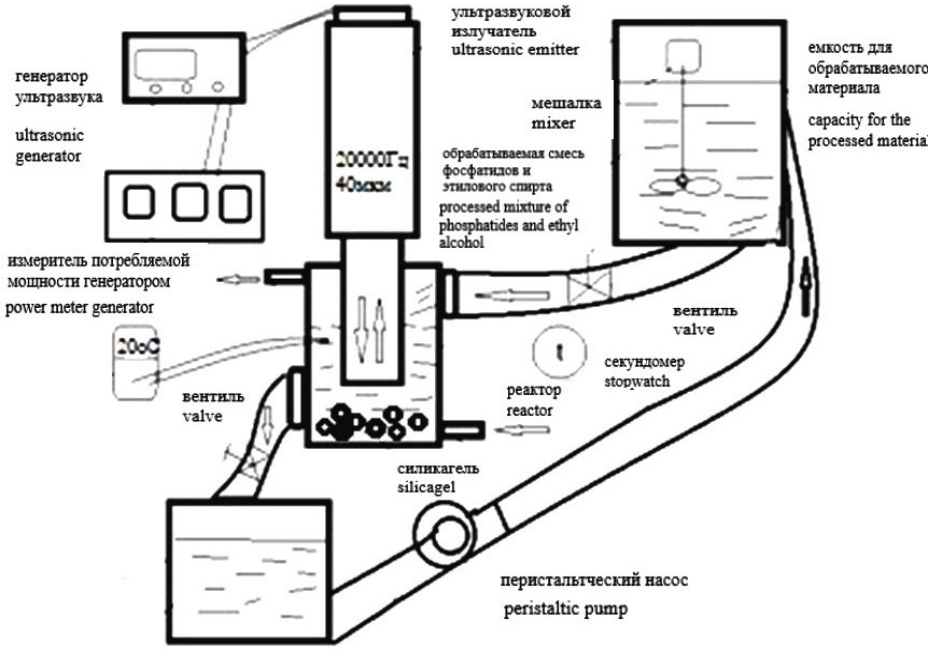


Рисунок 4. Схема проточной установки для ультразвуковой и магнитной обработки смеси с фосфатидами

Figure 4. The flow setup for ultrasonic and magnetic processing of a mixture with phosphatides

Известно, что для достижения максимального эффекта нужна магнитная обработка. Для слабых полей это время может находиться в пределах 8–15 с; для сильных высокоградиентных полей – не превышает 3 с при интенсивном механическом (ультразвуковом) перемешивании за счет кавитационных процессов от излучателя ультразвука. При естественном это время увеличивается на порядок, а нагрев превышает допустимый, когда магнитные связи разрушаются. Нами определено, что наиболее эффективно использование высокоградиентных неодимовых магнитов с индукцией порядка 2 Тл. В результате обработки кислород и растворенные в масле углеводородные радикалы создают относительно прочную, более упорядоченную структуру (это подтверждено изменением рефракции масла). При этом обнаружено, что биологическая активность продуктов увеличивается. Обращено внимание, что применение силикагеля изменяет цветность и кислотность жидкого лецитинсодержащего продукта до норм ГОСТ Р 53970-2010. Выявлено, что обработка фосфатидов в пульсирующем с частотой ультразвука магнитном поле при температуре 28–40 °С позволяет значительно снизить время обработки смеси и повысить выход пищевых лецитинов на 15–17%. Технические и технологические решения защищены патентом РФ [9].

Вывод

Интенсификация очистки фосфатидов подсолнечных масел до пищевых фосфолипидов путем применения ультразвука с пульсирующим магнитным полем в присутствии силикагеля позво-ляет довести качество и пищевую ценность получаемого лецитина до норм ГОСТ Р 53970-2010.

ЛИТЕРАТУРА

1 Герасименко Е.О., Белина Н.Н., Пащенко В.Н., Бутина Э.А. и др. Совершенствование технологии переработки растительных лецитинов // Масложировая промышленность. 2013. № 3. С. 20–24.

2 ГОСТ Р 53970–2010. Добавки пищевые. Лецитины Е 322. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2011.

3 ТУ 9146–203–00334534–97. Концентраты фосфатидные. Технические условия.

4 Пащенко В.Н. Разработка инновационной технологии получения жидких лецитинов: автореферат дисс. к-та техн. наук. Краснодар, 2013. 25 с.

5 Шестакова Е.А., Верболоз Е.И., Антуфьев В.Т. Интенсификация процесса дистилляции погонов растительных масел // Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке: материалы VII Международная научно-техническая конференции. СПб.: ИТМО, 2015. С. 23–25.

6 Шестакова Е.А, Верболоз Е.И., Антуфьев В.Т. Магнито-акустическая интенсификация процесса очистки фосфатидного концентрата // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 2. С. 24–29.

7 Пат. № 2453117, RU, A21D 8/02, 2/36. Способ производства хлебобулочного изделия / Корнена Е.П., Лобанов В.Г., Воронцова О.С., заявитель и патентообладатель КубГТУ. № 2011101216/13; Заявл. 2011101216; Опубл 20.06.2012, Бюлл. № 17.

8 Корнен Н.Н., Першакова Т.В., Лисовая Е.В. Применение растительных фосфолипидов (лецитинов) в производстве хлебобулочных изделий // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 02 (116). С. 288–300.

9 Заявка на патент № 2016117454, RU, A23L 3/26. Способ и устройство получения белково-жировой эмульсии / Распопов Д.С., Шестакова Е.А. Пальчиков А.Н., Антуфьев В.Т., Верболоз Е.И.

10 Шестаков С.Д. и др. Технология и оборудование для обработки пищевых сред с использованием кавитационной дезинтеграции: учебное пособие. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2013.

11 Иванова М.А., Громцев А.С., Пашин В.В. Исследование влияния ультразвуковой обработки на физико-химические показатели дистиллятов растительного масла // Новые технологии. 2017. № 1. С. 17–23.

12Пат. № 2487162, RU, C11B 3/00. Способ получения фосфатидного концентрата / Мартовщук В.И., Багров А.А., Заболотний А.В., Мартовщук Е.В., заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «КубГТУ». № 2012108347/13; Заявл. 2012108347; Опубл. 10.07.2013, Бюлл. № 19.

REFERENCES

1 Gerasimenko E.O., Belina N.N., Pashchenko V.N., Butina E.A. et al. Improving the processing technology of vegetable lecithins. *Maslozhirovaya promyshlennost'* [Fat and oil industry]. 2013. no. 3. pp. 20–24. (in Russian).

2 GOST R 53970–2010. Dobavki pishchevyye. Letsitiny Ye 322. Obshchiye tekhnicheskiye usloviya [Food supplements. E 322 lecithins. General technical conditions]. Moscow, Standardinform, 2011. (in Russian).

3 TU 9146–203–00334534–97. Kontsentraty fosfatidnyye. Tekhnicheskiye usloviya [Phosphatide concentrates. Technical conditions]. (in Russian).

4 Pashchenko V.N. Razrabotka innovatsionnoy tekhnologii polucheniya zhidkikh letsitinov [Development of an innovative technology for producing liquid lecithins]. Krasnodar, 2013. 25 p. (in Russian).

5 Shestakova E.A., Verboloz E.I., Antufiev V.T. Intensification of the process of distillation of waste of deodorization of vegetable oils. Nizkotemperaturnyye i pishchevyye tekhnologii v XXI veke [Low-temperature and food technologies in the XXI century: materials VII International Scientific and Technical Conference]. Saint-Petersburg, ITMO, 2015. pp. 23–25. (in Russian).

6 Shestakova E.A., Verboloz E.I., Antufiev V.T. Magneto-acoustic intensification of the phosphatide concentrate purification process. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2017. vol. 79. no. 2. pp. 24–29. (in Russian).

7 Kornena E.P., Lobanov V.G., Vorontsova O.S. Sposob proizvodstva khlebobulochnogo izdeliya [Method for the production of bakery products]. Patent RF, no. 2453117, 2012.

8 Kornen N.N., Pershakova T.V., Lisovaya E.V. The use of plant phospholipids (lecithins) in the production of bakery products. *Nauchnyy zhurnal KubGAU* [Scientific journal KubGAU]. 2016. no. 02 (116). pp. 288–300. (in Russian).

9 Raspopov DS, Shestakova Ye.A. Palchikov A.N., Antufiev V.T., Verboloz E.I. Sposob i ustroystvo polucheniya belkovo-zhirovoy emul'sii [Method and device for obtaining protein-fat emulsion]. Patent RF application, no 2016117454.

10 Shestakov S.D. et al. Tekhnologiya i oborudovaniye dlya obrabotki pishchevykh sred s ispol'zovaniyem kavitatsionnoy dezintegratsii [Technology and equipment for the processing of food environments using cavitation disintegration]. Saint-Petersburg, GIORD, 2013. (in Russian).

11 Ivanova M.A., Gromtsev A.S., Pashin V.V. The study of the effect of ultrasonic treatment on the physico-chemical characteristics of vegetable oil distillates. *Novyye tekhnologii* [New technologies]. 2017. no. 1. pp. 17–23. (in Russian).

12 Matousek V.I., Bagrov A.A., Zabolotny A.V., Matousek E.V. Sposob polucheniya fosfatidnogo kontsentrata [Method of producing phosphatidic concentrate]. Patent RF, no. 2487162, 2013.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Екатерина А. Шестакова аспирант, кафедра технологических машин и оборудования, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 191002, Россия, katya_eash@mail.ru

Дмитрий С. Распопов аспирант, кафедра технологических машин и оборудования, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 191002, Россия, dimasraspopov@mail.ru

Елена И. Верболоз д.т.н., профессор, кафедра технологических машин и оборудования, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 191002, Россия, elenaverboloz@mail.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Ekaterina A. Shestakova graduate student, technological machines and equipment department, ITMO university, Lomonosova street, 9, St. Petersburg, 191002, Russia, katya_eash@mail.ru

Dmitriy S. Raspopov graduate student, technological machines and equipment department, ITMO university, Lomonosova street, 9, St. Petersburg, 191002, Russia, dimasraspopov@mail.ru

Elena I. Verboloz Dr. Sci. (Engin.), professor, technological machines and equipment department, ITMO university, Lomonosova street, 9, St. Petersburg, 191002, Russia, elenaverboloz@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Екатерина А. Шестакова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент

Дмитрий С. Распопов написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Елена И. Верболоз консультация в ходе исследования

CONTRIBUTION

Ekaterina A. Shestakova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment

Dmitriy S. Raspopov wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Elena I. Verboloz consultation during the study

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 30.11.2018
ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 08.02.2019

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 11.30.2018
ACCEPTED 2.8.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 639.3.05

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-132-137

Разработка продукционных экструдированных комбикормов для индустриального производства тиляпии

Виталий Н. Василенко [1] vvn_1977@mail.ru
Лариса Н. Фролова [1] fln 84@mail.ru
Иван В. Драган [1]
Надежда А. Михайлова [1]

[1] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. В результате проведенного анализа отечественного опыта за последние 10 лет и зарубежного опыта (на примере 9 стран: Вьетнам, Индия, Испания, Канада, Китай, Норвегия, США, Чили, Япония, которые обладают наиболее передовыми технологиями и оборудованием для производства высокоэффективных комбикормов для рыб) в области разработки инновационных технологий и оборудования для производства высокоэффективных комбикормов для рыб были выявлено, что способы как сухого, так и влажного прессования морально устарели, и не отвечают современным требованиям при производстве комбикормов для рыб, т. к. не позволяют произвести глубокие физико-химические превращения в белково-углеводном комплексе и осуществить ввод жировых компонентов на уровне 40%. Современные технологии рыб основаны на использовании экструзионной обработки многокомпонентной смеси для придания различной плавучести и регулируемой скорости погружения получаемого комбикорма. Экструзионная технология позволит вводить в продукт большое количество жира – до 35–40%, достичь 100% уровня расщепления крахмала. Экструдированный продукт имеет высокую водостойкость, сохраняет свою форму. Разработанные рецептуры комбикормов нового поколения для тиляпии с содержанием белка 60%, жира 40%, с введением стимуляторов роста, биологически активных добавок и т. д. позволят повысить усвояемость рыбами комбикормов на 10–12%, повысить привесы рыб на 10–12%, снизить стоимость товарной продукции рыбоводства на 10–15%, снизить конверсию корма на 15%. Предлагаемая технология позволит создавать рецептуры комбикормов нового поколения для различных видов рыб с высоким содержанием белково-жирового комплекса, что будет способствовать повышению привесов рыб на 12–17%, снижению себестоимости конечной продукции рыб за счет снижения стоимости кормов на 10–15%.

Ключевые слова: тиляпия, продукционный комбикорм, кормопроизводство, оптимизация рационов

Development of production extruded feed for tilapia industrial production

Vitalii N. Vasilenko [1] vvn_1977@mail.ru
Larisa N. Frolova [1] fln 84@mail.ru
Ivan V. Dragan [1]
Nadezhda A. Mihajlova [1]

[1] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. As a result of the analysis of domestic experience over the past 10 years and foreign experience (on the example of 9 countries: Vietnam, India, Spain, Canada, China, Norway, the USA, Chile, Japan, which possess the most advanced technologies and equipment for the production of highly effective feed for fish) in the development of innovative technologies and equipment for the production of highly effective feed for fish, it was found out that the methods of both dry and wet pressing are outdated and do not meet modern requirements for the production of feed for fish, as they do not allow to carry out deep physicochemical transformations in the protein-carbohydrate complex and to introduce fat components at 40% level. Modern fish technologies are based on the use of extrusion processing of a multicomponent mixture to impart different buoyancy and adjustable immersion speed of the resulting feed. Extrusion technology will allow to introduce a large amount of fat into the product - up to 35–40%, to achieve 100% starch cleavage level. Extruded product has high water resistance, keeps its shape. New generation developed compound feed formulations for tilapia with 60% protein content, 40% fat, with the introduction of growth stimulants, dietary supplements, etc., will increase the digestibility of compound feed by fish by 10-12%, increase of fish weight by 10-12%, reduce the cost of commercial fish farming by 10–15%, reduce feed conversion by 15%. The proposed technology will allow to create new generation compound feeds formulations for various fish species with a high content of protein-fat complex, which will increase the weight gain of fish by 12-17%, reduce the cost of final fish production by reducing the cost of feed by 10-15%. .

Keywords: tilapia, production compound feed, forage production, optimization of diets

Введение

Рыбохозяйственный комплекс играет важную роль в обеспечении продовольственной безопасности Российской Федерации. Сложившаяся ситуация – продовольственное эмбарго, введенное в ответ на антироссийские санкции, – актуализировала вопросы импортозамещения и обеспечения продовольственной независимости. Эти задачи поставлены Указом Президента от 6 августа 2014 года № 560 «О применении отдельных специальных экономических мер в целях обеспечения безопасности Российской Федерации». Одним из целевых показателей продовольственной безопасности является норма самообеспечения рыбопродукцией [1, 6, 8].

Для цитирования

Василенко В.Н., Фролова Л.Н., Драган И.В., Михайлова Н.А. Разработка продукционных экструдированных комбикормов для индустриального производства тиляпии // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 132–137. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-132-137

For citation

Vasilenko V.N., Frolova L.N., Dragan I.V., Mihajlova N.A. Development of production extruded feed for tilapia industrial production. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 132–137. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-132-137

Для аквакультуры в стране выпускают около 110 тыс. т комбикормов в год, а потребность отрасли превышает 200 тыс. т. Развитию отечественной аквакультуры препятствует зависимость от импорта качественных кормов. Из-за падения курса рубля они сильно выросли в цене. В цену, к тому же, закладываются логистические издержки. Доставка кормов до рыбоводческих фирм удорожает их на 30–40%. Затраты рыбоводов России на корма достигают порядка 65–70% себестоимости продукции, тогда как в Европе на кормовую составляющую уходит до 25–35% [2, 7].

Большая часть отечественных комбикормов для рыб не может заменить импорт из-за невысокого качества. Несбалансированный состав и низкая питательность отрицательно влияют на продуктивность рыбы. Распространены нарушения рецептуры, фальсификация компонентов, высокая крошимость и плохая водостойкость гранул.

Перспективным направлением пресноводной аквакультуры является индустриальное рыбоводство, одним из основных представителей рыб, выращиваемых в нём, является нильская тиляпия – Oreochromis niloticus.

Выращивание тиляпий в прудовых и индустриальных хозяйствах показало, что они хорошо поедают как растительные, так и животные корма. Потребность тиляпий в протеине для роста несколько ниже, чем у карпа, угря и форели. В странах Азии и Африки в качестве корма используют рисовые отруби, размолотый рис, водные и наземные растения и всевозможные пищевые отходы. В нашей стране при прудовом выращивании тиляпий в монокультуре их кормят зерновыми отходами, шротами, комбикормами, применяемыми в карповодстве. Для молоди массой до 50 г используют комбикорма ВБС-РЖ-81, РЗГК-1, 16–82, а для тиляпий массой 50 г и выше – ПК-Вр, РГМ-2КЭ и др. [3–5, 8].

Тиляпия неприхотлива к условиям содержания, температуре и качеству воды. Практически все виды тиляпии могут жить, нормально развиваться и размножаться в пресной, солоноватой и даже морской воде, что является весьма редким для рыб свойством. Несмотря на то что большинство тиляпий – тропические рыбы, некоторые виды могут существовать при широком диапазоне температур (от 10 до 45 °С максимум). Выносливы тиляпии и к пониженному содержанию кислорода в воде. Несмотря на то что они – типичные донные рыбы, при необходимости они могут подниматься в поверхностный слой и дышать.

Мясо тиляпии содержит большое количество сбалансированного белка, насыщенные жирные кислоты, в ней отсутствуют углеводы. Рыба является источником витаминов: А, группы В, Е, Д, К, РР, тиамина, рибофлавина. Тилапия богата различными аминокислотами, 8 из которых являются незаменимыми. В составе тилапии содержатся: кальций, калий, магний, фосфор, железо, марганец, цинк, селен.

Материалы и методы

Для составления рецептур продукционных экструдированных комбикормов для тиляпии был проведен широкий анализ сырья растительного и животного происхождения, в результате чего с помощью программы «ЭкоКорм» составлена перспективная ресурсо-сберегающая рецептура (таблица 1), при этом минимизируется стоимость комбикорма. Питательность комбикормов оценивают по химическому составу, переваримости питательных веществ, содержанию минеральных веществ и витаминов, особенно каротина (провитамина А), и по количеству энергии, которая может быть использована на производство продукции и физиологические процессы, протекающие в организме рыбы.

Выбрав рецептурный состав комбикормов для тиляпии, учитывали ряд факторов. Первое, необходимо максимально обогатить экструдированный комбикорм жирами и белками растительного происхождения и минеральными веществами, чтобы достичь их физиологической дозы. Нужно получить сбалансированный по пищевой ценности и с развитой структурой экструдат. Второе, достичь приятного вкуса, аромата и привлекательной структуры, которые изменят традиционные характеристики компонентов. Третье, увеличить сроки хранения комбикормов.

Основное сырье при производстве экструдированных комбикормов в соответствии с задачей исследования – это жировые отходы масложировой промышленности (саопсток, фосфатиды), жмыхи и шроты эфиромасличных культур. Учитывая объемы отходов масложирового производства, именно они были использованы для проведения эксперимента.

Соапсток в рационах животных и рыбы дозируется по количеству жира. В 1 кг соапстока содержится 8500–8700 ккал обменной энергии, что отвечает энергии 3,4 кг концентрированных кормов. Важная роль принадлежит жирам в витаминном питании и водном обмене. Они способствуют всасыванию и депонированию жирорастворимых витаминов. При расщеплении 100 г жира в организме рыбы образуется 107 г воды. Использование жиров

улучшает вкусовые качества кормов и энергетическую ценность рационов, повышает эффективность использования азота.

Соапсток содержит некоторое количество глицеридов, соли жирных кислот, фосфатиды и такие биологически активные вещества, как холин, токоферолы, каротиноиды. Содержание жира в нем 20% и более.

Фосфатидный концентрат включает до 60% фосфатидов, 36% – жира, 2% – влаги и белка, является источником фосфора, калия, железа, марганца, цинка, помогающим рыбе избегать жирового перерождения печени и анемии. Он обладает хорошей эмульгирующей способностью, свойствами гидрофильных коллоидов, вследствие чего может использоваться в качестве связующего вещества при гранулировании комбикормов.

Фосфатидный концентрат рекомендован как носитель антиоксидантов (дилудина и сантохина) в количестве 2–4% для стабилизации биологически активных веществ в премиксах и БВД.

В качестве ароматизатора используют жмыхи и шроты эфиромасличных культур, например, кориандровый.

Для личинок тиляпий в условиях индустриального выращивания желательно использовать комбикорма с содержанием 40–45% протеина и 10–11% жира. Молодь хорошо растет на комбикормах, содержащих 26–30% протеина и 7–10% жира. Увеличение содержания протеина не ведет к существенному ускорению роста. Суточная норма кормов зависит от температуры воды и массы тела.

Рецепты комбикорма приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Рецепты продукционного комбикорма для тиляпии

Table 1.

Recipes for food for tilapia

Компоненты | Components	Содержание, % | Content, %
Ячмень | Barley	19,8
Отруби пшеничные | Wheat bran	4,1
Кукурузный глютен | Corn gluten	10,2
Шрот кориандровый | Coriander meal	2,9
Шрот подсолнечный | Sunflower meal	8
Шрот соевый | Meal, soybean	8
Дрожжи кормовые | Yeast, fodder	19,5
Мука рыбная – Петроп 57% | Flour fish-Petrop 57%	20
Жир рыбий | Fish oil	1
Фуз подсолнечный | Sunflower fuz	2
Фосфатиды подсолнечные | Sunflower phosphatides	2
Бентонит | Bentonite	1
Монокальцийфосфат | Monocalcium phosphate	0,4
Витамин В4 | Vitamin B4	0,1
Премикс | Premix	1

Предлагаемая рецептура отвечает всем требованиям, предъявляемым к комбикормам для приготовления экструдированных продукционных комбикормов для тиляпии.

Результаты и обсуждение

Для определения обменной энергии полученного комбикорма исследовано содержание основных физико-химических и биохимических показателей, позволяющих судить о преимуществах составленного продукционного экструдированного комбикорма для тиляпии (таблица 2).

Таблица 2.

Физико-химические и биохимические показатели экструдированных продукционных комбикормов для тиляпии

Table 2.

Physico-chemical and biochemical parameters of extruded feed for tilapia

Показатели | Index	Содержание, % | Content, %
1	2
Массовая доля влаги, % | Mass fraction of moisture, %	6,73
Сырой протеин, % | Crude protein, %	33,81
Сырой жир, % | Crude fat, %	9,68
Сырая клетчатка, % | Crude fiber, %	4,9
Зола, % | Ash, %	6,64
Линолевая кислота | Linoleic acid	1,88

Продолжение табл. 2 | Continuation of table 2

1	2
БЭВ, % | BEV, %	35,05
Лизин, % | Lysine, %	2,04
Метионин, % | Methionine, %	0,54
Метионин+цистин, % | Methionine+cystine, %	1,38
Триптофан, % | Tryptophan, %	0,34
Сахар, % | Sugar, %	11,36
Крахмал, % | Starch, %	0,65
Фосфор, % | Phosphorus, %	0,97
Кальций, % | Calcium, %	1,20
В. энергия, ккал/100г // МДж/кг | B. energy, kcal/100g / / MJ/kg	489,89 // 20,45
О энергия, ккал/100г // МДж/кг | O energy, kcal/100g / / MJ/kg	440,91 // 16,37

Были проведены испытания скармливания продукционного комбикорма для молоди тиляпии средней массой 7,7 г и длиной 7,44 см. Температура выращивания в аквариумах составляла 28–29 °С. Кислород не опускался ниже 6–7 мг/л. До указанной массы личинок подращивали в течение 54 сут на стартовом корме зарубежного производства. Тиляпия с первых дней выращивания активно потребляла испытуемый комбикорм. Скармливание этого комбикорма способствовало повышению среднесуточного прироста живой массы рыб молоди тиляпии (таблица 3).

Таблица 3.

Испытания скармливания продукционного комбикорма для молоди тиляпии

Table 3.

Test feeding production feed for juvenile tilapia

Показатели | Index	Комбикорм по предлагаемому рецепту Compound feed according to the proposed recipe	Комбикорм зарубежного производства Compound feed of foreign production
Начальная масса, г | Initial weight, g	7,7±0,37	8,22±0,61
Начальная длина, см | Initial length, cm	7,44±0,13	7,32±0,22
Конечная масса, г | Final weight, g	16,56±1,55	17,35±1,17
Упитанность начальная, г | Initial fatness, g	1,89	2,07
Упитанность конечная, г | Fatness final, g	1,94	1,95
Конечная длина, см | Final length, cm	9,45±0,17	9,60±0,25
Абсолютный прирост, г | Absolute growth, g	8,97	9,12
Выживаемость, % | Survival, %	100	100
Среднесуточный прирост, % | Average daily growth, %	2,60	2,48
Время выращивания, сут. | Growing time, days.	30	30

Содержание общего белка, а также белков саркоплазмы составило для тиляпии, выращенной по предлагаемому рецепту, – 37,98 и 13,4 мг/г, уровень общих липидов в мышцах тиляпии находился в пределах 0,92%, что говорит о низкой жирности мяса. Отмеченные показатели качества мяса тиляпии – низкая жирность и высокое содержание белка позволяют отнести мясо тиляпии к среднебелковым (таблица 4).

Таблица 4.

Содержание общих липидов и водорастворимого белка (с пересчетом на общий белок) в мышцах тиляпии

Table 4.

The content of total lipids and water-soluble protein (based on total protein) in the muscles of tilapia

Комбикорм Mixed fodder	Содержание общих липидов в мышцах, % Total lipid content of muscles, %	Содержание водорастворимого белка в мышцах, мг/г The content of water-soluble protein in muscles, mg/g	Содержание общего белка (с пересчетом от количества водорастворимого белка) в мышцах, % | Total protein content (based on the amount of water-soluble protein) in muscles, %
Комбикорм по предлагаемому рецепту (вариант 1) Compound feed according to the proposed recipe (option 1)	0,92±0,01	37,89±2,05	13,4±0,22
Комбикорм зарубежного производства (вариант 2) Compound feed of foreign production (option 2)	0,81±0,04	35,4±2,05	11,9±0,68

Полученный комбикорм характеризовался следующими органолептическими показателями: внешний вид – экструдат слегка деформированный, цилиндры со структурой разной степени пористости, без трещин; цвет – соответствовал цвету экструдированного комбикорма, из которого готовят гранулы, или темнее (при вводе красителей – цвет соответствующего красителя); запах соответствовал набору доброкачественных компонентов, входящих в комбикорм без затхлого, плесневелого и других посторонних запахов.

Заключение

Комплекс научных исследований в разработке продукционных экструдированных комбикормов может представлять интерес в области полноценного кормления тиляпии, а также позволит расширить ассортимент выпускаемых многокомпонентных комбикормов с достаточно высокой биологической, энергетической ценностью, сбалансированных по составу незаменимых аминокислот, витаминов и минеральных веществ, адаптированных для различных видов рыб.

ЛИТЕРАТУРА

1 Буньковский Д.В. Управление и контроль стоимости инвестиционного проекта // Актуальные проблемы права, экономики и управления. 2016. № 12. С. 14–19.

2 Величко Е. Применение новых технологий в экструдировании // Комбикорма. 2009. № 3. С. 24.

3 Колодязная В.С., Шестопалова И.А., Кипрушкина Е.И., Рогозина Е.А. Оптимизация параметров применения хитозана в технологии мясорастительных консервов эмульсионного типа // Известия Уфимского научного центра РАН. 2018. № 3 (3). С. 18–23.

4 Могильный М.П. Оборудование предприятий общественного питания. Москва, 2005.

5 Василенко В.Н., Остриков А.Н. Техника и технологии экструдированных комбикормов: монография. Воронеж: ВГТА, 2011. 456 с.

6 Шевцов А.А., Василенко В.Н., Шенцова Е.С., Фролова Л.Н. Технология комбикормов: новые подходы и перспективы: учебное пособие. Воронеж: ВГТА, 2011. 248 с.

7 Пономарев С.В., Гамыгин Е.А., Никаноров С.И., Пономарева Е.Н. и др. Технологии выращивания и кормления объектов аквакультуры Юга России. Астрахань: Нова плюс, 2002. 263 с.

8 Пономарев С.В., Грозеску Ю.Н., Бахарева А.А. Корма и кормление рыб в аквакультуре. М.: Моркнига, 2013. 410 с.

9 Overland M., Mydland L.T., Skrede A. Marine macroalgae as sources of protein and bioactive compounds in feed for monogastric animals // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2019. V. 99. №. 1. P. 13–24.

10 Ssepuuya G., Namulawa V., Mbabazi D., Mugerwa S. et al. Use of insects for fish and poultry compound feed in sub-Saharan Africa–a systematic review // Journal of Insects as Food and Feed. 2017. V. 3. № 4. P. 289–302.

11 Adjanke A., Tona K., Ble C.M. et al. Effect of dietary inclusion of palm kernel meal on feed intake, growth and body composition of Nile tilapia, Oreochromis niloticus reared in concrete tanks in Togo // International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. 2016. V. 4. № 5. P. 642–646.

12 Jianjun W., Xiaoliang W., Ying Zh., Dabo F. et al. Studies on the application of HuPro protease in different dietary protein contents of GIFT tilapia // Feed Industry. 2015. V. 2015. № 22. P. 5.

REFERENCES

1 Bun'kovskiy D.V. Management and control of the value of the investment project. *Aktual'nyye problemy prava, ekonomiki i upravleniya* [Actual problems of law, economics and management]. 2016. no. 12. pp. 14–19. (in Russian).

2 Velichko E. Application of new technologies in extrusion. *Kombikorma* [Compound feed]. 2009. no. 3. pp. 24. (in Russian).

3 Kolodyaznaya V.S., Shestopalova I.A., Kiprushkina E.I., Rogozina E.A. Optimization of chitosan application parameters in emulsion-type canned vegetable technology. *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN* [News of the Ufa Research Center of the Russian Academy of Sciences]. 2018. no. 3 (3). pp. 18–23. (in Russian).

4 Mogil'nyy M.P. Oborudovaniye predpriyatiy obshchestvennogo pitaniya [Equipment catering]. Moscow, 2005. (in Russian).

5 Vasilenko V.N., Ostrikov A.N. Tekhnika i tekhnologii ekstrudirovannykh kombikormov [Technique and technology of extruded feed: monograph]. Voronezh, VSTA, 2011. 456 p. (in Russian).

6 Shevtsov A.A., Vasilenko V.N., Shentsova E.S., Frolova L.N. Tekhnologiya kombikormov: novyye podkhody i perspektivy [Technology feed: new approaches and prospects: a tutorial]. Voronezh: VSTA, 2011. 248 p. (in Russian).

7 Ponomarev S.V., Gamygin E.A., Nikanorov S.I., Ponomareva E.N. et al. Tekhnologii vyrashchivaniya i kormleniya ob"yektov akvakul'tury Yuga Rossii [Technologies for growing and feeding aquaculture facilities in the South of Russia]. Astrakhan, Nova plyus, 2002. 263 p. (in Russian).

8 Ponomarev S.V., Grozesku Yu.N., Bakhareva A.A. Korma i kormleniye ryb v akvakul'ture [Feed and feed fish in aquaculture]. Moscow, Morkniga, 2013. 410 p. (in Russian).

9 Overland M., Mydland L.T., Skrede A. Marine macroalgae as sources of protein and bioactive compounds in feed for monogastric animals. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2019. vol. 99. no. 1. pp. 13–24.

10 Ssepuuya G., Namulawa V., Mbabazi D., Mugerwa S. et al. Use of insects for fish and poultry compound feed in sub-Saharan Africa–a systematic review. Journal of Insects as Food and Feed. 2017. vol. 3. no. 4. pp. 289–302.

11 Adjanke A., Tona K., Ble C.M. et al. Effect of dietary inclusion of palm kernel meal on feed intake, growth and body composition of Nile tilapia, Oreochromis niloticus reared in concrete tanks in Togo. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. 2016. vol. 4. no. 5. pp. 642–646.

12 Jianjun W., Xiaoliang W., Ying Zh., Dabo F. et al. Studies on the application of HuPro protease in different dietary protein contents of GIFT tilapia. Feed Industry. 2015. vol. 2015. no. 22. pp. 5.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Виталий Н. Василенко д.т.н., профессор, кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, vvn_1977@mail.ru

Лариса Н. Фролова д.т.н., профессор, кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, fln 84@mail.ru

Иван В. Драган к.т.н., доцент, кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Надежда А. Михайлова аспирант, кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 14.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 06.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Vitalii N. Vasilenko Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of fats, processes and devices of chemical and foods productions department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, vvn_1977@mail.ru

Larisa N. Frolova Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of fats, processes and devices of chemical and foods productions department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, fln 84@mail.ru

Ivan V. Dragan Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology of fats, processes and devices of chemical and foods productions department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Nadezhda A. Mihajlova graduate student, technology of fats, processes and devices of chemical and foods productions department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

CONTRIBUTION

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.14.2019

ACCEPTED 2.6.2019

Краткое сообщение/Short message

УДК 621.867.229.6

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-138-143

Процесс контроля массы штучных изделий на пневматических устройствах

Виталий К. Битюков [1] prezident@vsuet.ru
Игорь А. Авцинов [1] igor.awtzinov@yandex.ru
Наталья В. Суханова [1] Suhanovanv1971@mail.ru

[1] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Предложен принцип распознавания, основанный на использовании свойств тонкой газовой прослойки и несущей поверхности оборудования, который обеспечил создание ряда универсальных устройств, способных решать задачи сортировки и выбраковки штучных деталей по массе. Представлен перспективный метод распознавания по обобщённому критерию (удельная нагрузка), на основании которого получены два новых критерия ориентации (площадь опорной поверхности изделия и его масса). Доказано, что газовая прослойка обладает высокой чувствительностью к изменению характерных параметров изделий, т. е. способна их распознавать. Возникает необходимость разработки устройств автоматической сортировки и отбраковки для класса мелких штучных изделий с неявно выраженными конструкторскими признаками и обладающими заниженными физико-механическими свойствами, поскольку к ним нельзя применить традиционные средства автоматизации, операции загрузки и ориентирования с механическими захватами, взвешивание в потоке. Появляются значительные сложности в выбраковке штучных изделий, имеющих скосы, раковины и т. п., что обусловило создание устройств, обеспечивающих манипулирование большим разнообразием типоразмеров специфических изделий при снижении сухого механического трения между изделием и несущими частями оборудования. Приведена классификация специфических типов изделий и конфигураций схем пневмоустройств, использующих эффекты тонкой газовой несущей прослойки (рабочих поверхностей и пневмокамер, вида их движения, технологических возможностей). Предложены основы распознавания изделий по массе на газовой прослойке с использованием различных рабочих поверхностей, которые легли в основу создания ряда новых сортирующих устройств, обладающих высоким уровнем гибкости..

Ключевые слова: газовая несущая прослойка, пневматические устройства, сортировка, масса, принцип распознавания

The process of controlling the mass of piece products on pneumatic devices

Vitalii K. Bityukov [1] prezident@vsuet.ru
Igor A. Avcinov [1] igor.awtzinov@yandex.ru
Natalia V. Sukhanova [1] Suhanovanv1971@mail.ru

[1] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The principle of recognition based on the use of the properties of a thin gas layer and the supporting surface of equipment, which provided the creation of a number of universal devices capable of solving the problem of sorting and culling piece parts by weight. A promising method of recognition by the generalized criterion (specific load) is presented on the basis of which two new orientation criteria were obtained (the area of the support surface of the product and its mass) are obtained on the basis of this method. It is proved that the gas layer has a high sensitivity to changes in the characteristic parameters of products, i. e. is able to recognize them. There is a need to develop automatic sorting and rejection devices for a class of small piece products with implicit design features and having understated physical and mechanical properties, as they can not apply to traditional means of automation, loading and orientation operations with mechanical grips, weighing in the stream. There are significant difficulties in the culling of piece products with bevels, shells, etc., which led to the creation of devices that provide manipulation of a wide variety of sizes of specific products with a decrease in dry mechanical friction between the product and the bearing parts of the equipment. Classification of specific product types and configurations of circuits pneumatic devices that use the effects in the thin gas bearing strata (the working surfaces and air chambers, view their movements, technological capabilities). The bases of recognition of products by mass on a gas layer with the use of various working surfaces, which formed the basis for the creation of a number of new sorting devices with a high level of flexibility, are proposed..

Keywords:gas-bearing layer, pneumatic devices, sorting, mass, recognition principle

Введение

Одним из условий эффективной работы предприятия при постоянном изменении ассортимента выпускаемой продукции является гибкость производственного оборудования. Это обстоятельство определяет потребность в разработке принципиально новых технологических устройств автоматического действия, обладающих высоким уровнем гибкости, для сортировки (выбраковки) штучных изделий по массе.

Для цитирования

Битюков В.К., Авцинов И.А., Суханова Н.В., Процесс контроля массы штучных изделий на пневматических устройствах //Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 138–143. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-138-143

For citation

Bitukov V.K., Avcinov I.A., Sukhanova N.V. The process of controlling the mass of piece products on pneumatic devices. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 138–143. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-138-143

Метод сортировки по массе

На базе весоизмерительных приборов разработано много устройств для сортировки штучных изделий по весу. Известно устройство, содержащее подающий конвейер, весовую систему с коромыслом и приемным столиком и исполнительный механизм разбраковки взвешенных изделий, которое работает следующим образом (рисунок 1).

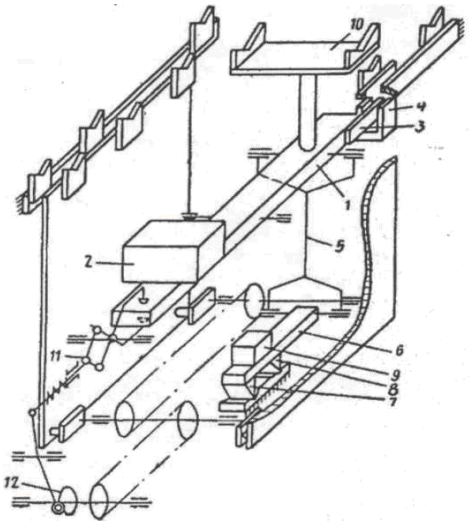


Рисунок 1. Устройство для сортировки штучных изделий

Figure 1. The device for sorting piece goods

После установки контролируемого изделия на приемный столик 10 захваты арретирующего рычажного устройства 11 разжимаются кулачком 12 и освобождают коромысло 1. Если вес изделия соответствует заданной весовой категории, то коромысло 1 удерживается в горизонтальном положении вследствие наличия противодействующего момента, создаваемого тарировочным грузом 9 и передаваемого тягой 5. Если вес изделия больше допустимого, то противодействующего момента, создаваемого грузом 9, становится недостаточно для удержания коромысла в горизонтальном положении. Коромысло поворачивается на угол, определяемый величиной зазора между коромыслом и разжатыми захватами арретирующего устройства 11. При этом двухопорный рычаг 6 посредством тяги 5 поворачивается. Так как ось вращения коромысла расположена ниже общего центра тяжести противовеса 2, контролируемого изделия и самого коромысла 1, то при малейшем отклонении последнего от горизонтального положения возникает дополнительный момент, способствующий повороту коромысла. В зависимости от допуска на вес изделия коромысло может занимать три фиксированных положения. В процессе контроля измерительный сигнал, зависящий от положения флажка 3 относительно бесконтактного датчика 4, поступает на исполнительный механизм. После контроля захваты арретирующего устройства сжимаются, и коромысло принимает горизонтальное положение для приема следующего контролируемого изделия

Представленное устройство имеет ряд существенных недостатков: невозможность его использования для отбраковки по массе специфических изделий (например, выпуклые и вогнутые линзы, защитные стекла, защитно-декоративные корпуса высокоточных приборов, сигнальная арматура и пр.), имеющих повреждения (сколы, раковины и т. п.), при которых площадь опорной поверхности остается неизменной, а масса меняется. Анализ конструкций и принципа работы весоизмерительных устройств показал, что значительную их часть нецелесообразно использовать для специфических изделий различных отраслей промышленности. Поэтому возникает необходимость разработки устройств автоматической сортировки и отбраковки для класса мелких штучных изделий с неявно выраженными конструкторскими признаками, обладающих заниженными физико-механическими свойствами (хрупкость, малая жёсткость и прочность, ломкость и т. п.), не удовлетворяющих требованиям ГОСТ по массе [2].

Анализ специфических мелких изделий позволил организовать их классификацию по физико-механическим свойствам, геометрическим параметрам и виду промышленности (фармацевтические изделия; парфюмерная продукция; пищевая штучная; изделия микроэлектроники, радиотехники и др.). По физико-механическим свойствам изделия классифицируются по свойствам материала (хрупкости, ломкости, фрикционным свойствам, высокой адгезии, драгоценным минералам, дорогостоящим материалам) и особенностям опорных поверхностей (высокой чистоте обработки, сверхчистоте, зеркальности поверхности, свеженанесенности покрытия, с промежуточным покрытием, специальности покрытия). По геометрическим параметрам изделия классифицируются по конфигурации (колпачковый тип: вогнутый, выпуклый, низкий, фигурный, кольцевой низкий, кольцевой высокий; чашеобразный, конусный, профильный, совмещенный, таблетированный) [2,3].

Анализ технологических операций показал, что возникают большие сложности в манипулировании (в частности, выбраковке) штучных изделий, имеющих скосы, сломы, выбоины, наружные и внутренние раковины (рисунок 2).

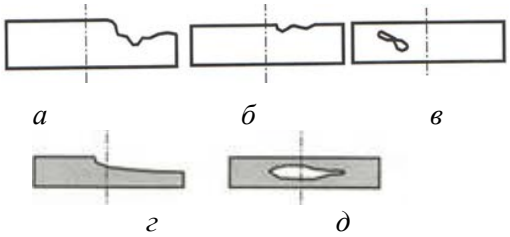


Рисунок 2. Примеры специфических изделий, имеющих сколы (*а, б, г*), внутренние раковины (*в, д*)

Figure 2. Examples of specific products having chipped (*a, b, d*), internal shells (*c, d*)

Повышение производительности контрольно-весового устройства неразрывно связано с увеличением скорости прохождения изделием участка взвешивания. Взвешиваемое изделие и измерительная платформа находятся в непосредственном контакте друг с другом, что приводит к повышенному истиранию отдельных частей весов и опорной поверхности изделий. Для штучных деталей (изделий) пищевой и химической промышленности, приборостроения и ряда других отраслей характерна существенная доля изделий, к которым предъявляются повышенные санитарно-гигиенические и эстетические требования, что делает практически неприменимыми традиционные весоизмерительные методы контроля.

Метод решения

Одним из вариантов решения поставленной задачи является использование эффектов, возникающих в тонкой газовой несущей прослойке (ТГНП), создаваемой между рабочей поверхностью автоматического загрузочно-ориентирующего устройства (АЗОУ) и опорной поверхностью транспортируемого изделия, а также создание устройств, использующих тонкую газовую прослойку в качестве транспортирующего и распознающего элемента конструкции. Такие устройства надежны, просты по конструктивному исполнению, удобны при использовании в АСУ ТП, при эксплуатации и наладке в производственных условиях.

Увеличение скорости движения изделий требует от контрольного автомата практически мгновенного определения веса. Проблема взвешивания изделий на воздушной прослойке сводится к изучению истечения газа через сопла под изделие и движения газа между двумя жесткими поверхностями (опорной поверхности изделия и рабочей устройства). Вопросы распределения давления и определения главного вектора сил давления большинство авторов решает исходя из уравнений движения вязких сжимаемых жидкостей с использованием уравнений неразрывности, состояния и энергии. Разработан новый метод распознавания по обобщённому критерию (удельная нагрузка), на основании чего получены два новых критерия распознавания (площадь опорной поверхности изделия и его масса). Доказано, что газовая прослойка обладает высокой чувствительностью к изменению представленных параметров изделий [2, 6].

Идея метода заключается в следующем. На движущуюся рабочую поверхность поступает поток изделий, для которых необходимо выполнить первичное пассивное ориентирование с рассортировкой по массе. Для этого движущаяся рабочая поверхность АЗОУ полностью перфорирована соплами, истекая из которых сжатый газ создает между поверхностями (опорной изделия и рабочей устройства) ТГНП с направлением движения газа, независимым от перемещения последних. В результате этого при различной массе изделий, расположенных на рабочей поверхности АЗОУ, одни перемещаются совместно с ней, а другие всплывают на ТГНП и уносятся в ином направлении, независимо от движения рабочей поверхности. Поэтому основным управляемым параметром представленного процесса являются характеристики ТГНП, которая создает газовую смазку между описанными поверхностями [3].

В настоящее время существует большое количество различных устройств и оборудования с ТГНП, выполняющих различные операции манипулирования в широком диапазоне типоразмеров изделий. Форма рабочей поверхности устройств отличается по геометрическому признаку, и выполняется в виде разнообразных геометрических фигур: плоскости, параболоида, цилиндра, конуса и их комбинированных вариантов с дополнительным устройством кольцом или камерой как внутри рабочей поверхности, так и сверху неё. В зависимости от конструкции рабочих поверхностей на устройствах реализуются различные операции: СК – сортировка, классификация; КМ – контроль массы и др.

Также рабочие поверхности делятся по подвижным признакам. Поверхность может быть подвижная и неподвижная (конфигурация РП: плоскость – СК, КМ, плоскость со вставкой сверху – СК, КМ, плоскость со вставкой – КМ, плоскость со вставкой в пневмокамере – КМ, усеченный конус – КМ), а по виду движения: колебательного (конфигурация РП: подвижная плоскость – КМ, часть усеченного конуса с цилиндрической вставкой – СК), поступательного (конфигурация РП: плоское ленточное полотно – СК, КМ, параболоид – СК, КМ) и вращательного типа (конфигурация РП: полый цилиндр – СК) [2].

На рисунке 3 представлено характерное дозирующее устройство с сортировкой по массе. На данном оборудовании реализуется автоматическое дозирование по массе продукта.

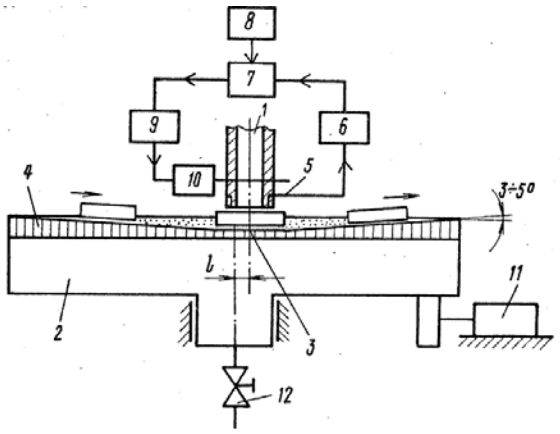


Рисунок 3. Схема устройства сортировки по массе

Figure 3. The scheme of the device sorting by mass

Пневмокамера 2 (рисунок 3) приводится во вращение. Через дроссель 12 в пневмокамеру 2 подается сжатый воздух. Изделие (например, пустая тара) подается на верхнюю стенку пневмокамеры, представляющую собой перфорированный диск, продвигаясь под наполнительный патрубок 1. Несущая поверхность пневмокамеры 2 имеет центральный участок 3 и периферийный наклонный участок 4 с углом наклона 3–5°. Горизонтальный участок расположен эксцентрично оси вращения пневмокамеры, смещен на величину l. Наполнительный патрубок 1 расположен над горизонтальным участком и имеет воздухоприемные сопла 5, связанные через блок управления, включающий датчик 6, сравнивающее устройство 7, задающее устройство 8 и усилитель 9 с исполнительным механизмом 10. Пневмокамера связана с электродвигателем 11 и соединена через регулирующий дроссель 12 с пневмосистемой.

Устройство работает следующим образом (рисунок 3). Пневмокамера 2 приводится во вращение двигателем 11. Через дроссель в нее подается сжатый воздух. Изделие подается на несущую поверхность диска. Воздух, проходя через перфорированные отверстия, создает воздушную прослойку под изделием. Последнее всплывает по ТГНП, вращение рабочей поверхности 4 на тару не передается, и оно за счет составляющей силы тяжести движется к центральному горизонтальному лотку, где останавливается под наполнительным патрубком 1. В соплах 5 изменяется давление, так как изделие перекрывает отверстие в центре. Это изменение фиксирует датчик 6 и передает сигнал на сравнивающее устройство 7, которое сравнивает последний с задающим сигналом от задатчика 8 и подает его через усилитель 9 на исполнительный механизм 10, который открывает заслонку, и материал поступает в тару (изделие). Как только вес материала в таре достигает определенного значения, происходит продавливание воздушной прослойки. Заполненная тара (изделие) касается вращающегося диска и начинает вместе с ним вращаться. За счет того что центр диска смещен относительно оси вращения рабочей поверхности и пневмокамеры, на тару с материалом действует центробежная сила от центра к краю, которая транспортирует тару на периферию диска, откуда она (тара, изделие) поступает на подающее устройство для дальнейших операций. Как только тара (изделие) с материалом касается вращающегося диска, она сразу начинает двигаться из его центра, перекрытые тарой отверстия открываются, и давление в соплах 5 сразу возрастает. Последнее фиксирует датчик 6. Он подает сигнал на усилитель через сравнивающее устройство 7, которое сравнивает его с сигналом от задатчика 8. Сигнал от усилителя подается на исполнительный механизм 10, который перекрывает подачу материала. Как только тара с материалом (изделие) освобождает центр диска, на ее место поступает свободная тара (изделие), и процесс повторяется [3, 4, 6].

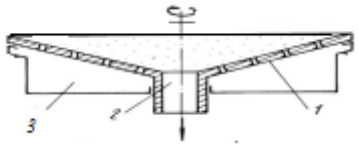


Рисунок 4. Схема устройства с рабочей поверхностью в виде конуса

Figure 4. The scheme of the device with a working surface in the form of a cone

Еще одна из типовых схем сортировки по массе представлена на рисунке 4. Форма рабочей поверхности – параболоид (конус), движение – вращательное вокруг вертикальной оси. Устройство состоит из перфорированного диска 1, имеющего форму параболоида (конуса), обращенного вниз. Диск 1 выполнен с возможностью вращения вокруг оси симметрии. Под диском 1 располагается кольцевая пневмокамера 3 и подающий канал 2. Перфорированный диск 1 приводится во вращательное движение, а в кольцевую камеру 3 подается сжатый воздух, который затем проходит через перфорированную поверхность диска 1. На поверхность диска 1 поступает изделие.

В случае сортировки (выбраковки) по массе при нарушении симметричности относительно оси вращения изделия (рисунок 2, *а, б, г*) оно не всплывает, а касается рабочей поверхности (перфорированного диска 1).

В случае сортировки (выбраковки, классификации) по массе изделий, имеющих сколы (рисунок 2, *а, б, г*) или внутренние раковины, пузыри (рисунок 2, *в, д*), они будут легче, чем стандартные. В результате чего они будут всплывать на ТГНП, вращение рабочей поверхности (перфорированного диска 1) на детали не передается, и реализуется движение их к центру диска 1 за счет составляющей силы тяжести. Если на рабочую поверхность подается изделие стандартной массы, т. е. оно обладает большим весом, деталь продавливает ТГНП, касается диска 1 и реализуется их совместное вращение. Распознаваемый объект перемещается на периферию рабочей поверхности под действием центробежной силы. Таким образом, бракованные изделия (более легкие) перемещаются в центре рабочей поверхности 1 по подающему каналу 2 на доработку, а стандартные – забираются с периферии диска 1 на дальнейшие операции.

В представленных конструкциях устройств регулируемые параметры – избыточное давление сжатого газа в пневмокамере и частота вращения рабочей поверхности оборудования, которые могут быть реализованы в автоматическом режиме.

Рассмотрим систему регулирования избыточного давления в пневмокамере. Давление в пневмокамере (рисунок 5) преобразуется преобразователем избыточного давления в стандартный пневматический сигнал от 0,2 до 1 кгс/см^2 и передается на пневматический ПИ-регулятор, который в зависимости от сигнала рассогласования (ошибки) вырабатывает управляющее воздействие на исполнительный механизм с регулирующим клапаном, установленным на трубопроводе подачи сжатого воздуха в пневмокамеру и изменяющим его расход [1].

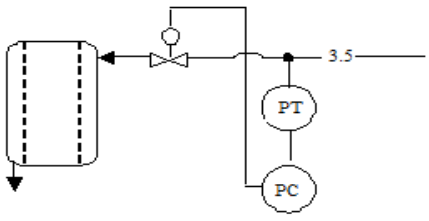


Рисунок 5. Схема регулирования избыточного давления в пневмокамере

Figure 5. The scheme of regulation of overpressure in the pneumatic chamber

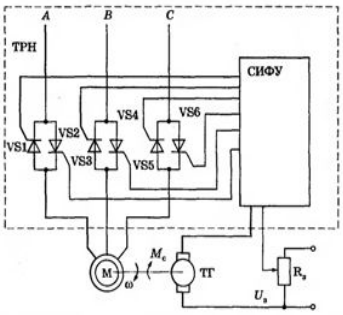


Рисунок 6. Автоматическая схема регулирования частоты вращения рабочей поверхности

Figure 6. The Automatic control scheme of speed rotation of the working surface

Регулирование частоты вращения возможно изменением напряжения в цепи якоря, что обеспечивает плавное экономичное регулирование в широком диапазоне (рисунок 3). Наибольшая частота вращения здесь ограничивается условиями коммутации, а наименьшая – условиями охлаждения двигателя. Еще одним достоинством рассматриваемого способа регулирования является то, что он допускает безреостатный пуск двигателя при пониженном напряжении.

Рассмотрим систему регулирования частоты рабочей поверхности. На валу двигателя стоит тахометр. Частота в пневмокамере (рисунок 6) измеряется тахометром, в состав которого входят тахогенератор ТГ постоянного тока и стрелочный измерительный прибор. Частота вращения двигателя изменяется посредством тиристорного привода ЭТ-1 при увеличении (уменьшении) величины сопротивления на переменном резисторе ППБ-15 Е.

Заключение

Разрабатываемые устройства на базе системы вида «изделие – рабочая поверхность – пневмокамера» обладают следующими преимуществами: 1) универсальностью, так как на рабочей поверхности можно манипулировать различными типоразмерами изделий, потому что конструкция рабочей поверхности не зависит от конкретной конфигурации предмета производства; 2) возможностью манипулирования специфическими изделиями за счет исключения или снижения сухого трения между деталями и рабочей поверхностью; 3) многофункциональностью, так как на каждом из устройств реализуется несколько операций; 4) способностью к переналадке при переходе от одних типоразмеров на другие за счет изменения расхода сжатого газа под изделия и скорости движения рабочей поверхности; 5) применение ТГНП как основного элемента предлагаемого оборудования может быть использовано в качестве термической обработки перемещаемого изделия [2].

ЛИТЕРАТУРА

1 Шарапов В.М. Датчики: справочное пособие. М.: Техносфера, 2012. 621 с.

2 Авцинов И.А., Битюков В.К., Маликов Д.Ю. Основы структурной типологизации конструирования устройств с газовой несущей прослойкой // Вестник ВГУИТ. 2015. № 4. С. 53–60.

3 Авцинов И.А. Загрузочно – ориентирующие устройства для мелких деталей // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2015. № 4. С. 8–10..

4 А. с. 469505, СССР, B 07c 5/16 G 01g 19/00. Устройство для сортировки штучных изделий по весу / Герасименко А.А., Плетень В.Х., Приходько А.И., Кувшинов В.С. Заявл. 1919950/28-12; Опубл. 05.05.1975, Бюлл. № 17.

5 Андерсон Д.А. Дискретная математика и комбинаторика. М.: Вильямс, 2005. 960 с.

6 Nitta N., Sugimura T., Isozaki A., Mikami H. et al. Intelligent Image-Activated Cell Sorting // Cell. 2018. V. 175. № 1. P. 266–276. doi: 10.1016/j.cell.2018.08.028

7 Плешаков А.А., Кристаль М.Г. Экспериментальное исследование пневмоэлектронного измерительного устройства для автоматической сортировки деталей перед селективной сборкой // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2016. № 3. С. 23–27.

8 Morisawa T., Tsukiji T., Suzuki R. Characteristics of Pneumatic Non-Contact Holder With Two Swirling Flows // ASME Proceedings. 2017. doi: 10.1115/FEDSM2017-69249

9 Тишин В.В. Дискретная математика в примерах и задачах. учеб. литература для вузов. СПб.: БХВ – Петербург, 2008. 352 с.

10 Фадеев А.С. Методы достижения точности при автоматической сборке на предприятиях машиностроительного комплекса РФ // Проблемы внедрения результатов инновационных разработок: сборник статей международной научно-практической конференции. 2016. С. 54–61.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Виталий К. Битюков д.т.н., профессор, кафедра информационных и управляющий систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, prezident@vsuet.ru

Игорь А. Авцинов д.т.н., профессор, кафедра информационных и управляющий систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, igor.awtzinov@yandex.ru

Наталья В. Суханова к.т.н., кафедра информационных и управляющий систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, Suhanovanv1971@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 22.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 06.02.2019

REFERENCES

1 Sharapov V.M. Datchiki: spravochnoe posobie [Sensors: reference guide]. Moscow, Technosphere, 2012. 621 p. (in Russian).

2 Avcinov I.A., Bityukov V.K., Malikov D.Yu. Fundamentals of structural typology, the design of devices with a gas bearing layer. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2015. no. 4. pp. 53–60. (in Russian).

3 Avcinov I.A. Boot – orienting device for small parts. *Cborka v mashinostroenii, priborostroenii* [Assembly in mechanical engineering, instrument engineering]. 2015. no. 4. pp. 8–10. (in Russian).

4 Gerasimenko A.A., Pleten V.H., Prikhodko A.I., Kuvshinov S.V. Ustrojstvo dlya sortirovki shtuchnyh izdelij po vesu [A device for sorting piece goods by weight]. Copyright certificate of the USSR, no. 469505, 1975.

5 Anderson D.A. Diskretnaya matematika i kombinatorika [Discrete mathematics and combinatorics]. Moscow, Williams, 2005. 960 p. (in Russian).

6 Nitta N., Sugimura T., Isozaki A., Mikami H. et al. Intelligent Image-Activated Cell Sorting. Cell. 2018. vol. 175. no. 1. pp. 266–276. doi: 10.1016/j.cell.2018.08.028

7 Pleshakov A.A., Kristal M.G. Experimental study of pneumoelectronic measuring device for automatic sorting of parts before selective assembly. *Cborka v mashinostroenii, priborostroenii* [Assembly in mechanical engineering, instrument-making]. 2016. no. 3. pp. 23–27. (in Russian).

8 Morisawa T., Tsukiji T., Suzuki R. Characteristics of Pneumatic Non-Contact Holder With Two Swirling Flows. ASME Proceedings. 2017. doi: 10.1115/FEDSM2017-69249

9 Tishin V.V. Discrete mathematics in examples and problems. studies. literature for universities. St. Petersburg, BHV – Petersburg, 2008. 352 p. (in Russian).

10 Fadeev A.S. Methods of achieving accuracy in the automatic assembly at the enterprises of the machine-building complex of the Russian Federation. Problemy vnedreniya rezul'tatov innovatsionnykh razrabotok [Problems of implementation of the results of innovative developments: a collection of articles of the international scientific-practical conference]. 2016. pp. 54–61. (in Russian).

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Vitalii K. Bityukov Dr. Sci. (Engin.), professor, information and control systems department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, prezident@vsuet.ru

Igor A. Avcinov Dr. Sci. (Engin.), professor, information technology management department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, igor.awtzinov@yandex.ru

Natalia V. Sukhanova Cand. Sci. (Engin.), information technology management department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, Suhanovanv1971@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors equally participated in writing the manuscript and responsible for the plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.22.2019

ACCEPTED 2.6.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 664.8.047

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-144-148

Применение СВЧ-, ИК-нагрева в технологии получения морковного порошка из выжимок

Ольга В. Перфилова [1] Perfolgav@mail.ru

[1] Мичуринский государственный аграрный университет, ул. Интернациональная, 101, г.Мичуринск, 393760, Россия

Аннотация. В современной пищевой промышленности при разработке инновационных технологий все чаще применяются физические методы обработки исходного сырья и пищевой продукции. Однако анализ литературы показал, что в полной мере не изучены механизмы влияния СВЧ- и ИК- энергии на пищевую ценность сырья и продуктов питания. При этом переработка растительного сырья должна проводиться по технологиям, предусматривающим максимально возможное извлечение из него ценных пищевых веществ, которые содержатся в нем в оптимальных соотношениях и легкоусвояемой форме. Особенностью разработанной технологии морковного порошка является применение СВЧ-нагрева для предварительной обработки выжимок с целью повышения антиоксидантной ценности из-за увеличения содержания водорастворимых антиоксидантов в свободной форме, в результате увеличения клеточной проницаемости и эффекта плазмолиза. Для морковных выжимок определен рациональный режим СВЧ-обработки, при котором наблюдается максимальное увеличение суммарного содержания антиоксидантов (38,0 мг/100 г или 191,0 мг/100 г с.в.): мощность – 800 Вт, время – 180 с, удельная работа – 720 Вт/г ·с, температура нагрева выжимок 95 °С. Для интенсификации процесса сушки морковных выжимок используется ИК–сушка при температуре 60–65 °С в течение 220 мин до влажности 7,5–8%. В результате ИК- сушки выжимок увеличивается сохранность антиоксидантов в среднем на 12,5% по сравнению с конвективным способом сушки, что может быть обусловлено сокращением времени сушки в среднем в 1,7 раза. Морковный порошок, полученный по новой технологии с использование СВЧ-, ИК-нагрева, соответствует требованиям ТР ТС 021/2011, что свидетельствует об его безопасности при использовании в производстве продуктов питания различного назначения. Таким образом, разработанная технология позволяет получить дополнительную продукцию из вторичного сырья сокового производства в виде порошка с повышенной антиоксидантной ценностью.

Ключевые слова: морковные выжимки, СВЧ-нагрев, ИК-сушка, порошок, антиоксиданты, безопасность

The using of microwave, infrared heating in technology of carrot powder from refuse

Olga V. Perfilova [1] Perfolgav@mail.ru

[1] Michurinsk State Agrarian University, Internationalnaya st., 101, Michurinsk, 393760, Russia

Abstract. In modern food industry in the innovative technologies development are frequently used physical methods for processing raw materials and food products. However, an analysis of the literature has shown that the mechanisms of the microwave and infrared (IR) energy influence on the nutritional value of raw materials and food products are not understood in full. At the same time, the processing of vegetable raw materials should be carried out using technologies are provided the maximum possible extraction from it of valuable nutrients, which are contained in it in optimal ratios and easily digestible form. A feature of the developed technology of carrot powder is the using of microwave heating for pretreatment of refuse to increase the antioxidant value on account of increasing in the content of free water-soluble antioxidants as a result of an increasing of cellular permeability and the effect of plasmolysis. For carrots refuse was determined a rational microwave treatment regime, which provides a maximum increasing of total content of antioxidants (38.0 mg/100 g or 191.0 mg/100 g solid): power – 800 W, time – 180 s, specific work – 720 W/ g·s, the heating temperature of refuse is 95 °C. Infrared drying used for intensification of refuse drying at a temperature of 60–65 °C for 220 minutes to a moisture content of 7.5–8%. As a result of infrared drying, the preservation of antioxidants are increases by an average of 12.5% compared with the convective drying method, which may be due to a decrease of drying time by an average of 1.7 times. Carrot powder made by the new technology with using of microwave accorded to the safety requirements, which indicates the possibility of its using in the production of food for various purposes. Thus, the developed technology allows to obtain additional products from the secondary raw materials of juice production such as powder with high antioxidant value.

Keywords: carrots refuse, microwave heating, infrared drying, powder, antioxidants, safety

Введение

В современной пищевой промышленности при разработке инновационных технологий все чаще применяются физические методы обработки исходного сырья и пищевой продукции. Данные методы используются, чтобы интенсифицировать процессы теплообмена, улучшить показатели пищевой ценности и безопасности обрабатываемых продуктов. ИК-облучение и нагревание в электромагнитном поле в настоящее время считаются одними из эффективных и перспективных физических методов.

Нагрев сырья и пищевых продуктов традиционно происходит конвекцией за счет свойств теплопроводности. В случае нагрева в электромагнитном поле в отличие от первого способа нет участия среды между объектом нагрева и СВЧ- и ИК-генераторами в процессе переноса теплоты. Перенос теплоты в системе «генератор-среда-объект нагрева» осуществляется электромагнитными колебаниями, при этом тепловая энергия генерируется непосредственно в объектах нагрева.

В инновационных пищевых технологиях СВЧ- нагрев получил широкое применение

Для цитирования

Перфилова О.В. Применение СВЧ-, ИК-нагрева в технологии получения морковного порошка из выжимок // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 144–148. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-144-148

For citation

Perfilova O.V. The using of microwave, infrared heating in technology of carrot powder from refuse. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 144–148. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-144-148

на различных стадиях технологического процесса: разогрев, сушка, размораживание, варка, выпечка, обеззараживание, экстрагирование и др. СВЧ-обработка демонстрирует перспективные преимущества по отношению к традиционным технологиям нагрева, а именно, улучшается качество изделий, сокращается временной интервал управления технологическим процессом, экономится энергия и затраты на энергию по причине более высокого коэффициента полезного действия, снижается уровень загрязненности окружающей среды, расходы на содержание оборудования незначительны, гибкость установки более высокая [1–4].

Широкое распространение получило такое технологическое решение, как сочетание СВЧ-нагрева с паром, горячим воздухом, вакуумом, инфракрасным нагревом, ультразвуком, которые также выступают в роли энергоносителей [5–8].

Однако анализ литературы показал, что в полной мере не изучены механизмы влияния СВЧ- и ИК-энергии на пищевую ценность сырья и продуктов питания. При этом переработка растительного сырья должна проводиться по технологиям, предусматривающим максимально возможное извлечение из него ценных пищевых веществ, которые содержатся в нем в оптимальных соотношениях и легкоусвояемой форме.

Морковные выжимки являются сопутствующим основному производству сока сырьем, сохранившим высокую пищевую ценность и антиоксидантные свойства. В силу этого целесообразно расширить и дополнить технологическую линию получения сока прямого отжима линией по переработке образующихся выжимок на порошок. Таким образом, из выжимок можно произвести дополнительное количество продукции, вырабатываемой в условиях одного производства [9–10].

Результаты и обсуждение

Проведенные на базе учебно-исследовательской лаборатории продуктов функционального назначения Мичуринский ГАУ исследования позволили определить технологические параметры процесса переработки морковных выжимок от производства соков прямого отжима на порошки.

Технологический процесс получения морковного порошка из выжимок осуществляется согласно разработанной структурной схеме (рисунок 1).

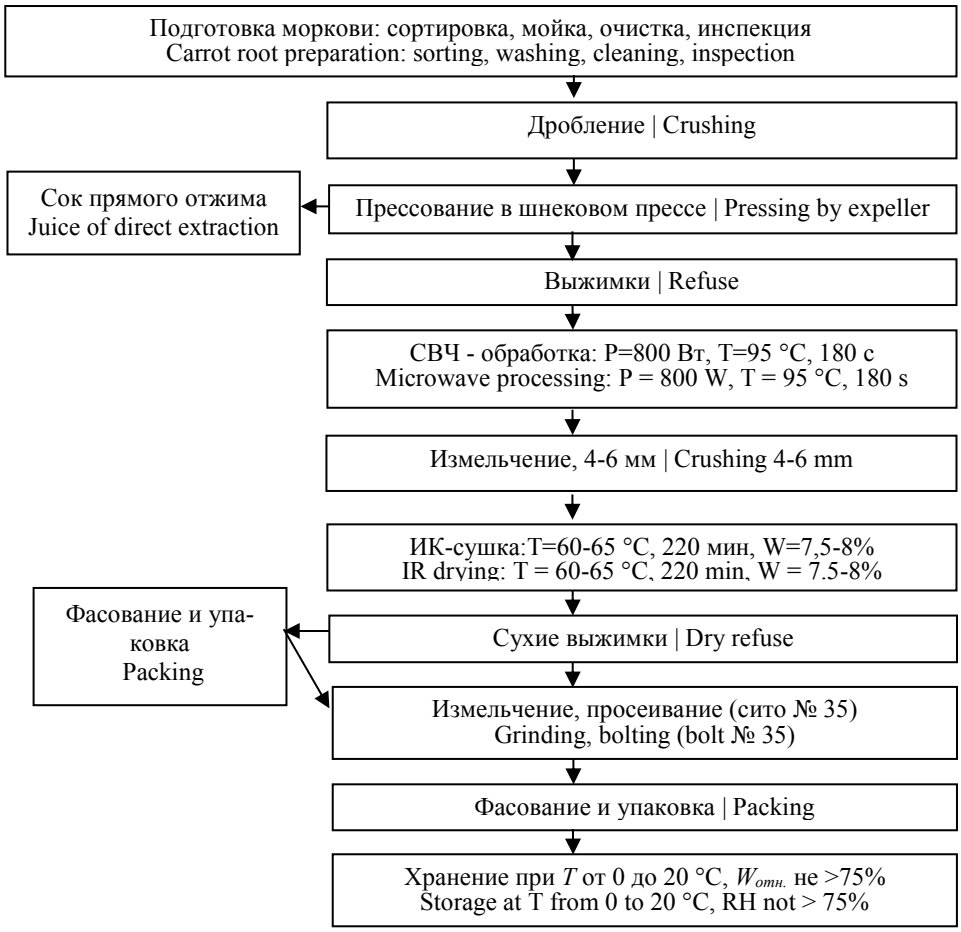


Рисунок 1. Структурная схема получения морковного порошка из выжимок при производстве соков прямого отжима

Figure 1. Structural scheme of carrot powder making from refuse juice of production by direct extraction

Первоначально выжимки подаются на сортировочный конвейер для инспекции по качеству, затем равномерным потоком выжимки поступают в СВЧ-камеру, где подвергаются предварительной термообработке под действием СВЧ-энергии при определенном рациональном режиме, при котором наблюдается максимальное увеличение суммарного содержания антиоксидантов (38,0 мг/100 г или 191,0 мг/100 г.с.в.): мощность – 800 Вт, время – 180 с, удельная работа – 720 Вт/г ·с, температура нагрева выжимок 95 °С. При таком режиме СВЧ-нагрева значение ССА в морковных выжимках по сравнению с контролем увеличивается в 1,65 раза, что может быть обусловлено увеличением концентрации водорастворимых антиоксидантов в свободной форме в результате повышения клеточной проницаемости и эффекта плазмолиза.

После СВЧ-обработки выжимки измельчаются на частицы размером 4–6 мм и далее измельченная масса направляется на сушку при 60–65 °С в ленточной ИК-сушилке, где масса выжимок распределяется слоем толщиной 3 мм и сушится в течение 220 мин.

По окончании процесса сушки высушенные до конечного влагосодержания 7,5–8,0%, выжимки с целью их остывания (t = 20 °С) выгружаются из сушильной установки на лотки, которые устанавливаются на тележку. Операция охлаждения необходима для проведения процесса выравнивания влажности в высушенных выжимках.

Остывшие выжимки фасуются с помощью дозатора, оснащенного магнитоуловителем, либо в вакуумные пакты, либо в крафт-пакеты с влагонепроницаемыми вкладышами и направляются на хранение при следующих условиях: относительная влажность воздуха – не более 75% и температура воздуха – не ниже 0 °С.

Затем, в случае потребности в порошках, проводят растаривание, инспекцию и измельчение сухих выжимок в молотковой дробилке. Морковный порошок просеивают с помощью синтетического сита № 35. Фракцию порошка с частицами не более 200 мкм направляют на фасование с помощью дозатора, оснащенного магнитоуловителем, в вакуумные пакты либо в крафт-пакеты с влагонепроницаемыми вкладышами, которые поступают на хранение при тех же условиях, что и сухие неизмельченные выжимки.

Установлено преимущество применения ИК-сушки выжимок перед традиционным способом конвективной сушки по содержанию антиоксидантов (рисунок 2).

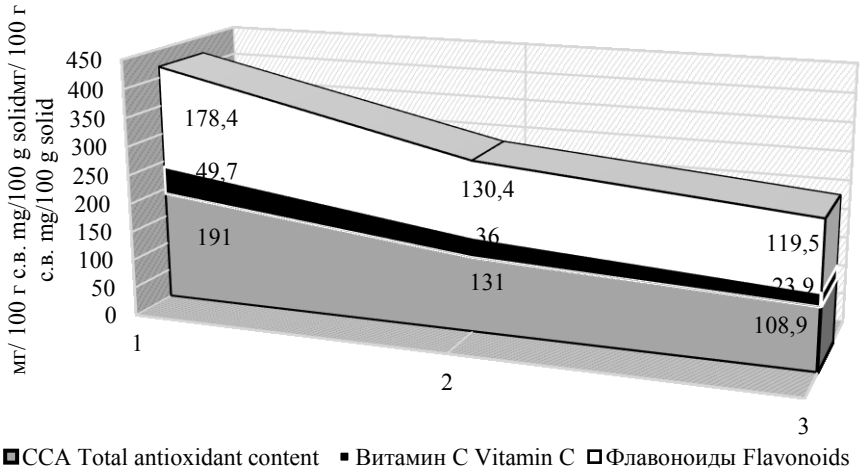


Рисунок 2. Диаграмма изменения содержания антиоксидантов морковных выжимок от способа сушки: 1 – выжимки после СВЧ-нагрева; 2 – выжимки после ИК-сушки; 3 – выжимки после конвективной сушки

Figure 2. Diagram of changes in the antioxidants content of carrots refuse from the drying method: 1 – refuse after microwave-heating; 2 – refuse after IR-drying; 3 – refuse after convective drying

Содержание антиоксидантов определяли амперометрическим методом на приборе Цвет Яуза 01-АА; бета-каротин – методом колоночной хроматографии И.К. Мурри по ГОСТ 8756.22–80; флавонолы и катехины – колориметрическим методом в модификации Л.И. Вигородова на фотометре марки КФК-3; антоцианы – по методу Никитского ботанического сада; витамин С – титриметрическим методом по ГОСТ 24556–89.

Отличительной особенностью способа ИК-сушки является высокая сохранность аскорбиновой кислоты. Содержание аскорбиновой кислоты в морковных выжимка снижается по отношению к исходному содержанию в свежих выжимках в результате ИК-сушки и конвективной сушки соответственно на 27,6 и 51,9%. Таким образом, применение ИК-сушки позволяет сократить потери аскорбиновой кислоты в среднем на 24% по сравнению с конвективным способом.

Содержание катехинов и антоцианов в выжимках после ИК-сушки по сравнению с их исходным содержанием в свежих выжимках уменьшается соответственно в 1,4 и 1,5 раза.

Содержание флавонолов в морковных выжимках после ИК-сушки уменьшается в 1,3 раза по сравнению со свежим сырьем. Существенной зависимости количественного содержания флавоноидов в выжимках от способа сушки (ИК-сушка и конвективная сушка) не выявлено.

Снижение содержания полифенолов в результате сушки морковных выжимок может быть обусловлено ферментативными и неферментативными процессами. В результате исследований установлено, что из флавоноидов к наиболее чувствительным к действию повышенных температур относятся антоцианы, а к наиболее устойчивым флавонолы, которые медленнее разрушаются.

В результате ИК-сушки выжимок увеличивается сохранность антиоксидантов в среднем на 12,5% по сравнению с конвективным способом сушки, что может быть обусловлено сокращением времени сушки в среднем в 1,7 раза.

Таким образом, разработанная технология позволяет получить дополнительную продукцию из вторичного сырья сокового производства в виде порошка с повышенной антиоксидантной ценностью.

Безопасность морковного порошка из выжимок производства соков прямого отжима определяли по содержанию токсичных элементов, пестицидов, нитратов, радионуклидов и по микробиологическим показателям (таблица 1).

Таблица 1.

Показатели безопасности морковного порошка из выжимок

Table 1.

Safety indicators of carrot powder from refuse

Показатели Indicators	Методы исследования Methods of testing	Допустимые значения ТР ТС 021/2011, не более Valid Values TR CU 021/201, no more than	Фактическое значение Actual value
Токсичные элементы, мг/кг | Toxic elements mg/kg			
Ртуть | Mercury	ГОСТ 26929 GOST R 51766	0,02	<0,01
Кадмий | Cadmium	МУК 4.1.986 Workbook 4.1.986	0,03	0,014
Свинец | Lead	МУК 4.1.986 Workbook 4.1.986	0,50	0,150
Мышьяк | Arsenic	ГОСТ Р 51766 GOST R 51766	0,20	<0,010
Пестициды, мг/кг | Pesticides, mg/kg			
Альфа-ГХЦГ | Alpha-HCH	ГОСТ 30349 GOST 30349	0,5	<0,001
Бета-ГХЦГ | Beta-HCH		0,5	<0,001
Гамма-ГХЦГ | Gamma – HCH		0,5	<0,001
ДДД | DDD		0,1	<0,007
ДДТ | DDT		0,1	<0,007
ДДЭ | DDE		0,1	<0,007
Нитраты, мг/кг | Nitrates, mg/kg	МУ 5048 Workbook 5048	400	235
Радионуклиды, Бк/кг| Radionuclides, Bq/kg			
Цезий-137 | Cesium-137	ГОСТ 32161 GOST 32161	80,0	<3,0
Стронций-90 | Strontium-90	ГОСТ 32163 GOST 32163	40,0	<1,2
КМАФАнМ, КОЕ/г ($см^3$) | QMAFAnM, CFU / g (cm^3)	ГОСТ 10444.15 GOST10444.15	<50000	200
БГКП, в 0,1 г ($см^3$) | E. coli bacteria, in 0.1 g (cm^3)	ГОСТ 31747 GOST31747	0,1	Не обнаружены в 0,1 г ($см^3$) not detected in 0.1 g (cm^3)
Патогенные, в т. ч. сальмонеллы, в 25 г.($см^3$) | Pathogens, incl. Salmonella, in 25 g (cm^3)	ГОСТ 31659 GOST 31659	25	Не обнаружены в 25 г.($см^3$) not detected in 25 г.(cm^3)
Плесени, КОЕ/г ($см^3$) | Mold, CFU / g (cm^3)	ГОСТ 10444.12 GOST10444.12	<100	<1
Дрожжи, КОЕ/г ($см^3$) |Yeast, CFU/g (cm^3)		<500	<1

Результаты испытаний показали, что морковный порошок, полученный по новой технологии с использованиеv СВЧ-, ИК-нагрева, соответствует требованиям ТР ТС 021/2011, что свидетельствует об его безопасности при использовании в производстве продуктов питания различного назначения.

Заключение

По данным исследований можно сделать вывод о том, что использование предварительной термической обработки морковных выжимок СВЧ-энергией позволяет повысить антиоксидантную ценность выжимок за счет увеличения клеточной проницаемости для водорастворимых антиоксидантов. СВЧ-энергия наряду с ИК-излучением пагубно влияет на клетки патогенных микроорганизмов, что обеспечивает микробиологическую безопасность готового порошка. Испарение части влаги в процессе СВЧ-обработки и интенсификация процесса сушки за счет ИК-излучения сокращает время сушки, что позволяет снизить расходы на электроэнергию и существенно увеличить сохранность антиоксидантов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Ушакова Н.Ф., Копысова Т.С., Касаткин В.В., Кудряшова А.Г. Опыт применения СВЧ-энергии при производстве пищевых продуктов // Пищевая промышленность. 2013. № 10. С. 30–32.

2 Государственная политика Российской Федерации в области здорового питания: Доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2015. 89 с.

3 Imenokhoyev I., Matthes A., Walter G. Numerical 3D-FEM-simulation made by COMSOL Multiphysics of a microwave assisted cleaning system for a diesel sooty particle filter and its experimental volidation // In Proceeding Book, International COMSOL Multiphysics Conference. Ludwigsburg, 2011. P. 26–28.

4 DKG-Fachtagung «Moderne Verfahren in der Trocknungstechnik». Eschenfelden, 2012.

5 Пат. 2555592, RU, A23B 7/015, A23L 1/212, A23B 7/02, A23L 3/54. Способ получения порошков из сушеных выжимок ягод брусники и клюквы / Кольман О.Я., Иванова Г.В., Никулина Е.О. № 2014110848/13; Заявл. 2014110848; Опубл. 10.07.2015, Бюлл. № 19.

6 Пат. 2558443, RU, A23B 7/015, A23L 1/025, A23L 3/54. Способ сушки грибов / Хантургаев А.Г., Котова Т.И., Хантургаева В.А. № 2014121411/13; Заявл. 2014121411; Опубл. 10.08.2015, Бюлл. № 22.

7 Пат. 2524069, RU, A23B 7/00, A23B 7/01, A23L 1/2165. Способ получения пищевых порошков из томатов и свеклы / Шорникова Л.П. и др. № 2012153456/13; Заявл. 2012153456; Опубл. 27.07.2014, Бюлл. № 21.

8 Пат. 2369284, RU, A23L 3/01, A23B 7/01. Способ непрерывной сушки пищевых продуктов с использованием конвективного и СВЧ-энергоподвода / Антипов С.Т., Селин А.А., Барбашин А.М., Казарцев Д.А. № 2008120287/13; Заявл. 2008120287; Опубл. 10.10.2009, Бюлл. № 28.

9 Babushkin V.A., Perfilova O.V., Vinnitskaya V.F., Danilin S.I. Expansion of food products range for functional and prophylactic nutrition with usage of fruits and vegetables of Tambov region // Ecology, Environment and Conservation Paper. 2015. V. 21. P. 29–36.

10 Perfilova, O.V., Magomedov G.O., Magomedov M.G., Babushkin V.A. Quality of jelly marmalade from fruit and vegetable semi-finished products // International Journal of Pharmaceutical Research. 2018. V. 10. № 4. P. 721–724.

REFERENCES

1 Ushakova N.F., Kopysova T.S., Kasatkin V.V., Kudryashova A.G. Experience of using microwave energy in food production. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry]. 2013. no. 10. pp. 30–32. (in Russian).

2 Public policy of the Russian Federation in the area of healthy nutrition: Report. Moscow, Federal Service for Protection of Consumers and Human Welfare, 2015. 89 p. (in Russian).

3 Imenokhoyev I., Matthes A., Walter G. Numerical 3D-FEM-simulation made by COMSOL Multiphysics of a microwave assisted cleaning system for a diesel sooty particle filter and its experimental validation. In Proceeding Book, International COMSOL Multiphysics Conference. Ludwigsburg, 2011. pp. 26–28.

4 DKG-Fachtagung «Moderne Verfahren in der Trocknungstechnik». Eschenfelden, 2012.

5 Kolman O.Ya., Ivanova G.V., Nikulina E.O. Sposob polucheniya poroshkov iz sushenykh vyzhimok yagod brusniki i klyukvy [The method of powders production from dried refuse of lingonberries and cranberries]. Patent RF, no. 2555592, 2015.

6 Khanturgaev A.G., Kotova T.I., Khanturgaeva V.A. Sposob sushki gribov [The method of mushrooms drying]. Patent RF, no. 2558443, 2015.

7 Shornikova L.P. et al. Sposob polucheniya pishchevykh poroshkov iz tomatov i svekly [The method of food powders production from tomatoes and beets]. Patent RF, no. 2524069, 2014.

8 Antipov S.T., Selin A.A., Barbashin A.M., Kazartsev D.A. Sposob nepreryvnoy sushki pishchevykh produktov s ispol'zovaniyem konvektivnogo i SVCH-energopodvoda [A method of continuous drying of food using convective and microwave energy supply]. Patent RF, no. 2369284, 2009.

9 Babushkin V.A., Perfilova O.V., Vinnitskaya V.F., Danilin S.I. Expansion of food products range for functional and prophylactic nutrition with usage of fruits and vegetables of Tambov region. Ecology, Environment and Conservation Paper. 2015. vol. 21. pp. 29–36.

10 Perfilova, O.V., Magomedov G.O., Magomedov M.G., Babushkin V.A. Quality of jelly marmalade from fruit and vegetable semi-finished products. International Journal of Pharmaceutical Research. 2018. vol. 10. no. 4. pp. 721–724.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ольга В. Перфилова к.т.н., доцент, кафедра технологии продуктов питания и товароведения, Мичуринский государственный аграрный университет, ул. Интернациональная, 101, г.Мичуринск, 393760, Россия, Perfolgav@mail.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Olga V. Perfilova Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, food technology and commodity department, Michurinsk State Agrarian University, Internationalnaya st., 101, Michurinsk, 393760, Russia, Perfolgav@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Ольга В. Перфилова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

CONTRIBUTION

Olga V. Perfilova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 10.01.2019
ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.02.2019

CONFLICT OF INTEREST

The author declares no conflict of interest.

RECEIVED 1.10.2019
ACCEPTED 2.18.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 664.8.036.552

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-149-159

Моделирование коррозионного процесса при взаимодействии белой жести с овощными консервами

Ольга В. Бессараб [1] upakovka@vniitek.ru
Татьяна Ф. Платонова [1] platokora@yandex.ru
Ирина В. Протункевич [1] irina.protunkevitch@yandex.ru
Андрей Н. Петров [1] vniitekpetrov@vniitek.ru

[1] Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, ул. Школьная, д.78, г. Видное, Ленинский р-н, Московская обл., Россия

Аннотация. При выборе металлической упаковки для овощных консервов целесообразно учитывать их коррозионную агрессивность, т.к. коррозия внутренней поверхности является одним из факторов, оказывающих влияние на качество продукции в процессе хранения. Для рационализации коррозионных испытаний металлических упаковочных материалов пищевые продукты целесообразно заменять модельными средами – растворами органических кислот. Целью настоящей работы являлось изучение кинетики коррозии белой консервной жести электролитического лужения (ЭЖК) в модельных средах – водных растворах щавелевой (массовая доля 0,25–1,00 %) и лимонной (массовая доля 0,25–1,50 %) кислот, а также их смесей. Скорость равномерной коррозии измеряли методом линейного поляризационного сопротивления, питтинговой коррозии – амперометрии нулевого сопротивления. Испытания проводили при помощи коррозиметра «Эксперт-004», по двухэлектродной схеме. Для растворов щавелевой кислоты с массовой долей 0,25 и 0,50 % и для всех растворов лимонной кислоты процесс характеризуется как равномерная коррозия – средние стационарные значения скоростей питтинговой коррозии в 7–11 раз меньше соответствующих значений скоростей равномерной коррозии (1,52–3,93 мкм/год и 17,42–26,56 мкм/год, соответственно). Наиболее агрессивными по отношению к ЭЖК являются растворы щавелевой кислоты с массовой долей 0,25 и 0,50% и растворы лимонной кислоты с массовой долей 0,25 и 0,50%. Исходя из этого, были выбраны двухкомпонентные растворы следующего состава: 0,25 % лимонной кислоты + 0,25% щавелевой кислоты; 0,25% лимонной кислоты + 0,50% щавелевой кислоты; 0,50% лимонной кислоты + 0,25% щавелевой кислоты; 0,50% лимонной кислоты + 0,50% щавелевой кислоты. Для этих растворов процесс характеризуется как равномерная коррозия - средние стационарные значения скоростей питтинговой коррозии в 7–10 раз меньше соответствующих значений скоростей равномерной коррозии (2,04–3,85 мкм/год и 19,56–26,93 мкм/год, соответственно). Для двухкомпонентных растворов наблюдается аддитивный эффект - средние экспериментальные значения стационарных скоростей равномерной и питтинговой коррозии соответствуют рассчитанным аддитивным значениям. Путём математической обработки экспериментальных данных было установлено, что максимальное значение стационарной скорости равномерной коррозии соответствует двухкомпонентному раствору, содержащему 0,40% лимонной кислоты и 0,30% щавелевой кислоты. Это подтверждается экспериментальными данными - среднее стационарное значение скорости равномерной коррозии для данного раствора составляет 28,18 мкм/год. По результатам исследований было установлено, что в качестве модельной коррозионной среды, имитирующей овощные консервы, целесообразно использовать раствор, содержащий 0,40% лимонной кислоты и 0,30% щавелевой кислоты, т. к. он является наиболее агрессивным.

Ключевые слова: модельная среда, щавелевая кислота, лимонная кислота, белая консервная жесть, скорость коррозии, метод поляризационного сопротивления, амперометрия нулевого сопротивления, коррозиметр «Эксперт-004», консервы.

Modeling of the corrosion process in the interaction of tinplate with vegetable canned food

Olga V. Bessarab [1] upakovka@vniitek.ru
Tatyana F. Platonova [1] platokora@yandex.ru
Irina V. Protunkevitch [1] irina.protunkevitch@yandex.ru
Andrej N. Petrov [1] vniitekpetrov@vniitek.ru

[1] Russian Research Institute of Canning Technology – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, Shkolnaya st., 78, Vidnoe place, Leninskiy district, Moscow region, Russia

Abstract. When choosing metal packaging for canned vegetables, it is advisable to take into account their corrosivity, because the inner surface corrosion is one of the factors affecting product quality during storage. To rationalize the corrosion tests of metal packaging materials, it is advisable to replace food with model media – organic acids solutions. The aim of this work was to study the corrosion kinetics of electrolytic tinplate in model media–aqueous solutions of oxalic (mass fraction 0.25–1.00%) and citric (mass fraction 0.25–1.50%) acids, as well as their compositions. The uniform corrosion rate was measured by the linear polarization resistance method, pitting corrosion–zero resistance amperometry method. The tests were carried out using the "Expert-004" corrosion-meter, according to a two-electrode scheme. For oxalic acid solutions with a mass fraction of 0.25% and 0.50% and for all citric acid solutions, the process is characterized as uniform corrosion – the pitting corrosion rates average steady values are 7–11 times less than the corresponding uniform corrosion rates values (1.52–3.93 μm/year and 17.42–26.56 μm/year, respectively). The most aggressive with respect to tinplate are oxalic acid solutions with a mass fraction of 0.25 and 0.50% and citric acid solutions with a mass fraction of 0.25 and 0.50%. On this basis, two-component solutions of the following composition were chosen: 0.25% citric acid + 0.25% oxalic acid; 0.25% citric acid + 0.50% oxalic acid; 0.50% citric acid + 0.25% oxalic acid; 0.50% citric acid + 0.50% oxalic acid. For these solutions, the process is characterized as uniform corrosion — the pitting corrosion rates average steady values are 7–10 times less than the corresponding the uniform corrosion rates values (2.04–3.85 μm/year and 19.56–26.93 μm/year, respectively). For two-component solutions, an additive effect is observed–the uniform and pitting corrosion rates average experimental steady values correspond to the calculated additive values. By mathematical processing of experimental data, it was found that the uniform corrosion steady rate maximum value the corresponds to a two-component solution containing 0.40% citric acid and 0.30% oxalic acid. This is confirmed by experimental data–the uniform corrosion rate average steady value for this solution is 28.18 μm/year. According to the research results it was found that as a model corrosive medium that simulates canned vegetables, it is advisable to use a solution containing 0.40% citric acid and 0.30% oxalic acid, because it is the most aggressive.

Keywords: model medium, oxalic acid, citric acid, electrolytic tinplate, corrosion rate, polarization resistance method, zero resistance amperometry method, "Expert-004" corrosion-meter, canned food.

Для цитирования

Бессараб О.В., Платонова Т.Ф., Протункевич И.В., Петров А.Н. Моделирование коррозионного процесса при взаимодействии белой жести с овощными консервами // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 149–159. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-149-159

For citation

Bessarab O.V., Platonova T.F., Protunkevitch I.V., Petrov A.N. Modeling of the corrosion process in the interaction of tinplate with vegetable canned food. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 149–159. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-149-159

Введение

Металлические банки являются одним из наиболее распространённых видов упаковки для консервов. Популярность данного вида упаковки обусловлена рядом преимуществ:

– устойчивость металлических банок к механическим воздействиям на всех этапах производства, транспортирования и хранения консервов;

– защита упакованной продукции от воздействия светового излучения;

– гарантия сохранения герметичности упаковки на протяжении всего срока годности;

– высокая теплопроводность металла, что обеспечивает быстрый и равномерный прогрев в процессе стерилизации консервов.

Для рационального выбора металлической упаковки необходимо учитывать её коррозионную устойчивость, т. к. коррозия внутренней поверхности является одним из факторов, оказывающих влияние на качество консервов. Основными коррозионно-агрессивными веществами консервированных продуктов являются электролиты – органические кислоты (уксусная, лимонная, яблочная, щавелевая и др.) и их соли, а также поваренная соль. При контакте электролитов с поверхностью металлической упаковки на границе раздела фаз протекает процесс электрохимической коррозии, при котором одновременно происходят реакции анодного окисления металла и катодного восстановления ионов электролита, в результате чего металл переходит в продукт, т. е. в процессе хранения консервов в жестяной упаковке происходит накопление солей металлов [1, 2].

Для рационализации испытаний, проводимых при оценке качества металлической упаковки и упаковочных материалов, вместо пищевых продуктов обычно применяют модельные среды (растворы), что позволяет решить несколько задач:

– упростить процедуру подготовки к лабораторным исследованиям;

– сократить временные и материальные затраты на проведение испытаний;

– обеспечить воспроизводимость результатов исследований, т. к. модельные среды обладают стабильным химическим составом.

В предыдущие годы в отделе применения тары ВНИИТеК (ВНИИКОП) была разработана классификация фруктовых и овощных консервов в зависимости от степени их коррозионной агрессивности (таблицы 1 и 2) [3, 4].

Таблица 1.

Классификация консервов по степени их коррозионной агрессивности

Table 1.

The classification of canned food according to the corrosivity degree

Наименование группы | Group name	Коррозионно-активные компоненты | Corrosive components	
	поваренная соль, % kitchen salt, %	титруемая кислотность, % titrated acidity, %
Слабоагрессивные | Weakly aggressive	<1,0	<0,2
Среднеагрессивные | Middle aggressive	1,0-2,0	0,2-1,0
Сильноагрессивные | Strongly aggressive	>2,0	>1,0

Таблица 2.

Степень агрессивности консервов и коррозионная устойчивость металлических тарных материалов

Table 2.

The degree of aggressiveness of canned food and the corrosion resistance of metal packaging materials

Степень агрессивности консервов The canned food aggressiveness degree and the corrosion resistance of metal packaging materials	Гравиметрический показатель скорости коррозии, г/(м^2·ч) Gravimetric corrosion rate, g/(m^2·h)	Характеристика коррозионной устойчивости металлических тарных материалов Characteristics of the metal packaging materials corrosion resistance
Слабоагрессивные | Weakly aggressive	0,3–2,0	Стойкие | Resistant
Среднеагрессивные | Middle aggressive	2,0–4,0	От пониженно-стойких к стойким From low-resistant to resistant
Сильноагрессивные | Strongly aggressive	4,0–7,5	Пониженно-стойкие | Low-resistant

Приведённая классификация не учитывает химическую природу кислот, входящих в состав консервов, а также наличие в составе продуктов веществ, которые являются ингибиторами и катализаторами коррозионного процесса, например, антоциановых пигментов и пищевых волокон [5–8].

Цель работы – изучение кинетики коррозии белой консервной жести электролитического лужения (ЭЖК) в модельных средах, имитирующих овощные консервы – водных растворах щавелевой и лимонной кислот, а также их смесей.

В качестве основного компонента модельных коррозионных сред была выбрана лимонная кислота как наиболее распространённая. Она содержится практически во всех овощах, а также широко используется в качестве технологической добавки при производстве консервов. В томатах, сладком перце, моркови и других овощах содержание составляет 0,1–0,5%. Группой исследователей [9] было установлено, что при взаимодействии белой жести с растворами лимонной кислоты в аэрированной среде стальная основа является анодом по отношению к оловянному покрытию, т. е. происходит преимущественно миграция ионов железа. В дэарированных растворах анодом является олово, т. е. в раствор переходят преимущественно его ионы.

В состав овощных консервов входит щавелевая кислота в основном в виде оксалатов. Наиболее высоким содержанием оксалатов (1–4%) отличаются различные пряности, такие, как, тмин, кардамон, имбирь и др. Ревень, щавель, свёкла, мангольд, петрушка содержат до 1%. Томаты, баклажаны, брокколи, морковь, картофель, сельдерей, сладкий перец, фасоль содержат до 0,1% оксалатов [10, 11]. Наиболее распространённые консервы, содержащие щавелевую кислоту, – томатная паста, консервированные томаты, овощные и рыбные консервы в томатной заливке, а также содержащие различные пряности.

Объекты и методы

В настоящей работе в качестве модельных коррозионных сред использовали:

– растворы щавелевой кислоты с массовой долей 0,25–1,00%;

– растворы лимонной кислоты с массовой долей 0,25–1,50%;

– растворы, содержащие смесь лимонной и щавелевой кислот.

Коррозионные среды готовили на дистиллированной воде по ГОСТ 6709–72.

Скорость равномерной коррозии (K) определяли методом поляризационного сопротивления по двухэлектродной схеме. Сущность метода заключается в создании постоянной разности потенциалов (внешней поляризации) между двумя одинаковыми пластинами металла, служащими электродами, и измерении параметров возникающего при этом тока. Скорость питтинговой (точечной) коррозии (P) определяли посредством амперометрии нулевого сопротивления по двухэлектродной схеме. Метод основан на измерении плотности тока, протекающего между одинаковыми электродами (пластинами металла) в условиях самопроизвольного процесса, т. е. без внешней поляризации [12–14].

Измерения проводили при помощи микропроцессорного универсального автоматического коррозиметра «Эксперт-004», обеспечивающего одновременное определение скоростей равномерной и питтинговой коррозии.

В работе использовали электрохимическую ячейку, состоящую из стеклянной основы, двух одинаковых пластин металла (электродов), двух уплотнительных прокладок из полимерного материала (пластизоль) и фиксирующего устройства. Основа изготовлена из термостойкого стекла и представляет собой открытый с двух сторон цилиндр с горловиной для заполнения. Фиксирующее устройство представляет собой две прямоугольные пластины из прозрачного пластика, соединённые двумя винтами. Электроды представляют собой пластины ЭЖК размером 60×120 мм; масса оловянного покрытия на поверхности, контактирующей со средой, составляет 2,7–2,9 г/м^2, что соответствует I классу покрытия по ГОСТ 13345–85.

Испытания проводили в соответствии с методикой, разработанной во ВНИИТеК (ВНИИКОП) [15, 16]. Продолжительность одного испытания составила 160–168 ч; запись значений скоростей равномерной и питтинговой коррозии проводили в автоматическом режиме через каждые 4 ч.

По результатам измерений были построены графики, отражающие кинетику коррозионного процесса – изменение скоростей равномерной и питтинговой коррозии ЭЖК в течение испытания. Исходя из анализа графиков, были рассчитаны средние стационарные значения скоростей коррозии ЭЖК, характеризующие агрессивность коррозионных сред.

Среднее стационарное значение скорости равномерной коррозии $\overline{K}_{ст}$, мкм/год, рассчитывали по формуле

$$\overline{K}_{ст} = \frac{\sum_{i=1}^{n} K_i}{n},$$

где K_i – значение скорости равномерной коррозии, измеренное в стационарном режиме, мкм/год; n – количество измерений скорости равномерной коррозии в стационарном режиме.

Среднее стационарное значение скорости питтинговой коррозии $\overline{P}_{ст}$, мкм/год, рассчитывали по формуле

$$\overline{P}_{ст} = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_i}{n},$$

где P_i – значение скорости питтинговой коррозии, измеренное в стационарном режиме, мкм/год; n – количество измерений скорости питтинговой коррозии в стационарном режиме.

Среднее квадратическое отклонение результатов измерений S_K, мкм/год, стационарной скорости равномерной коррозии рассчитывали по формуле

$$S_K = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\bar{K}_{cm} - K_i\right)^2}{n-1}},$$

где $\bar{K}_{cm}$ – среднее стационарное значение скорости равномерной коррозии, мкм/год; K_i – значение скорости равномерной коррозии, измеренное в стационарном режиме, мкм/год; n – количество измерений скорости равномерной коррозии в стационарном режиме.

Среднее квадратическое отклонение результатов измерений S_P, мкм/год, стационарной скорости питтинговой коррозии рассчитывали по формуле

$$S_P = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\bar{P}_{cm} - P_i\right)^2}{n-1}},$$

где $\bar{P}_{cm}$ – среднее стационарное значение скорости питтинговой коррозии, мкм/год; P_i – значение скорости питтинговой коррозии, измеренное в стационарном режиме, мкм/год; n – количество измерений скорости питтинговой коррозии в стационарном режиме.

Для двухкомпонентных коррозионных сред рассчитывали аддитивное значение стационарной скорости равномерной коррозии K_a, мкм/год, по формуле

$$K_a = \frac{\omega_c \bar{K}_c + \omega_o \bar{K}_o}{\omega_c + \omega_o},$$

где $\bar{K}_c$ – среднее стационарное значение скорости равномерной коррозии для раствора лимонной кислоты, мкм/год; $\bar{K}_o$ – среднее стационарное значение скорости равномерной коррозии для раствора щавелевой кислоты, мкм/год; ω_c – массовая доля лимонной кислоты в растворе, %; ω_o – массовая доля щавелевой кислоты в растворе, %.

Аддитивное значение стационарной скорости питтинговой коррозии P_a, мкм/год, рассчитывали по формуле

$$P_a = \frac{\omega_c \bar{P}_c + \omega_o \bar{P}_o}{\omega_c + \omega_o},$$

где $\bar{P}_c$ – среднее стационарное значение скорости питтинговой коррозии для раствора лимонной кислоты, мкм/год; $\bar{P}_o$ – среднее стационарное значение скорости питтинговой коррозии для раствора щавелевой кислоты, мкм/год; ω_c – массовая доля лимонной кислоты в растворе, %; ω_o – массовая доля щавелевой кислоты в растворе, %.

Результаты и обсуждение

На рисунках 1 и 2 представлены графики, отражающие кинетику коррозионного процесса ЭЖК при взаимодействии с растворами щавелевой кислоты.

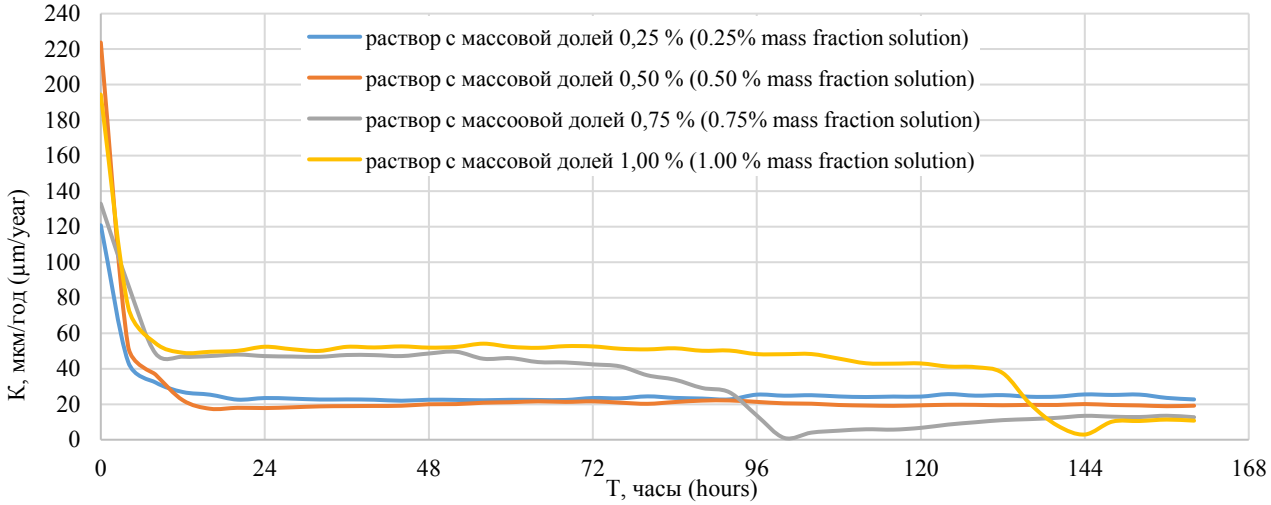


Рисунок 1. Кинетика скорости равномерной коррозии ЭЖК при взаимодействии с растворами щавелевой кислоты
Figure 1. The uniform corrosion rate kinetics of tinplate in the interaction with oxalic acid solutions

Как видно из рисунка 1, для растворов с массовой долей щавелевой кислоты 0,25 и 0,50% в начале испытания наблюдается максимальная скорость равномерной коррозии ЭЖК (120,77 и 223,70 мкм/год, соответственно), которая в течение 8–16 ч снижается до стационарного значения. Такой характер процесса объясняется накоплением на поверхности металла нерастворимых и труднорастворимых продуктов коррозии – преимущественно оксалатов олова [17]. Для растворов с массовой долей щавелевой кислоты 0,75 и 1,00% в начале испытания наблюдается максимальная скорость равномерной коррозии (132,95 и 194,42 мкм/год,

соответственно), которая в течение 8–12 ч снижается до 48–51 мкм/год. В течение последующих 48–72 ч скорость коррозии не изменяется, а затем в течение 8–12 ч наблюдается её снижение до минимального значения (1,04 мкм/год – для 0,75% раствора и 2,95 мкм/год – для 1,00% раствора). Затем в течение 4 ч происходит увеличение скорости коррозии и устанавливается стационарный режим. Такой характер процесса объясняется осаждением оксалатов в начальном периоде и последующим их частичным растворением вследствие образования комплексных ионов $[Fe(C_2O_4)_3]^{3-}$ и $[Sn(C_2O_4)_2]^{2-}$ [18, 19].

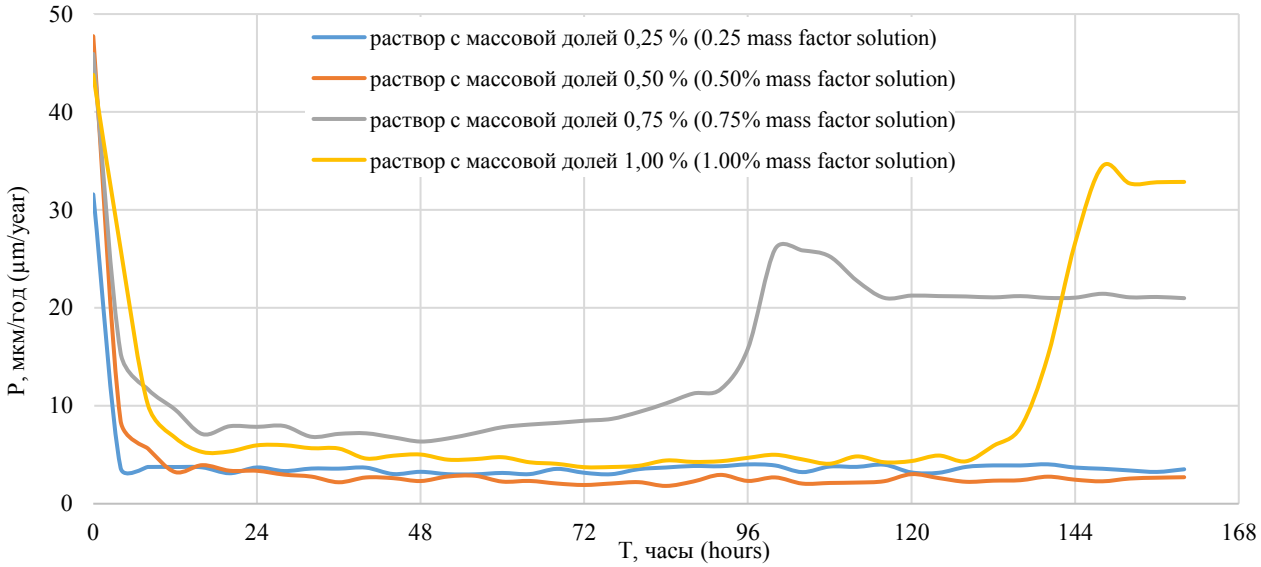


Рисунок 2. Кинетика скорости питтинговой коррозии ЭЖК при взаимодействии с растворами щавелевой кислоты
Figure 2. The pitting corrosion rate kinetics of tinplate in the interaction with oxalic acid solutions

Из рисунка 2 видно, что для растворов щавелевой кислоты с массовой долей 0,25 и 0,50% кинетика скорости питтинговой коррозии аналогична кинетике скорости равномерной коррозии: в начале испытания наблюдается максимальная скорость питтинговой коррозии (31,59 мкм/год – для 0,25% раствора и 47,74 мкм/год – для 0,50% раствора), которая в течение 4–12 ч снижается до стационарного значения. Для растворов с массовой долей 0,75 и 1,00% скорость питтинговой коррозии в начале испытания имеет максимальное значение (45,93 мкм/год – для 0,75% раствора и 43,79 мкм/год – для 1,00% раствора); в течение 16 ч скорость снижается до значения 5–7 мкм/год. В течение последующих 56–112 ч значение скорости питинговой коррозии практически не изменяется, а затем наблюдается её увеличение и установление стационарного режима.

Параметры процесса коррозии ЭЖК при взаимодействии с растворами щавелевой кислоты приведены в таблице 3.

Таблица 3.

Параметры процесса коррозии ЭЖК при взаимодействии с растворами щавелевой кислоты

Table 3.

Corrosion process parameters of tinplate in interaction with oxalic acid solutions

Массовая доля щавелевой кислоты, % Oxalic acid mass fraction, %	Параметры процесса коррозии | Corrosion process parameters			
	равномерной | uniform		питтинговой | pitting	
	$\bar{K}_{ст} \pm S_K$, мкм/год (μm/year)	n	$\bar{P}_{ст} \pm S_P$, мкм/год | μm/year	n
0,25	23,83 ± 1,24	38	3,53 ± 0,32	40
0,50	19,87 ± 1,17	37	2,54 ± 0,45	38
0,75	12,56 ± 0,86	8	21,26 ± 0,47	13
1,00	10,71 ± 0,49	4	32,80 ± 0,08	4

Из данных таблицы 3 видно, что для растворов с массовой долей щавелевой кислоты 0,25 и 0,50% стационарные значения скоростей равномерной коррозии в 7,0 – 7,5 раз больше стационарных значений скоростей питтинга, т. е. процесс характеризуется как равномерная коррозия.

Для растворов с массовой долей щавелевой кислоты 0,75 и 1,00% в начальном периоде испытания скорость равномерной коррозии в 7–10 раз больше скорости питтинга, т. е. процесс характеризуется как равномерная коррозия (рисунки 1 и 2) После установления стационарного режима скорость питтинговой коррозии

в 1,5–3 раза превышает скорость равномерной коррозии, т. е. процесс характеризуется как равномерная коррозия с частичным питтингом.

Исходя из средних стационарных значений скорости равномерной коррозии, наибольшей агрессивностью по отношению к ЭЖК обладает раствор щавелевой кислоты с массовой долей 0,25%, а наименьшей – 1,00%-ный раствор (таблица 3). Это объясняется уменьшением степени диссоциации молекул при увеличении концентрации кислоты в растворе, что следует из закона разбавления Оствальда [20].

На рисунках 3 и 4 представлены графики, отражающие кинетику коррозионного процесса ЭЖК при взаимодействии с растворами лимонной кислоты.

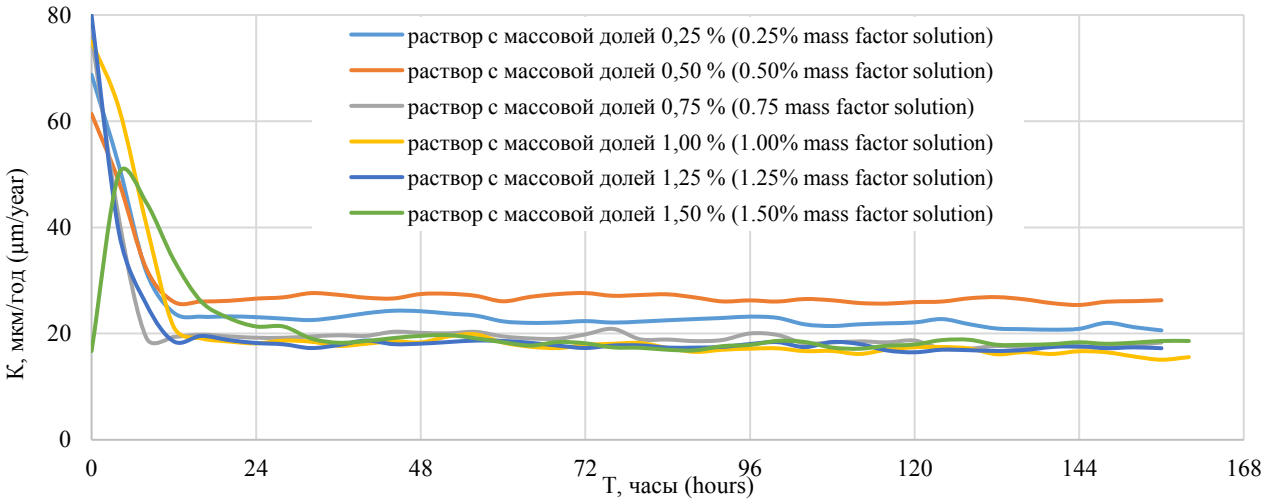


Рисунок 3. Кинетика скорости равномерной коррозии ЭЖК при взаимодействии с растворами лимонной кислоты
Figure 3. The uniform corrosion rate kinetics of tinplate in the interaction with citric acid solutions

Как видно из рисунка 3, для растворов лимонной кислоты с массовой долей 0,25–1,25% в начале испытания наблюдается максимальная скорость равномерной коррозии (61,38–79,96 мкм/год), которая в течение 8–12 ч снижается до стационарного значения, что связано с осаждением на поверхность металла нерастворимых гидроксидов олова и железа, образующихся вследствие гидролиза цитратов. Для раствора с массовой долей 1,50% в течение 4 ч от начала испытания скорость равномерной коррозии увеличивается с 16,71 до 50,10 мкм/год, затем в течение 32 ч снижается до стационарного значения. Такая кинетика процесса объясняется растворением пассивационной плёнки (соединений хрома) и последующим заполнением поверхности жести нерастворимыми продуктами коррозии.

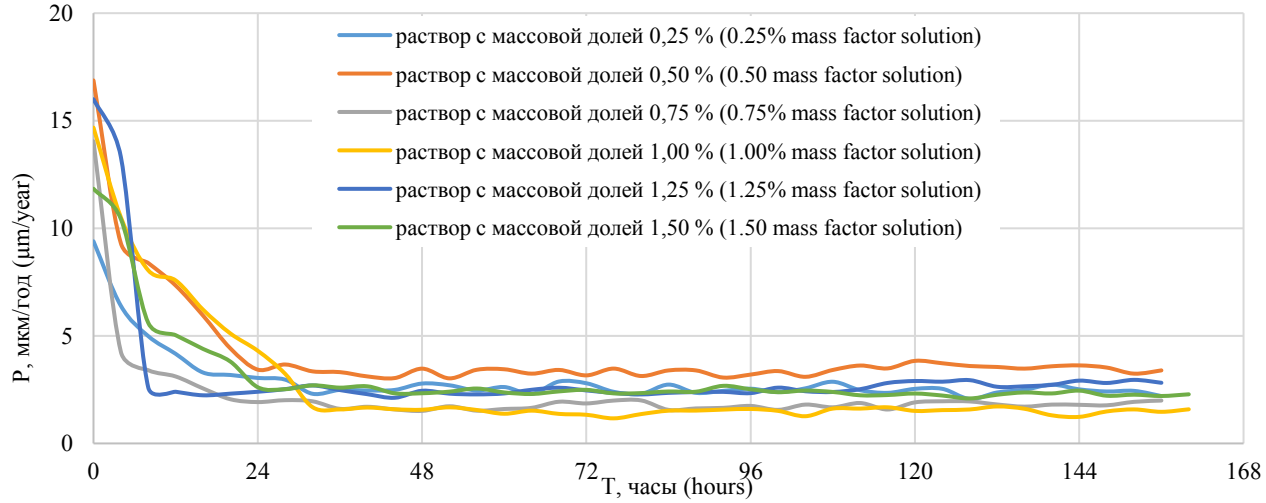


Рисунок 4. Кинетика скорости питтинговой коррозии ЭЖК при взаимодействии с растворами лимонной кислоты
Figure 4. The pitting corrosion rate kinetics of tinplate in the interaction with citric acid solutions

Из рисунка 4 видно, что для всех растворов лимонной кислоты в начале испытания наблюдаются максимальные значения скорости питтинговой коррозии (9,40–16,89 мкм/год), которые в течение 8–32 ч снижаются до стационарных значений (таблица 4).

Таблица 4.

Параметры процесса коррозии ЭЖК при взаимодействии с растворами лимонной кислоты

Table 4.

Corrosion process parameters of tinplate in the interaction with citric acid solutions

Массовая доля лимонной кислоты, % Citric acid mass fraction, %	Параметры процесса коррозии | Corrosion process parameters			
	равномерной | uniform		питтинговой | pitting	
	$\overline{K}_{ст} \pm S_K$, мкм/год | μm/year	n	$\overline{P}_{ст} \pm S_P$, мкм/год | μm/year	n
0,25	22,42 ± 0,99	37	2,57 ± 0,27	36
0,50	26,56 ± 0,62	37	3,93 ± 0,21	34
0,75	18,94 ± 0,97	38	1,78 ± 0,17	35
1,00	17,42 ± 1,10	37	1,52 ± 0,14	33
1,25	17,78 ± 0,68	37	2,53 ± 0,23	38
1,50	18,21 ± 0,71	33	2,39 ± 0,15	35

Из данных таблицы 4 видно, что для растворов лимонной кислоты стационарные значения скоростей равномерной коррозии в 7–11 раз больше стационарных значений скоростей питтинговой коррозии, т. е. процесс характеризуется как равномерная коррозия.

Исходя из средних стационарных значений скорости равномерной коррозии, наибольшей агрессивностью по отношению к ЭЖК обладает раствор лимонной кислоты с массовой долей 0,50%. Для растворов с массовой долей 0,75–1,50% стационарное значение скорости равномерной коррозии практически не изменяется при увеличении концентрации, что связано с уменьшением степени диссоциации кислоты в растворе [21].

С учётом результатов, полученных для однокомпонентных растворов, были выбраны двухкомпонентные коррозионные среды следующего состава:

- 0,25% лимонной кислоты + 0,25% щавелевой кислоты;
- 0,25% лимонной кислоты + 0,50% щавелевой кислоты;
- 0,50% лимонной кислоты + 0,25% щавелевой кислоты;
- 0,50% лимонной кислоты + 0,50% щавелевой кислоты.

На рисунках 5 и 6 представлены графики, отражающие кинетику коррозионного процесса при взаимодействии ЭЖК с двухкомпонентными коррозионными средами.

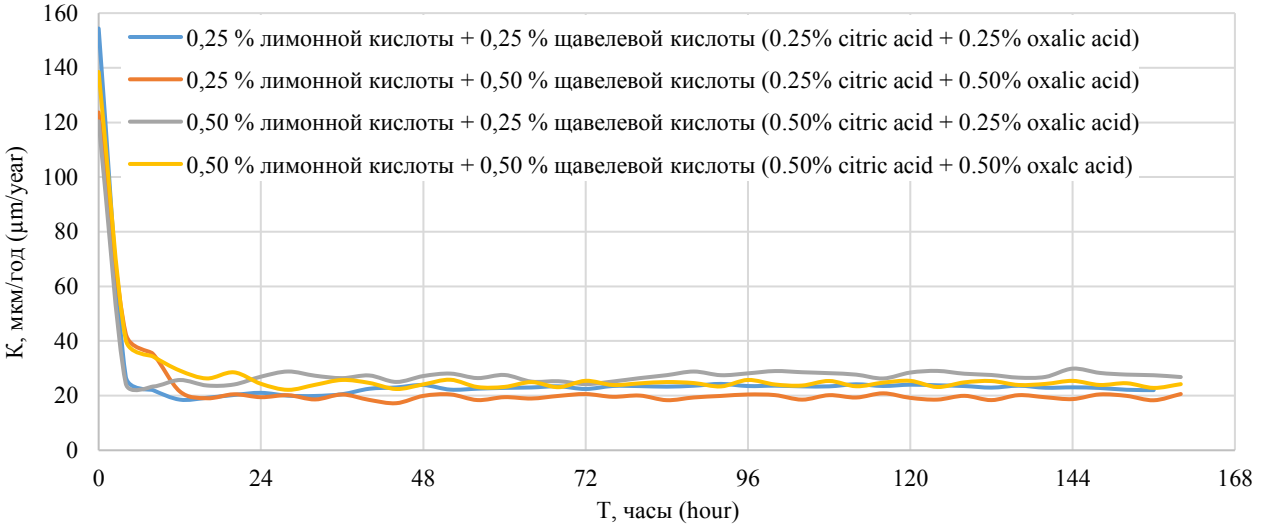


Рисунок 5. Кинетика скорости равномерной коррозии ЭЖК при взаимодействии с двухкомпонентными средами

Figure 5. The uniform corrosion rate kinetics of tinplate in the interaction with two-component media

Как видно из рисунка 5, в начале испытания скорость равномерной коррозии имеет максимальное значение (120,40–154,38 мкм/год), стационарный режим устанавливается в течение 4–16 ч, т. е. кинетика скорости равномерной коррозии аналогична кинетике процесса при взаимодействии с однокомпонентными растворами.

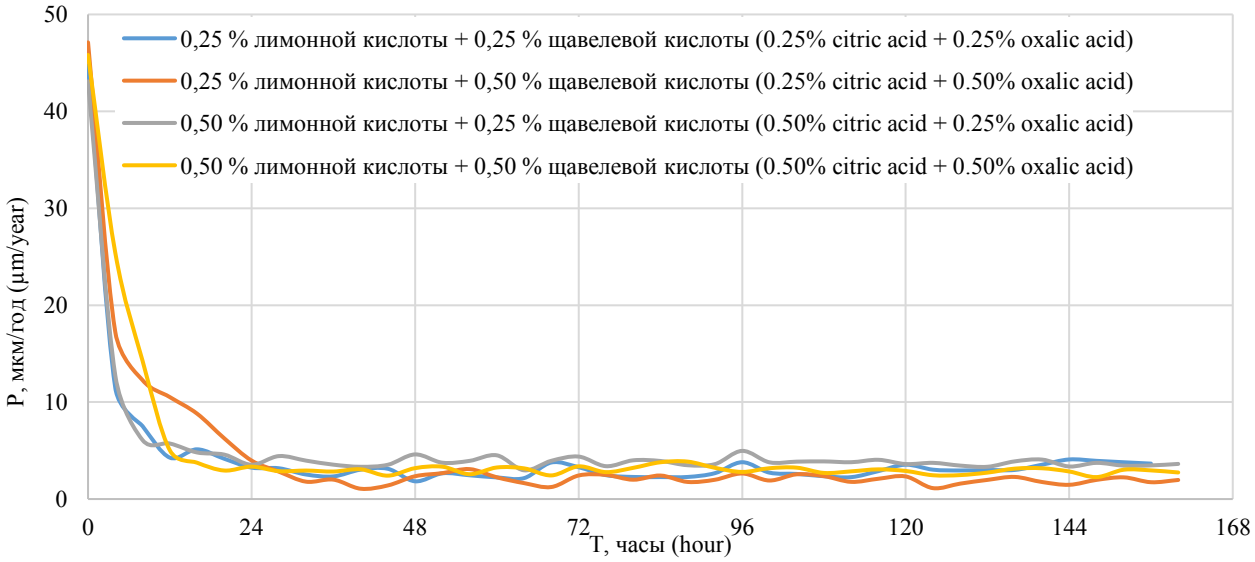


Рисунок 6. Кинетика скорости питтинговой коррозии ЭЖК при взаимодействии с двухкомпонентными средами
Figure 6. The pitting corrosion rate kinetics of tinplate in the interaction with two-component media

Скорость питтинговой коррозии (рисунок 6) в начале испытания имеет максимальное значение (43,10–47,12 мкм/год), стационарный режим устанавливается в течение 12–28 ч – кинетика процесса аналогична кинетике при взаимодействии с однокомпонентными растворами (таблица 5).

Таблица 5.

Параметры процесса коррозии ЭЖК при взаимодействии с двухкомпонентными коррозионными средами

Table 5.

Corrosion process parameters of tinplate in the interaction with two-component media

Состав коррозионной среды The corrosive medium composition	Параметры процесса коррозии | Corrosion process parameters					
	равномерной | uniform			питтинговой | pitting		
	K_a, мкм/год (μm/year)	$\overline{K}_{ст} \pm S_K$, мкм/год (μm/year)	n	P_a, мкм/год (μm/year)	$\overline{P}_{ст} \pm S_P$, мкм/год (μm/year)	n
0,25% л. к.[1] + 0,25% щ. к.[2] 0.25% c. a.[1] + 0.25% o.a.[2]	23,13	22,58 ± 1,44	38	3,05	2,91 ± 0,61	34
0,25% л. к.[1] + 0,50% щ. к.[2] 0.25% c. a.[1] + 0.50% o.a.[2]	20,72	19,56 ± 0,92	38	2,55	2,04 ± 0,48	34
0,50% л. к.[1] + 0,25% щ. к.[2] 0.50% c. a.[1] + 0.25% o.a.[2]	25,65	26,93 ± 1,61	40	3,80	3,85 ± 0,45	37
0,50% л. к.[1] + 0,50% щ. к.[2] 0.50% c. a.[1] + 0.50% o.a.[2]	23,22	24,43 ± 1,22	37	3,24	3,00 ± 0,38	37
Сокращения: 1 – лимонная кислота; 2 – щавелевая кислота | Abbreviations: 1 – citric acid; 2 – oxalic acid						

Из таблицы 5 видно, что для двухкомпонентных растворов средние стационарные значения скорости равномерной коррозии в 7–10 раз больше средних стационарных значений скорости питтинговой коррозии, т. е. процесс характеризуется как равномерная коррозия. Средние экспериментальные значения стационарных скоростей равномерной и питтинговой коррозии соответствуют рассчитанным аддитивным значениям. При этом начальные скорости равномерной и питтинговой коррозии близки к соответствующим значениям для соответствующих растворов щавелевой кислоты. Таким образом, в начале испытания кинетика процесса формируется за счёт действия щавелевой кислоты, а в стационарном режиме – за счёт аддитивного эффекта.

На основании экспериментальных данных для растворов лимонной и щавелевой кислот были рассчитаны аддитивные значения стационарных скоростей равномерной коррозии для двухкомпонентных сред. Посредством программы Table Curve 3D построена поверхность (рисунок 7).

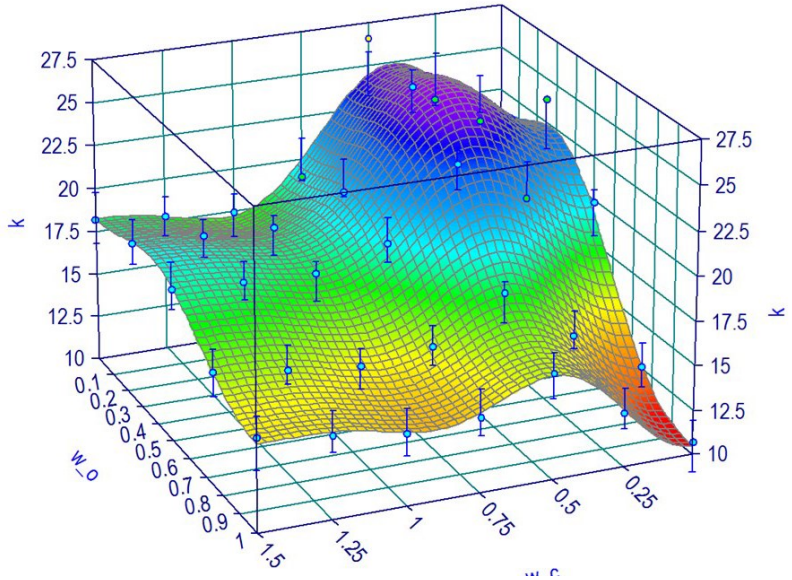


Рисунок 7. Аддитивные значения стационарной скорости равномерной коррозии: w_c – массовая доля лимонной кислоты в растворе (%); w_o – массовая доля щавелевой кислоты в растворе (%); k – скорость равномерной коррозии (мкм/год)

Figure 7. Uniform corrosion rate additive values: w_c – citric acid mass factor (%); w_o – oxalic acid mass factor (%); k – uniform corrosion rate (μm/year)

Путём математической обработки было установлено, что максимальное значение стационарной скорости равномерной коррозии соответствует двухкомпонентной среде, содержащей 0,40% лимонной и 0,30% – щавелевой кислоты, т. е. такая среда является наиболее агрессивной по отношению к ЭЖК. Это подтверждается экспериментальными данными – среднее стационарное значение скорости равномерной коррозии для данной среды составляет 28,18 ± 1,91 мкм/год.

Заключение

1. В ходе исследования была изучена кинетика процесса коррозии белой консервной жести электролитического лужения при взаимодействии с модельными средами – растворами щавелевой и лимонной кислот, а также их смесями. Было установлено, что при взаимодействии с модельными средами процесс имеет равномерный характер – скорость равномерной коррозии в 7 – 11 раз больше скорости питтинга.

2. Было установлено, что наиболее агрессивными по отношению к белой консервной жести электролитического лужения являются растворы щавелевой кислоты с массовой долей 0,25 и 0,50% и растворы лимонной кислоты с массовой долей 0,25 и 0,50%. На основании этих данных был выбран состав двухкомпонентных коррозионных сред.

3. Для модельных сред, содержащих смесь лимонной и щавелевой кислот, кинетика коррозионного процесса формируется за счёт действия двух компонентов: в начале процесса – за счёт действия щавелевой кислоты, в стационарном режиме – за счёт аддитивного эффекта. На основании экспериментальных данных и путём математической обработки было установлено, что наиболее агрессивной является двухкомпонентная среда, содержащая 0,40% лимонной и 0,30% щавелевой кислоты.

4. Поскольку упаковка, изготовленная из ЭЖК, предназначена для длительного хранения продукции, в качестве модельной коррозионной среды, имитирующей овощные консервы, целесообразно использовать раствор, содержащий 0,40% лимонной и 0,30% щавелевой кислоты, т. к. он является наиболее агрессивным.

ЛИТЕРАТУРА

1 Семёнова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии. М.: Физматлит, 2010. 416 с.

2 Abdel-Rahman N.A.-G. Tin-plate Corrosion in Canned Foods // Journal of Global Biosciences. 2015. V. 4. № 7. P. 2966–2971.

3 Андрющенко Е.А., Товстокора Н.С. Классификация фруктовых соков и компотов по степени их коррозионной агрессивности // Пищевая промышленность. 1986. № 11. С. 48–49.

4 Шавырин В.А., Товстокора Н.С., Чавчанидзе А.Ш., Тимофеева Н.Ю. и др. Соответствие между десятибалльной шкалой коррозионной стойкости металлических тарных материалов и классификацией консервов по степени коррозионной агрессивности. // Практика противокоррозионной защиты. 2011. № 1. С. 56–60.

5 Salt F.W., Thomas J.G.N. The anaerobic corrosion of tin in anthocyanin solutions and fruit syrups // Journal of Applied Chemistry. 1957. V. 7. № 5. P. 231–238. doi: 10.1002/jctb.5010070504

6 Платонова Т.Ф., Бессараб О.В. Исследование коррозийного взаимодействия ЭЖК с водными растворами органических кислот, содержащих антоциановые пигменты // Пищевая промышленность. 2018. № 12. С. 77–79

7 Haruna K., Obot I.B., Ankah N.K., Sorour A.A. et al. Gelatin: A green corrosion inhibitor for carbon steel in oil well acidizing environment // Journal of Molecular Liquids. 2018. V. 264. P. 515–525. doi: 10.1016/ j.molliq.2018.05.058

8 Бессараб О.В., Платонова Т.Ф. Использование пищевых добавок для повышения качества и безопасности фруктовых консервов в металлической упаковке // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3 (77). С. 170–175. doi: 10.20914/2310–1202–2018–3–170–175

9 Che Y., Han Z., Luo B., Xia D. et al. Corrosion Mechanism Differences of Tinplate in Aerated and Deaerated Citric Acid Solution // International Journal Of Electrochemical Science. 2012. V. 7. P. 9997–10007.

10 Abdel-Moemin A.R. Oxalate Content of Egyptian Grown Fruits and Vegetables and Daily Common Herbs // Journal of Food Research. 2014. V. 3. № 3. P. 66–77. doi:10.5539/jfr.v3n3p66

11 Нечаев А.П., Траубенберг С.Е, Кочеткова А.А., Колпакова В.В. и др. Пищевая химия. Спб: ГИОРД, 2015. 672 с.

12 Ануфриев Н.Г. Применение методов поляризационного сопротивления и амперометрии нулевого сопротивления для изучения коррозионного поведения металлов в водных средах // Практика противокоррозионной защиты. 2003. № 4. С. 10–13.

13 Чавчанидзе А.Ш., Ракоч А.Г., Тимофеева Н.Ю., Базаркин А.Ю. Электрохимические исследования коррозионной стойкости металлических материалов в пищевых средах // Коррозия: материалы и защита. 2008. № 12. С. 10–16.

14 Ануфриев Н.Г. Новые возможности применения метода линейного поляризационного сопротивления в коррозионных исследованиях и на практике. // Коррозия: материалы, защита. 2012. № 1. С. 36–43.

15 Андрющенко Е.А. и др. Оценка коррозионной агрессивности консервных сред методом поляризационного сопротивления // Защита металлов. 1987. Т. 23. № 5. С. 862–865.

16 Шавырин В.А., Базаркин А.Ю., Чавчанидзе А.Ш., Тимофеева Н.Ю. Экспресс-метод коррозионных испытаний консервных банок // Продукты длительного хранения. 2009. № 3. С. 12–14.

17 Шейхет Ф.И. Материаловедение химикатов, красителей и моющих средств. М.: Легкая индустрия, 1969. 324 с.

18 Семёнова М.Г., Корнев В.И. Комплексонаты кобальта (II) и никеля(II) в водных растворах щавелевой кислоты // Химическая физика и мезоскопия. 2010. Т. 12. № 1. С. 131–138.

19 Характерные и специфические реакции катионов олова. Портал медицинских лекций. URL: https://medlec.org/lek2–50007.html

20 Селезнев К.А. Аналитическая химия. Качественный полумикроанализ и количественный анализ: изд. 3-е, испр. М: Высшая школа, 1973. 246 с.

21 Кварацхелия Р.К., Кварацхелия Е.Р. О диссоциации слабых двух- и трехосновных органических кислот, участвующих в цикле Кребса // Электрохимия. 2009. Т. 45. № 2. С. 235–238.

REFERENCES

1 Semyonova I.V., Florianovich G.M., Horoshilov A.V. Korroziya i zashhita ot korrozii [Corrosion and corrosion protection]. Moscow, Fizmatlit, 2010. 416 p. (in Russian).

2 Abdel-Rahman N.A.-G. Tin-plate Corrosion in Canned Foods. Journal of Global Biosciences. 2015. vol. 4. no. 7. pp. 2966–2971.

3 Andryushhenko E.A., Tovstokora N.S. Classification of fruit juices and compotes by the degree of their corrosivity. *Pishhevaya promyshlennost'* [Food industry]. 1986. no. 11. pp. 48–49. (in Russian).

4 Shavyrin V.A., Tovstokora N.S., Chavchanidze A.Sh., Timofeeva N.Yu. et al. Correlation between a scale of one to ten for corrosion resistance metallic packing materials and classification of canned food ranking in terms of its corrosion activity. *Praktika protivokorrozionnoj zashhity* [Practice anti-corrosion protection]. 2011. no. 1. pp. 56–60. (in Russian).

5 Salt F.W., Thomas J.G.N. The anaerobic corrosion of tin in anthocyanin solutions and fruit syrups. Journal of Applied Chemistry. 1957. vol. 7. no. 5. pp. 231–238. doi: 10.1002/jctb.5010070504

6 Platonova T.F., Bessarab O.V. Investigation of corrosion interaction of electrolytic tinplate with water solutions of organic acids containing anthoician pigments. *Pishhevaya promyshlennost'* [Food Industry]. 2018. no. 12. pp. 77–79. (in Russian).

7 Haruna K., Obot I.B., Ankah N.K., Sorour A.A. et al. Gelatin: A green corrosion inhibitor for carbon steel in oil well acidizing environment. Journal of Molecular Liquids. 2018. vol. 264. pp. 515–525. doi: 10.1016/j.molliq.2018.05.058

8 Bessarab O.V., Platonova T.F. Usage of food additives for improvement the quality and safety of fruit canned food in metallic packaging. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3 (77). pp. 170–175. doi: 10.20914/2310–1202–2018–3–170–175 (in Russian).

9 Che Y., Han Z., Luo B., Xia D. et al. Corrosion Mechanism Differences of Tinplate in Aerated and Deaerated Citric Acid Solution. International Journal Of Electrochemical Science. 2012. vol. 7. pp. 9997–10007.

10 Abdel-Moemin A.R. Oxalate Content of Egyptian Grown Fruits and Vegetables and Daily Common Herbs. Journal of Food Research. 2014. vol. 3. no. 3. pp. 66–77. doi:10.5539/jfr.v3n3p66

11 Nechaev A.P., Traubenberg S.E., Kochetkova A.A., Kolpakova V.V. et al. Pishhevaya khimiya [Food Chemistry]. St. Petersburg, GIORD, 2015. 672 p. (in Russian).

12 Anufriev N.G. Application of polarization resistance and zero-resistance amperometria methods for investigation of corrosion metal conduct in water media. *Praktika protivokorrozionnoj zashhity* [Practice anti-corrosion protection]. 2003. no. 4. pp. 10–13. (in Russian).

13 Chavchanidze A.Sh., Rakoch A.G., Timofeeva N.Yu., Bazarkin A.Yu. Electrochemical studies of the corrosion resistance of metallic materials in food environments. *Korroziya: materialy i zashhita* [Corrosion: materials and protection]. 2008. no. 12. pp. 10–16. (in Russian).

14 Anufriev N.G. New possibilities of applying the method of linear polarization resistance in corrosion studies and in practice. *Korroziya: materialy i zashhita* [Corrosion: materials, protection]. 2012. no. 1. pp. 36–43. (in Russian).

15 Andryushhenko E.A. et al. Evaluation of corrosiveness of canning media by the method of polarization resistance. *Zashhita metallov* [Protection of metals]. 1987. vol. 23. no. 5. pp. 862–865. (in Russian).

16 Shavyrin V.A., Bazarkin A.Yu., Chavchanidze A.Sh., Timofeeva N.Yu. Express method of corrosion testing of cans. *Produkty dlitel'nogo khraneniya* [Durable storage products]. 2009. no. 3. pp. 12–14. (in Russian).

17 Shejxet F.I. Materialovedenie khimikatov, krasitelej i moyushhikh sredstv [Materials science of chemicals, dyes and detergents]. Moscow, Legkaya industriya, 1969. 324 p. (in Russian).

18 Semyonova M.G., Kornev V.I. Complex compounds of cobalt(II) and nickel(II) in aqueous oxalic acid solutions. *Khimicheskaya fizika i mezoskopiya* [Chemical Physics and Mesoscopy]. 2010. vol. 12. no. 1. pp. 131–138. (in Russian).

19 Kharakternye i spetsificheskie reaktsii kationov olova. Portal meditsinskikh lektsij [Characteristic and specific reactions of tin cations. Medical Lectures Portal]. Available at: https://medlec.org/lek2–50007.html (in Russian).

20 Seleznev K.A. Analiticheskaya khimiya. Kachestvennyj polumikroanaliz i kolichestvennyj analiz [Analytical chemistry. Qualitative semi-microanalysis and quantitative analysis]. Moscow, Vysshaya shkola, 1973. 246 p. (in Russian).

21 Kvaraczxeliya R.K., Kvaraczxeliya E.R. About the dissociation of weak two-and tribasic organic acids involved in the Krebs cycle. *Ehlektrokhimiya* [Electrochemistry]. 2009. vol. 45. no. 2. pp. 235–238. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ольга В. Бессараб зав. отделом, отдел тары и упаковки, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования, Школьная ул., 19, г. Видное, Ленинский район, Московская область, 142703 Россия, upakovka@vniitek.ru

Татьяна Ф. Платонова к.т.н., ведущий научный сотрудник, отдел тары и упаковки, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования, Школьная ул., 19, г. Видное, Ленинский район, Московская область, 142703 Россия, platokora@yandex.ru

Ирина В. Протункевич инженер-исследователь, отдел тары и упаковки, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования, Школьная ул., 19, г. Видное, Ленинский район, Московская область, 142703 Россия, irina.protunkevitch@yandex.ru

Андрей Н. Петров д.т.н., директор, ВНИИТеК - филиал ФГБНУ "ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова" РАН, Школьная ул., 19, г. Видное, Ленинский район, Московская область, 142703 Россия, vniitekpetrov@vniitek.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Ольга В. Бессараб обзор литературных источников по исследуемой проблеме, написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Татьяна Ф. Платонова консультирование в ходе исследования, провела эксперимент, выполнила расчёты

Ирина В. Протункевич провела эксперимент, выполнила расчёты

Андрей Н. Петров общее руководство

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 10.01.2019
ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Olga V. Bessarab head of laboratory, tare and packaging laboratory, Russian Research Institute of Canning Technology, Shkolnaya st., 78, Vidnoe place, Leninskiy district, Moscow region, 142703, Russia, upakovka@vniitek.ru

Tatyana F. Platonova Cand. Sci. (Engin.), leading researcher, tare and packaging laboratory, Russian Research Institute of Canning Technology, Shkolnaya st., 78, Vidnoe place, Leninskiy district, Moscow region, 142703, Russia, platokora@yandex.ru

Irina V. Protunkevitch engineer-researcher, tare and packaging laboratory, Russian Research Institute of Canning Technology, Shkolnaya st., 78, Vidnoe place, Leninskiy district, Moscow region, 142703, Russia, irina.protunkevitch@yandex.ru

Andrej N. Petrov Doct. Sci. (Engin.), Director, VNIITEK - a branch of the FSBI "FBC Food Systems named after VM Gorbatov" RAS, Shkolnaya st., 78, Vidnoe place, Leninskiy district, Moscow region, 142703, Russia, vniitekpetrov@vniitek.ru

CONTRIBUTION

Olga V. Bessarab review of the literature on an investigated problem, wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Tatyana F. Platonova consultation during the study, conducted an experiment, performed computations

Irina V. Protunkevitch conducted an experiment, performed computations

Andrej N. Petrov general leadership

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.10.2019
ACCEPTED 2.18.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 664.001.8:613.2:796

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-160-167

Особенности режима питания спортсменов игровых видов спорта

Владимир Г. Лобанов [1] lobanov@kubstu.ru
Геннадий И. Касьянов [1] g_kasjanov@mail.ru
Евгений А. Мазуренко [1] mazurenko-evgene@ya.ru

[1] Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Россия

Аннотация. Статья посвящена особенностям формирования гигиенических подходов к питанию студентов, занимающихся игровыми видами спорта. В статье проанализированы практические навыки и методики организации культуры питания спортсменов высокоинтенсивных видов спорта. Определены некоторые подходы к рациональности режима питания, учитывающие современные научные тенденции биохимического состояния организма. Особенности рациона питания участников игровых видов спорта связываются с определением потребности организма спортсменов в энергии, пищевых и биологически активных компонентах. Рассмотрены вопросы использования пищевых добавок и специализированных пищевых ингредиентов в практике спортивного питания. Подготовлены рекомендации по разработке биохимической направленности режимов питания в зависимости от уровня энергетических затрат спортсменов, показателей основного обмена веществ и регулирования массы тела. Такие рекомендации будут полезны участникам командных видов спорта и всем, интересующимся особенностями совершенствования рационов питания спортсменов. Соблюдение специально разработанного режима питания для игроков игровых видов спорта, особенно важно в связи с исключительно высокой физической нагрузкой в период соревнований. В то же самое время, перед игрой нельзя полностью отказываться от привычного режима питания и резко изменять ассортимент потребляемых продуктов. Следует обратиться к доброкачественному и простому питанию, учитывающему вкусы каждого спортсмена, но с условием обогащения традиционных продуктов натуральными высококонцентрированными БАД. Особое внимание игроки командных видов спорта должны уделить адаптогенам, веществам не относящимися к допингу, но обладающие общетонизирующим действием на организм спортсмена.

Ключевые слова: особенности питания, игровые виды спорта, биохимия пищевых рационов, пищевые добавки

Features of the diet of athletes playing sports

Vladinir G. Lobanov [1] lobanov@kubstu.ru
Gennadiy I. Kasyanov [1] g_kasjanov@mail.ru
Evgeniy A. Mazurenko [1] mazurenko-evgene@ya.ru

[1] Kuban State Technological University, st. Moskovskaya, 2, Krasnodar, 350072, Russia

Abstract. The article is devoted to the peculiarities of the formation of hygienic approaches to nutrition of students involved in game sports. The article analyzes the practical skills and methods of organizing the culture of nutrition of athletes of high-intensity sports. Some approaches to the rationality of the diet, taking into account modern scientific trends in the biochemical state of the organism, have been determined. Features of the diet of participants of game sports are associated with the definition of the needs of the body of athletes in energy, food and biologically active components. The issues of the use of food additives and specialized food ingredients in the practice of sports nutrition are considered. Recommendations on the development of biochemical orientation of dietary regimes were prepared depending on the level of energy expenditure of athletes, indicators of basic metabolism and body weight regulation. Such recommendations will be useful to participants of team sports and to all who are interested in the peculiarities of improving the diets of athletes. Compliance with a specially designed diet for players of game sports is especially important due to the extremely high physical activity during the competition. At the same time, before the game you can not completely abandon the usual diet and dramatically change the range of consumed foods. It is necessary to turn to a benign and simple diet that takes into account the tastes of each athlete, but with the condition that traditional products will be enriched with natural highly concentrated dietary supplements. Team sports players should pay particular attention to adaptogens, substances that are not doping-related, but have a general tonic effect on the athlete's body.

Keywords: введите здесь ключевые слова на английском языке

Введение

Специализированные продукты питания для спортсменов игровых видов спорта должны соответствовать их физиологическому состоянию, производиться с учётом антропометрических измерений и уровня двигательной активности.

Объем поступления индивидуальных пищевых веществ в организм спортсмена определяется с учётом потерь БАВ при технологической обработке пищевых продуктов. Энергетическую ценность рецептур продуктов определяли стандартным методом с учетом степени усвояемости основных пищевых веществ.

Уровень успехов в игровых видах спорта (баскетболе, волейболе, гандболе, регби и футболе) связан с большим напряжением физических и эмоциональных сил спортсменов и предполагает регулирование уровня биологического состояния организма спортсменов за счет сбалансированного адекватного питания.

Для цитирования
Лобанов В.Г., Касьянов Г.И., Мазуренко Е.А. Особенности режима питания спортсменов игровых видов спорта // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 160–167. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-160-167

For citation
Lobanov V.G., Kasyanov G.I., Mazurenko E.A. Features of the diet of athletes playing sports. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 160–167. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-160-167

Обеспечение организма спортсмена полноценными, сбалансированными по составу продуктами питания является гарантией достижения высоких показателей.

Наука о спортивном питании стремительно развивается и спортивная нутрициология серьезно относится к профилактике и пропаганде здорового образа жизни [1]. Оттого чем и как питается спортсмен зависит его физическая форма и способность к восстановлению сил. Изучению проблем пищевого поведения молодых спортсменов посвящен ряд исследований в стране и за рубежом [2, 5, 6, 12].

Установлено, что с помощью специально подобранной фитнес-диеты можно значительно повысить работоспособность спортсменов [3]. В России и за рубежом накоплен определенный опыт создания специализированных рационов питания для занимающихся различными видами спорта [4,8–10].

В КубГТУ активно развиваются игровые виды спорта: баскетбол, волейбол, гандбол, регби и футбол. Спортивная база университета считается одной из лучших в крае. В последние годы тренеры команд стали больше внимания уделять не только повышению спортивного мастерства, но и режиму питания спортсменов [5,6]. Выстраивается новая стратегия о роли спортивного питания в повышении эффективности и выносливости спортсменов [11–13]. Получена информация о краткосрочном повышении выносливости за счет потребления сложных углеводов [14]. Проанализирована позиция Академии питания и диетологии Канады и Американского колледжа спортивной медицины, по проблеме улучшения спортивных результатов атлетов за счет рациональной организации питания [15].

Авторы проанализировали разработанные в стране специальные рационы для спортсменов игровых видов спорта, исходя из их физиологических данных и интенсивности физической нагрузки. Исследования в области биохимии питания спортсменов позволили рекомендовать в состав еженедельного меню набор продуктов с учетом индивидуальных особенностей организма и уровня физических нагрузок. Главным фактором, определяющим результативность командных игр, является огромный запас углеводов, накапливаемых в организме спортсмена в виде гликогенов в печени и мышцах. Выполненный обзор научно-технической и спортивной литературы позволил составить соотношение углеводов, жиров и белков в различных диетах (рисунок 1).

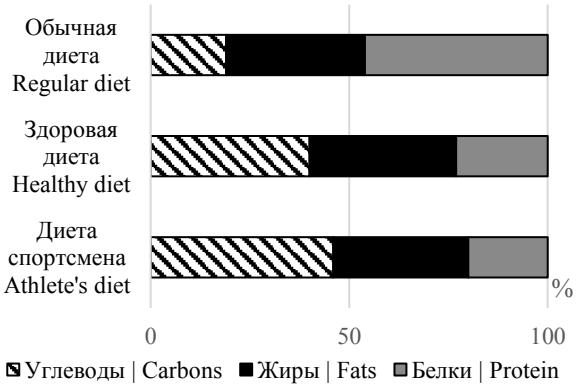


Рисунок 1. Соотношение углеводов, жиров и белков в различных диетах

Figure 1. Ratio of carbohydrates, fats and proteins in different diets

Перед тренировками спортсменам рекомендуется употреблять сложные углеводы, поскольку они медленно перевариваются, тем самым равномерно поставляя в организм необходимое количество энергии, а после занятий – простые углеводы, так как они быстрее усваиваются, восполняя утерянные запасы. Интенсивные многочасовые тренировки изнуряют организм, замедляя рост мышц, ухудшается восстановление организма. В повседневной студенческой жизни не всегда удается спланировать рекомендуемый прием питательных компонентов и их правильные пропорции. В таких случаях специалисты по разработке методик питания добавляют в рацион игроков высококонцентрированные овощные порошки и CO_2-шроты, обладающие высокой биологической ценностью. Они помогают восстанавливать утерянные запасы гликогена в период долгих физических нагрузок и способствуют снижению потерь ценных белков.

Теоретическое обоснование рациональной структуры питания спортсменов имеется в работах известных ученых – Н.К. Артемьевой, М.Н. Волгарева, Н.Д. Гольберг, А.П. Лаптева, В.Г Лифляндского, Г.А. Макаровой, З.Г. Орджоникидзе, С.А. Полиевского, А.А. Покровского, Н.А. Поляева, С.Л. Португалова, А.И. Пшендина, В.А. Рогозкина, И.А. Рогова, Р.Д. Сейфулла, В.М. Смульского, Р.С. Суздальского, Э.С. Токаева, В.А. Тутельяна и других. Однако до сегодняшнего дня остается ряд актуальных вопросов в области разработки рецептур продуктов для спортсменов, занимающихся интенсивными по нагрузке видами спорта.

Грамотно подобранный рацион питания является важнейшей частью подготовки спортсменов, и только те спортсмены, которые уделяют особое внимание своему питанию, способны повысить свои физические показатели без вреда для организма.

Цель работы – анализ особенностей режима питания спортсменов игровых видов спорта и разработка рекомендаций по оптимизации питания спортсменов.

Задачи исследования:

– выявить зависимость достижения определенных результатов от видов питания;

– разработать рекомендации по оптимизации рационов питания для спортсменов игровых видов спорта;

– сконструировать соотношения и сочетания пищевых веществ для спортсменов энергозатратных видов спорта.

Объкты и методы

Основным объектом исследований явились студенческие команды баскетболистов, волейболистов, регбистов и футболистов (команды по 15 чел. юношей в возрасте от 19 лет до 21 года), участвующие в соревнованиях различного уровня. При составлении рецептур сбалансированного по составу питания использовались животные (рыба, морепродукты, мясо, творог, сыр,) и растительные продукты (плоды, овощи, мука, CO_2-экстракты и CO_2-шроты из лекарственного растительного сырья). Инструментальные исследования выполнялись на кафедрах «Биоорганическая химия и техническая микробиология» и «Технология продуктов питания животного происхождения».

Работа выполнялась с использованием стандартных методик исследования сырья и готовой продукции: капиллярного электрофореза, структурометрических, фотометрических и масс-спектрометрических методов. Измерение физических показателей спортсменов (выносливость, взрывная сила, скорость, ловкость) проводилось по методике кафедры ФВиС КубГТУ (составитель Е.А. Мазуренко). Изучение повседневного рациона питания спортсменов проводилось методом экспресс-анкетирования.

Результаты и обсуждение

В работе приводятся результаты, демонстрирующие положительные изменения в организме игроков командных игр при соблюдении сбалансированного питания. Разработан оптимальный состав рационов питания, насыщенный всеми необходимыми для правильной работы организма спортсмена, занимающегося энергозатратными видами спорта, с заданным сочетанием заменимых и незаменимых питательных компонентов.

Установлено, что строгая диета без учета физиологических особенностей спортсмена ведет к потере не только жировой, но и мышечной массы, что не сопоставимо с активными физиологическими затратами спортсменов игровых видов спорта. Методом компьютерной обработки более 400 анкет определен средний уровень потребления белков, жиров и углеводов студентами энергозатратных видов спорта (таблица 1).

Таблица 1.

Уровень потребления пищевых веществ студентами энергозатратных видов спорта, на 1 кг массы тела спортсмена

Table 1.

The level of consumption of nutrients by students of energy-intensive sports, per 1 kg of body weight of the athlete

Виды спорта Sports	Белки, г Proteins, g	Жиры, г Fats, g	Углеводы, г Carbohydrates, g	Калорийность, ккал Calorie, kcal
Баскетбол | Basketball	1,6–2,1	1,6–2,1	1,6–2,1	70
Волейбол | Volleyball	1,8	2,0	2,0	68
Регби | Rugby	3,0	2,4	14,2	79
Футбол | Football	1,8–2,2	1,8–2,2	1,8–2,2	63–72

Из данных таблицы 1 видно, что потребность в энергии регбистов довольно высока и превышает уровень затрат баскетболистов, волейболистов и футболистов. Для улучшения физических показателей игровиков следует придерживаться такого баланса питания, %: содержание углеводов 59–64, жиров 19–24, белков 11–16 (таблица 2).

В день игры рекомендуется прием тушеного или отварного мяса птицы, куриного бульона, овощного гарнира, яиц, цельнозерновых продуктов и натурального йогурта или компота. После тренировки рекомендован прием отварной или запеченной рыбы, овощного салата, тушеных овощей и фруктов. Процентное соотношение ежедневного рациона потребляемых продуктов должно распределяться следующим образом: на завтрак приходится 20%, на обед – 40%, на полдник и ужин – по 20%.

Таблица 2.

Потребность спортсменов игровых видов спорта в витаминах в разные периоды спортивных занятий, мг/сут

Table 2.

The need for athletes of team sports in vitamins in different periods of sports, mg/day

Вид занятий Type of training	Спортсмены баскетболисты, волейболисты и футболисты Athletes basketball, volleyball and football players athletes						Спортсмены регбисты Rugby players					
	B_1	B_2	PP	E	C	A	B_1	B_2	PP	E	C	A
Реабилитация Rehabilitation	2,5	2	20	3	75	2	3	2	20	3	100	2
Тренировки Training	5	2,5	20	3	150	3	10	5	25	6	250	3
Соревнования Competitio	10	5	25	3	250		15	5	25	6	300	2

Разработана диета, основанная на преимущественном употреблении животной пищи, которая богата белком животного происхождения. Снабжение организма достаточным количеством животного белка является более качественным способом насыщения организма спортсменов-игровиков нежели растительным белком. Традиционную пищу рекомендуется обогащать натуральными пищевыми добавками в форме CO_2-экстрактов и CO_2-шрота из ароматических и лекарственных растений.

В белке должны находиться и незаменимые аминокислоты, а соотношение животных и растительных белков составлять 60:40 (таблица 3).

Таблица 3.

Сравнение свойств растительных и животных белков

Table 3.

Comparison of plant and animal protein properties

Продукты на основе животных белков Animal protein-based products	Количество незаменимых аминокислот (%) amount of essential amino acids (%)	Степень усвояемости белка (%) protein digestibility (%)	Продукты на основе растительных белков Plant protein products	Количество незаменимых аминокислот (%) amount of essential amino acids (%)	Степень усвояемости белка (%) protein digestibility (%)
Говядина | Beef	80	80	Бобы | Beans	42	47
Молоко | Milk	60	75	Горох | Peas	60	44
Рыба | Fish	75	83	Картофель | Potatoes	70	71
Свинина | Pork	80	84	Рис | Rice	75	57
Яйцо | Egg	100	100	Соевая мука | Soy flour	70	56

По данным таблицы 3 можно определить, что в белках животного происхождения содержится (в сравнении с растительными) значительно больше незаменимых аминокислот. Так как усвояемость животных белков намного выше, их содержание в рационе спортсменов более чем оправдано. Растительные белки к тому же хуже усваиваются и потребляют больше энергии при переваривании. Однако в период тренировок необходимо потреблять и растительную белковую пищу, содержащую кроме белков и углеводов клетчатку, липиды и микронутриенты.

Кроме углеводов и белков, организму спортсмена необходимо наличие жиров в организме. По мнению биохимиков, недостаток жиров в продуктах питания ведет к их экономии, приводя к падению скорости липогенеза. Вследствие этого спортсменам стоит контролировать содержание жиров в пище и не допускать их дефицита. Это приводит к правильному распределению БЖУ на 1 кг массы тела спортсмена с учетом физиологических особенностей. В период проведения соревнований требуется повышенный уровень жиров в организме в связи с усиленным обменом веществ.

Жиры – это макронутриенты, обеспечивающие полноценное питание регбистов и не снижающие их физические показатели. Обеспечение организма спортсмена насыщенными жирными кислотами возможно за счет продуктов животного происхождения – яиц, мяса, рыбы. Мононенасыщенные кислоты могут снижать уровень холестерина в крови, сохраняя спортсмену здоровыми сосуды и сердце, кроме того, эти кислоты способствуют восстановлению тканей после тренировок. На долю жиров в рационе игрока в регби должно приходиться до 30% калорийности, что не всегда удается из-за индивидуальных особенностей организма и вкусовых предпочтений спортсмена.

Заданное по норме количество липидов в рационе регбиста способствует улучшению работоспособности суставов, испытывающих высокие нагрузки в скоростно-силовых видах спорта. Недостаток данного вида нутриентов ведет к ухудшению не только в области здоровья спортсмена, но и сказывается на профессиональных результатах.

Следует отметить, что для достижения спортивных целей игрокам необходимо соблюдать пропорции нутриентов. Самое высокое содержание ингредиентов в рационе приходится на углеводы – 57%, затем идут жиры – 30% и минимальное количество нутриентов – белки – 13%. Углеводы восстанавливают энергию после больших физических нагрузок, белки являются регенерирующим фактором мышц и суставов, а часть продуктов расщепления жиров выходит с потом из организма.

Рацион питания спортсменов игровых видов спорта включает продукты, содержащие макро- и микроэлементы – фосфор (мясо, рыба), кальций (молоко, сыр, творог), железо (бобовые, мука, фрукты). Установлено, что железо из растительного сырья хуже усваивается организмом, чем из животных продуктов.

Научно доказано, что при составлении рационов питания спортсменов-игроков необходимо учитывать сочетание продуктов, дополняющих друг друга и обеспечивающих организм необходимыми материалами для поступления нужного количества энергии и строительных материалов. В недельное меню спортсмена должны обязательно входить молоко, мясо и рыба, обеспечивающие организм белком и жиром. В рецептуры продуктов должны входить как натуральные овощи и фрукты, так и криопорошки из них, которые легко усваиваются и содержат много углеводов, витаминов и пищевых волокон. Также следует насыщать организм продуктами, богатыми жирными кислотами, содержащимися в оливковом и подсолнечном маслах.

В ходе исследований был установлен тот факт, что соблюдение рекомендованного питьевого режима у спортсменов способствует правильному обмену веществ, поступлению в организм влаги и витаминов, которыми богата вода и напитки. Причем вода должна быть из проверенных питьевых источников и очищена от возможных примесей способом замораживания и фракционирования «легкой» воды. Вода входит в состав крови и лимфы, способствует растворению ценных компонентов в пище и регулирует перенос тепла в организме. В период интенсивных тренировок, сопровождающихся непрерывным выделением влаги из организма, может происходить обезвоживание. Известно, что половина всей влаги в организме находится в мышцах, которые задействованы в силовых видах спорта. При ферментативном расщеплении белка в организме необходимо увеличить объемы потребляемой воды для очищения от метаболитов. Спортсмену с высоким уровнем мышечной нагрузки, которым характеризуется игра в регби, необходимо выпивать большее количество воды, чем среднестатистическому человеку, поскольку во время соревнований происходит интенсивная потеря воды. Им следует выпивать до 3 л «легкой» воды в день (с пониженным содержанием дейтерия), но порциями по 200–300 мл. В тяжелой воде (или окиси дейтерия) $Д_2О$ находятся атомы дейтерия, имеющие протон и нейтрон. Тяжелая вода не поддерживает жизнь организмов, замерзает при 3,82 °С, обладает большей вязкостью и удельной массой по сравнению с легкой (протиевой) водой. Если в Мировом океане вода содержит дейтерия 0,15 мг/см^3, то удаление из питьевой воды даже части дейтерия придает ей иммунопротекторные свойства.

Необходимо учитывать, что избыток воды в организме приводит к проблемам с сердечно-сосудистой системой.

В ходе исследований было выявлено процентное содержание полезных веществ, входящих в состав воды, используемой в составе продуктов питания для регбистов. С учетом биохимической совместимости продуктов разработаны рецептуры мясорастительных паштетов (таблица 4). В условиях технологического стенда КубГТУ изготовлены мясо-растительные паштеты по требованиям ГОСТ Р 55334-2012 «Паштеты мясные и мясосодержащие».

Таблица 4.

Рецептуры мясорастительных паштетов

Table 4.

Recipe meat and cereal pates

Вид сырья | Raw material	Рецептура 1 | Recipe 1	Рецептура 2 | Recipe 2
1	**2**	**3**
Массовая доля компонентов в рецептуре паштетов, % | Mass fraction of components in the formulation of pates, %		
Говядина жилованная | Beef tendon removed	40	35
Жиросырье (шпик боковой) | Fat (side fat)	10	7
Печень бланшированная | Liver blanched	15	10
Молочная сыворотка | Milk whey	5	6

Продолжение табл. 4 | Continuation of table 4

1	2	3
Крахмал картофельный | Potato starch	3	3
Лук пассерованный на оливковом масле с ликопином | Onions sautéing in olive oil with lycopene	5	4
Гидратированный нутовый белок | Hydrated chickpea protein	6	8
Меланж | Melange	2	3
Криопорошок овощной | Cryopowder vegetable	1	1
Соль поваренная | Salt	1,6	1,8
CO_2-экстракт шиповника | CO_2-rosehip extract	0,03	-
CO_2-экстракт левзеи | CO_2-leuzea extract	0,01	0,01
CO_2-шрот боярышника | CO_2-hawthorn meal	4	5
CO_2-экстракт элеутерококка | CO_2-extract of Eleutherococcus	–	0,04
Протиевая вода | Protiva water to	До 100%	До 100%

Изготовленные образцы паштетов оценены дегустационной комиссией на уровне 4,5–4,7 баллов, по 5-балльной шкале.

На кафедре технологии продуктов питания животного происхождения КубГТУ дана оценка рационов питания спортсменов игровых видов спорта. Общее число спортсменов разделили на 4 группы вне зависимости от физических и физиологических показателей. Диетологи разработали 4 рациона питания: 1 – белковая пища; 2 – углеводная; 3 – пища, насыщенная жирами; 4 – сбалансированный рацион, включающий БЖУ в равных соотношениях. Срок, в течение которого проводился эксперимент, – 2 месяца. Исследование позволило выявить, что самым эффективным оказался сбалансированный рацион питания, который позволил увеличить физические показатели спортсменов (выносливость, взрывную силу, скорость, ловкость), оказал положительное влияние на биохимические показатели организма. Испытуемые оставшихся 3 групп заметно ухудшили свои результаты, так как организм нуждался одновременно во всех нутриентах, которых спортсмены не получали на протяжении 2 месяцев (таблица 5).

Таблица 5.

Влияние витаминов на биохимические показатели спортсменов

Table 5.

Effect of vitamins on biochemical parameters of athletes

Наименование витаминов The name of the vitamin	Физиологическая роль the Physiological role	Содержание витаминов в овощах (мг/ 100 г) of the vitamin Content in vegetables (mg / 100 g)	Функциональные системы организма Functional systems of the body	Суточная потребность, (мг) Daily requirement (mg)
β-Каротин β-Carotene	Антиксерофтальмическая и антиоксидантная anti-Serophthalmic and antioxidant	Морковь (12), тыква (8), перец сладкий (4,5), шпинат (5), салат (2), томат (2) carrot (12), pumpkin (8), sweet pepper (4.5), spinach (5), lettuce (2), tomato (2)	Нервная система Nervous system	25
Ликопин Lycopene	Антиоксидант Antioxidant	Томатная паста (5–150) Tomato paste (5-150)	Сердечно-сосудистая система Cardiovascular system	5
Метилметионин Mutilmedianin	Антиязвенная Artesina	Капуста белокочанная (18,5), свекла столовая (14,6), петрушка (6,1), капуста цветная (5) Cabbage (18,5), beet (14,6), parsley (6,1), cauliflower (5)	Дыхательная и пищеварительная системы Respiratory and digestive systems	1
Рибофлавин Riboflavin	Регуляция роста growth Regulation	Шампиньон (6,4), салат (0,3), шпинат (0,3), горох овощной (0,26) Champignon (6,4), lettuce (0,3), spinach (0,3), peas vegetable (0,26)	Иммунная система Immune system	2,5
Рутин Rutin	Гипотоническая Hypotonic	Горох овощной (3,2), редька (1,8), морковь (1), перец сладкий (1) peas vegetable (3,2), radish (1,8), carrot (1), sweet pepper (1)	Сердечно-сосудистая система Cardiovascular system	25

Как видно из данных таблицы 5, большинство продуктов, включаемых в состав рецептур для питания спортсменов игровых видов спорта, выполняют важную физиологическую роль и при умелом приготовлении способны защитить от стресса и повреждений важнейшие функциональные системы.

Заключение

Установлено, что высокие спортивные результаты у спортсменов игровых видов спорта сопровождаются большими физическими и стрессовыми нагрузками. Выполнены исследования по оценке сбалансированного потребления белково-углеводных компонентов питания спортсменами игровых видов спорта. Экспериментальные данные позволили выявить биологическую составляющую и содержание макронутриентов в разработанных видах пищи.

Рекомендованные спортсменам-игровикам диеты разработаны с учетом возрастных и физиологических характеристик. Выполненные авторами исследования подтвердили необходимость уделять больше внимания качеству белков, жиров и углеводов, а также стабилизации водного баланса в организме, необходимых при интенсивных, взрывных затратах энергии. Потребность спортсменов в белковых продуктах связана с необходимостью восстановления мышечных клеток в период реабилитации.

Показана роль натуральных продуктов, содержащих ценные макро- и микронутриенты, аминокислоты, витамины и минеральные вещества. Обоснован предпочтительный выбор спортсменами животных продуктов по сравнению с растительными, поскольку они более усвояемы и содержат большее количество легкоусвояемых ценных компонентов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Артемьева Н.К., Белина Н.Н., Лавриченко С.П. Общая нутрициология. Краснодар, 2015. 87 с.

2 Белина Н.Н., Артемьева Н.К., Лавриченко С.П., Абакумова М.В. Изучение пищевого поведения студентов спортивного вуза // Ресурсы конкурентоспособности спортсменов: теория и практика реализации. 2015. № 3. С. 24–27.

3 Борисевич Я.Н., Лавинский Х.Х. Гигиеническая оценка статуса питания спортсменов игровых видов спорта // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя медыцынскіх навук. 2014. № 2. С. 33–41.

4 Латков Н.Ю. Исследование влияния пищевого фактора на метаболические процессы организма спортсменов, испытывающих сверхвысокие нагрузки // Индустрия питания. 2018. Т. 3. № 1. С. 20–25.

5 Мазуренко Е.А. Биологически активные добавки в спортивном питании // Устойчивое развитие, экологически безопасные технологии и оборудование для переработки пищевого сельскохозяйственного сырья, импортзамещение: в сборнике материалов международной научно-практической конференции. Краснодар: КубГТУ, 2015. С. 161–165.

6 Мазуренко Е.А. Рацион питания спортсменов-регбистов // Достижения и проблемы современных тенденций переработки сельскохозяйственного сырья: технологии, оборудование, экономика: в сборнике материалов международной научно-практической конференции. Краснодар: КубГТУ, 2016. С. 132–134.

7 Макгрегор Р. Спортивное питание. Что есть до, во время и после тренировок: пер. с англ. М.: Альпина, 2016. 240 с.

8 Токаев Э.С., Мироедов Р.Ю., Некрасов Е.А., Хасанов А.А. Технология продуктов спортивного питания. М.: МГУПБ, 2010. 108 с.

9 Троегубова Н.А., Рылова Н.В., Самойлов А.С. Микронутриенты в питании спортсменов // Практическая медицина. 2014. № 1. С. 46–49.

10 Делавье Ф., Гундиль М. Пищевые добавки для занимающихся спортом: пер. с франц. Рипол Классик, 2009. 209 с.

11 Close G.L., Hamilton L., Philp A. et al. New strategies in sportnutrizion to increase performange // Free Radic Biol Med. 2016. V. 98. P. 144–158. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2016.01.016

12 Hawley J.A., Morton J.P. Ramping up the signal: promoting endurance training adaptation in skeletal muscle by nutritional manipulation // Clin Exp Pharmacol Physiol. 2014. V. 41. P. 608–613.

13 Impey S.G., Hammond K.M., Shepherd S.O. et al. Fuel for the work reguired: a practical approach to amalgamating train-low paradigms for endurance athlets // Physiol Rep. 2016. V. 4. № 10. P. e12803. doi: 10.14814/phy2.12803

14 Marquet L.-A., Hausswirth Ch., Molle O., Hawley J.A. et al. Periodization of Carbohydrate Intake: Short-Term Effect on Performance // Nutrients. 2016. V. 8. № 12. P. 755. doi:10.3390/nu8120755

15 Thomas D.T., Erdman K.A., Burke L.M. Position of the academy of nutrition and dietetics, dietitians of Canada, and the American college of sports medicine: Nutrition and athletic performance // J. Acad. Nutr. Diet. 2016. V. 116. P. 501–528.

REFERENCES

1 Artem'yeva N.K., Belina N.N., Lavrichenko S.P. Obshchaya nutritsiologiya [General Nutrition]. Krasnodar, 2015. 87 p. (in Russian).

2 Belina N.N., Artem'yeva N.K., Lavrichenko S.P., Abakumova M.V. The study of the eating behavior of students of a sports university. *Resursy konkurentosposobnosti sportsmenov: teoriya i praktika realizatsii* [Resource competitiveness of athletes: the theory and practice of implementation]. 2015. no. 3. pp. 24–27. (in Russian).

3 Borisevich Ya.N., Lavinsky Kh.Kh. Hygienic assessment of the nutritional status of athletes playing sports. *Viesci Nacyjanalnaj akademii navuk Bielarusi. Sieryja miedycynskich navuk* [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of Medical Sciences.]. 2014. no. 2. pp. 33–41. (in Russian).

4 Latkov N.Yu. Study of the influence of food factor on the metabolic processes of the body of athletes experiencing ultrahigh loads. *Industriya pitaniya* [Food Industry]. 2018. vol. 3. no. 1. pp. 20–25. (in Russian).

5 Mazurenko E.A. Biologically active additives in sports nutrition. Ustoychivoye razvitiye, ekologicheski bezopasnyye tekhnologii i oborudovaniye dlya pererabotki pishchevogo sel'skokhozyaystvennogo syr'ya, importzameshcheniye [Sustainable development, environmentally friendly technologies and equipment for the processing of food agricultural raw materials, import substitution: in the collection of materials of the international scientific-practical conference]. Krasnodar, KubSTU, 2015. pp. 161–165. (in Russian).

6 Mazurenko E.A. Diet of rugby athletes. *Dostizheniya i problemy sovremennykh tendentsiy pererabotki sel'skokhozyaystvennogo syr'ya: tekhnologii, oborudovaniye, ekonomika* [Achievements and problems of modern trends in the processing of agricultural raw materials: technologies, equipment, economics: in the collection of materials of the international scientific-practical conference]. Krasnodar, KubSTU, 2016. pp. 132–134. (in Russian).

7 McGregor R. Sportivnoye pitaniye. Chto yest' do, vo vremya i posle trenirovok [Sports nutrition. What to eat before, during and after workouts] Moscow, Alpina, 2016. 240 p. (in Russian).

8 Tokayev E.S., Miroyedov R.Yu., Nekrasov Ye.A., Khasanov A.A. Tekhnologiya produktov sportivnogo pitaniya [Technology sports nutrition products]. Moscow, MSUAB, 2010. 108 p. (in Russian).

9 Troyegubova N.A., Rylova N.V., Samoylov A.S. Micronutrients in the nutrition of athletes. *Prakticheskaya meditsina* [Practical medicine]. 2014. no. 1. pp. 46–49. (in Russian).

10 Delav'ye F., Gundil' M. Pishchevyye dobavki dlya zanimayushchikhsya sportom [Dietary supplements for sportsmen]. Ripol Klassik, 2009. 209 p. (in Russian).

11 Close G.L., Hamilton L., Philp A. et al. New strategies in sportnutrizion to increase performange. Free Radic Biol Med. 2016. vol. 98. pp. 144–158. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2016.01.016

12 Hawley J.A., Morton J.P. Ramping up the signal: promoting endurance training adaptation in skeletal muscle by nutritional manipulation. Clin Exp Pharmacol Physiol. 2014. vol. 41. pp. 608–613.

13 Impey S.G., Hammond K.M., Shepherd S.O. et al. Fuel for the work reguired: a practical approach to amalgamating train-low paradigms for endurance athlets. Physiol Rep. 2016. vol. 4. no. 10. pp. e12803. doi: 10.14814/phy2.12803

14 Marquet L.-A., Hausswirth Ch., Molle O., Hawley J.A. et al. Periodization of Carbohydrate Intake: Short-Term Effect on Performance. Nutrients. 2016. vol. 8. no. 12. pp. 755. doi:10.3390/nu8120755

15 Thomas D.T., Erdman K.A., Burke L.M. Position of the academy of nutrition and dietetics, dietitians of Canada, and the American college of sports medicine: Nutrition and athletic performance. J. Acad. Nutr. Diet. 2016. vol. 116. pp. 501–528.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Владимир Г. Лобанов д.т.н., профессор, президент КубГТУ, кафедра биоорганической химии и технической микробиологии, Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2 г. Краснодар, 350072, Россия, lobanov@kubstu.ru

Геннадий И. Касьянов д.т.н., профессор, кафедра технологии продуктов питания животного происхождения, Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2 г. Краснодар, 350072, Россия, g_kasjanov@mail.ru

Евгений А. Мазуренко старший преподаватель, кафедра физического воспитания и спорта, Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2 г. Краснодар, 350072, Россия, mazurenko-evgene@ya.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Владимир Г. Лобанов формулировка биохимической составляющей рациона питания спортсменов

Геннадий И. Касьянов обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты

Евгений А. Мазуренко написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 20.02.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 07.03.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Vladinir G. Lobanov Dr. Sci. (Engin.), professor, president of KubSTU, bioorganic chemistry and technical microbiology department, Kuban State Technological University, Moscovskaya str., 2, Krasnodar, 350072, Russia, lobanov@kubstu.ru

Gennadiy I. Kasyanov Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of food products of animal origin department, Kuban State Technological University, Moscovskaya str., 2, Krasnodar, 350072, Russia, g_kasjanov@mail.ru

Evgeniy A. Mazurenko senior lecturer, physical education and sport department, Kuban State Technological Universit, Moscovskaya str., 2, Krasnodar, 350072, Russia, mazurenko-evgene@ya.ru

CONTRIBUTION

Vladinir G. Lobanov formulation of the biochemical component of the diet of athletes

Gennadiy I. Kasyanov review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Evgeniy A. Mazurenko wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 2.20.2019

ACCEPTED 3.7.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 664.1

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-168-172

Обоснование применения зеленого чая «Матча» в производстве сбивных кондитерских изделий функционального назначения

Жанна В. Новикова [1] zh_novikova@mail.ru
София М. Сергеева [1] sergeeva@mgupp.ru
Александра Д. Захарова [1] alexandra0925@mail.ru
Юлия А. Семисажонова [1] semisazhonovajulia@gmail.com

[1] Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Россия

Аннотация. Статья посвящена разработке рецептуры сбивного кондитерского изделия функционального назначения, с использованием нетрадиционного сырья, в качестве которого был выбран зеленый чай «Матча». Периодический прием чая Матча способствует сохранению здорового состояния организма человека, предотвращая развитие многих заболеваний. В настоящий момент в Московском государственном университете пищевых производств ведутся исследования по разработке функционального сбивного кондитерского изделия, а именно маршмеллоу с использованием зеленого чая «Матча». Для определения возможности внесения чая «Матча» было проведено сравнение химических составов маршмеллоу, приготовленного по классической рецептуре и маршмеллоу с зеленым чаем «Матча». Было обнаружено, что 100 г. изделия удовлетворяют суточную потребность взрослого человека в следующих нутриентах: 83% – блоки абсорбционной радикальной способности кислорода (The Oxygen Radical Absorption Capacity (ORAC), 300% полифенолов, 33% Витамина А (ретинол), 36% Витамина А (бета-каротин), 12% Витамина В1, 100% Витамина К. Органолептическая оценка образцов показала, что в отличие от образца маршмеллоу, приготовленного по классической рецептуре, маршмеллоу с чаем «Матча» имеет терпкий травяной вкус и зеленый оттенок, при определении остальных показателей существенных различий не выявлено. С помощью текстурного анализатора были проведены реологические исследования, а именно определение прочности и упругости готовых изделий. Прочность маршмеллоу с зеленым чаем «Матча» ниже, чем мармеллоу, приготовленного по классической рецептуре, однако это не влияет на обеспечение достаточной формоудерживающей способности изделия.

Ключевые слова: чай «Матча», зеленый чай, нетрадиционное сырье, диетическое изделие, сбивное изделие, кондитерское изделие.

Justification of the use of green tea "Matcha" in the production of functional confectionery

Zhanna V. Novikova [1] zh_novikova@mail.ru
Sofia M. Sergeeva [1] sergeeva@mgupp.ru
Alexandra D. Zakharova [1] alexandra0925@mail.ru
Julia A. Semisazhonova [1] semisazhonovajulia@gmail.com

[1] Moscow state university of food production, Volokolamsk highway, 11, Moscow, 125080, Russia

Abstract. The article is devoted to the development of a functional confectionery compounding confectionery product using non-traditional raw materials, which was chosen as Matcha green tea. Periodic reception of Matcha tea helps to preserve the healthy state of the human body, preventing the development of many diseases. Currently, Moscow State University of Food Production is conducting research on the development of a functional confection, namely marshmallows using Matcha green tea. To determine the possibility of making Matcha tea, a comparison was made of the chemical compositions of marshmallows prepared according to the classic recipe and marshmallows with Matcha green tea. It was found that 100 g of the product satisfies the daily need of an adult in the following nutrients: 83% - The Oxygen Radical Absorption Capacity (ORAC) units, 300% polyphenols, 33% Vitamin A (retinol), 36% Vitamin A (beta carotene), 12% Vitamin B1, 100% Vitamin K. The organoleptic evaluation of the samples showed that, unlike the marshmallow sample prepared according to the classical recipe, Matcha marshmallow with Matcha tea has a tart herbal taste and a green tint; no significant differences were found in determining the other indicators. Using a textural analyzer, rheological studies were carried out, namely, the determination of the strength and elasticity of the finished products. The strength of marshmallows with matcha green tea is lower than that of the classic recipes, but this does not affect the provision of sufficient form holding capacity of the product.

Keywords: Matcha tea, green tea, unconventional raw materials, dietary product, whipped product, confectionery.

Введение

Своеобразный, не похожий на другие сорта, чай «Матча», высоко ценимый в Японии, постепенно завоевал популярность в Европе и Северной Америке. Особенно полезен порошковый вариант, так как в этом случае чайные листья перерабатываются полностью.

Зеленый чай «Матча» производится по отличным от обычного зеленого чая технологиям. Его получают из чайного растения *Camellia sinensis*. В начале апреля после появления первых побегов чайных листьев их закрывают большими рамками, добиваясь снижения интенсивности протекания процессов фотосинтеза.

Через 12–20 ч после сбора чайные листья пропаривают 15–20 с, что предотвращает процессы окисления и распада питательных веществ. Затем листья обдуваются, сушатся и измельчаются до состояния пудры [3].

Для цитирования

Новикова Ж.В., Сергеева С.М., Захарова А.Д., Семисажонова Ю.А. Обоснование применения зеленого чая «Матча» в производстве сбивных кондитерских изделий функционального назначения // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 168–172. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-168-172

For citation

Novikova Zh.V., Sergeeva S.M., Zakharova A.D., Semisazhonova. Ju.A. Justification of the use of green tea "Matcha" in the production of functional confectionery. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 168–172. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-168-172

В состав чая «Матча» входят аминокислоты, полифенолы, теофиллин, галлат эпигаллокатехина (EGCG), пищевые волокна, витамины А, B_1, B_2, B_6, С, Е, К и минералы: кальций, магний, фосфор, натрий, цинк, также содержится больше антиоксидантов, чем в чернике.

Периодический прием чая «Матча» поддерживает здоровое состояние организма человека, предотвращая развитие многих заболеваний. Этот чай нормализует артериальное давление; является натуральным иммуностимулятором; ускоряет метаболизм; способствует выведению шлаков и токсинов, свободных ионов металла; снижает уровень холестерина; способствует выработке серотонина и дофамина, что улучшает мозговую активность и повышает настроение; обладает мощным антиоксидантным действием [6].

В 1 г сухого продукта содержится множество питательных веществ (таблица 1) [2].

Таблица 1.

Содержание питательных веществ в 1 г сухого чая «Матча»

Table 1.

Nutrient content in 1 g of dry tea «Matcha»

Наименование питательного вещества | Nutrient Name		Содержание Content	Суточная норма Daily rate
Пищевые волокна, мг	Alimentary fiber, mg	385	20000
Абсорбционная радикальная способность кислорода (АРСК), мкмоль	The Oxygen Radical Absorption Capacity (ORAC), umol	1384	5000
Полифенолы, мг	Polyphenols, mg	100	100
Теофиллин, мг	Theophylline, mg	6,42	400
Витамины и минералы | Vitamins and Minerals			
Кальций, мг	Calcium, mg	4,2	1000
Медь, мг	Copper, mg	0,006	1,0
Железо, мг	Iron, mg	0,17	10
Магний, мг	Magnesium, mg	2,3	400
Фосфор, мг	Phosphorus, mg	3,5	800
Калий, мг	Potassium, mg	27	2500
Натрий, мг	Sodium, mg	0,06	1300
Витамин А (бета-каротин), мкг	Vitamin A (beta carotene), mg	595	5000
Витамин А (ретинол эквив.), мкг	Vitamin A (retinol equiv.), mcg	99,17	900
Витамин B_1, мг	Vitamin B_1, mg	0,06	1,5
Витамин B_2, мг	Vitamin B_2, mg	0,0135	1,7
Витамин B_6, мг	Vitamin B_6, mg	0,009	2,0
Витамин С, мг	Vitamin C, mg	0.6	90
Витамин Е, мг	Vitamin E, mg	0.281	15
Витамин, К мкг	Vitamin K, mcg	29	120
Цинк, мг	Zinc, mg	0,063	12

Чай «Матча» содержит высокую концентрацию антиоксидантов по сравнению со всеми известными фруктами и овощами.

Испытание абсорбционной радикальной способности кислорода (ORAC) проводится Министерством сельского хозяйства США и университетом Тафтса (США) для определения антиоксидантного потенциала еды и напитков. Результаты последних испытаний ORAC показали, что чай «Матча» содержит 1384 блока ORAC в 1 г, что превышает показатели других овощей и фруктов, богатых антиоксидантами (таблица 2) [4].

В целом, зеленый чай «Матча» содержит в 10–15 раз больше питательных веществ по сравнению с традиционными видами чая: зеленым, белым, черным [5].

Таблица 2.

Лучшие антиоксидантные продукты – ORAC единиц в 1 г (мкмоль/г)

Table 2.

The best antioxidant products are ORAC units in 1 gram (umoleTE/g)

Наименование продукта Product name		Содержание Content
Малина	Raspberries	12
Шпинат	Spinach	12,6
Красный виноград	Red grapes	7,39
Ежевика	Blackberry	20,36
Черника	Blueberries	24
Изюм	Raisins	28,3
Чернослив	Prunes	57,7
Асаи	Acai	1236
Зеленый чай (листья)	Green tea (leaves)	1120
Зеленый Чай (заваренный)	Green tea (brewed)	150
Зеленый чай «Матча»	Matcha Green Tea	1384

Все вышеперечисленные свойства данного чая уже много лет используются при производстве сахаристых и мучных кондитерских изделий (конфеты, пирожные, торты, печенье, рулеты, мороженое, пудинги, муссы, кремы, сиропы, желе и т. д.) в странах Азии [1]. Чайный порошок не только обогащает продукт новыми нотками вкуса, но и окрашивает его в приятный зеленоватый цвет, также он является компонентом различных безалкогольных и алкогольных коктейлей [11, 12].

В Московском государственном университете пищевых производств ведутся исследования по разработке функционального сбивного кондитерского изделия, а именно маршмеллоу с использованием зеленого чая «Матча».

Для определения возможности внесения чая «Матча» было проведено сравнение химического состава маршмеллоу, приготовленного по классической рецептуре, и маршмеллоу с зеленым чаем «Матча» на 100 г продукта (таблицы 3, 4).

Таблица 3.

Химический состав маршмеллоу

Table 3.

Chemical composition of marshmallow

Наименование продукта Product name	Белки, г | Proteins, g	Жиры, г | Fats, g	Углеводы, г | Carbohydrates, g	Пищевые волокна, г | Alimentary fiber, g	Энергетическая ценность, ккал | The energy value, kcal	Блоки ORAC umoleTE/g | ORAC umoleTE/g	Полифенолы, г | Polyphenols, mg	Витамин А (ретинол), мкг | Vitamin A (retinol equiv.), mcg	Витамин А (бета-каротин), мг | Vitamin A (beta carotene), mg	Витамин В1, мг | Vitamin B1, mg	Витамин К, мкг | Vitamin K, mcg
Маршмеллоу, приготовленное по классической рецептуре Marshmallow, prepared according to the classic recipe	1,7	–	100	–	406	–	–	–	–	–	–
Маршмеллоу с зеленым чаем «Матча» Marshmallow with green tea Matcha	4,4	0,1	101	1,1	407	4152	300	297	1,8	0,18	300
Удовлетворение суточной потребности человека | Satisfaction of the daily needs of the person						83%	300%	33%	36%	12%	100%

Было обнаружено, что 100 г. изделия удовлетворяет суточную потребность взрослого человека в следующих нутриентах: 83% – блоки ORAC, 300% полифенолы, 33% витамин А (ретинол), 36% витамин А (бета-каротин), 12% витамин B_1, 100% витамин К.

Таблица 4.

Органолептические показатели маршмеллоу

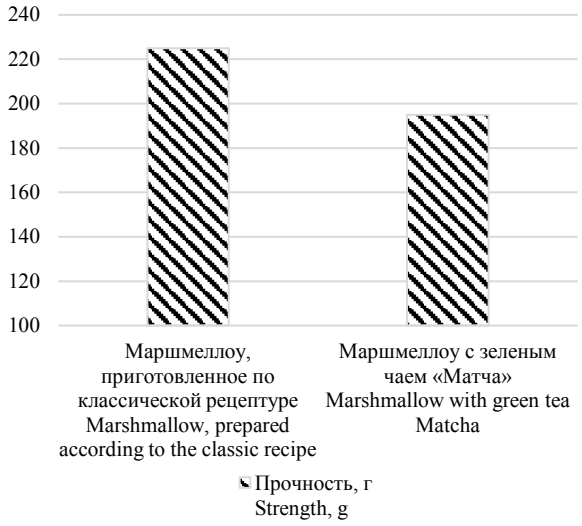
Table 4.

Organoleptic indicators of marshmallow

Наименование показателя Name of the indicator		Характеристика показателей Characteristics of indicators			
		Маршмеллоу, приготовленное по классической рецептуре Marshmallow, cooked according to classic recipes		Маршмеллоу с зеленым чаем «Матча» Marshmallow with Matcha Green Tea	
Цвет	Colour	Белый, матовый	White, matte	Нежно-зеленый, матовый	Pale green, matte
Консистенция	Consistency	Плотная, упругая	Dense, elastic	Плотная, упругая	Dense, elastic
Вкус и запах	Taste and smell	Сладкий, без посторонних запахов и примесей	Sweet, without foreign smells and impurities	Сладкий, с тонким травяным вкусом, без посторонних запахов и примесей	Sweet, with a subtle herbal taste, without foreign odors and impurities
Структура	texture	Равномерная мелкопористая, без дефектов	Uniform fine-pored, without defects	Равномерная мелкопористая, без дефектов	Uniform fine-pored, without defects
Форма	The form	Кубики 2 х 2 см	Cubes 2 x 2 cm	Кубики 2 х 2 см	Cubes 2 x 2 cm
Поверхность	Surface	Без затвердевания на гранях, без выделения сиропа или жидкости	Without hardening on the faces, without separation of the syrup or liquid	Без затвердевания на гранях, без выделения сиропа или жидкости	Without hardening on the faces, without separation of the syrup or liquid

Из таблицы 4 следует, что структура, форма и поверхность контрольного и исследуемого образца без существенных различий. Маршмеллоу с использованием чая «Матча» имеет терпкий травяной вкус и зеленый оттенок.

С помощью текстурного анализатора были проведены реологические исследования, а именно определение прочности и упругости готовых изделий (рисунок 1).



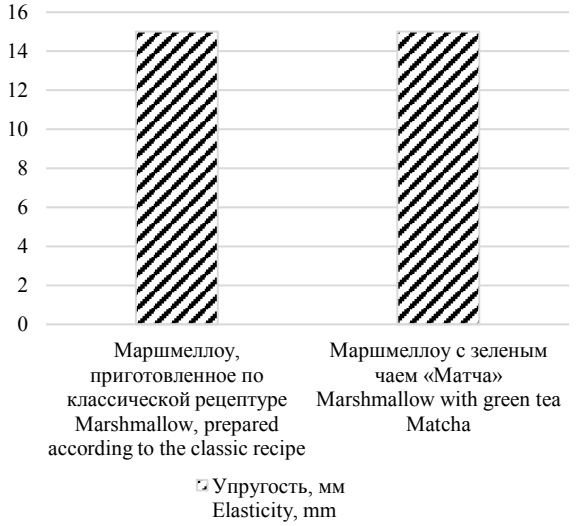


Рисунок 1. Реологические показатели маршмеллоу

Figure 1. Rheological indicators of marshmallow

Результаты показали, что, несмотря на небольшие расхождения в плотности, маршмеллоу с зеленым чаем «Матча» не уступает изделию, приготовленному по классической рецептуре.

Заключение

Таким образом, внесение зеленого чая «Матча» способствует увеличению биологической ценности при сохранении высоких органолептических и реологических показателей.

Планируется разработка оптимальной рецептуры сбивного кондитерского изделия и изучение возможности использовать продукт для функционального питания.

ЛИТЕРАТУРА

1 ГОСТ Р 53041–2008. Изделия кондитерские и полуфабрикаты кондитерского производства. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2012.

2 Иванов А. Нормативные документы индустрии питания: справочник; изд. 7-е, испр. и доп. МИГ «Ресторанные ведомости», 2012. 400 с.

3 Матча – японский церемониальный чай – TeaTerra. URL: https://www.tea-terra.ru/2014/01/07/11895/

4 Cao G., Russell R.M., Lischner N., Prior R.L. Serum Antioxidant Capacity Is Increased by Consumption of Strawberries, Spinach, Red Wine or Vitamin C in Elderly Women // Journal of Nutrition. 1998. V. 128. № 12. P. 2383–2390. doi: 10.1093/jn/128.12.2383

5 Cao G., Booth S.L., Sadowski J.A., Prior R.L. Increases in human plasma antioxidant capacity after consumption of controlled diets high in fruit and vegetables // American Journal of Clinical Nutrition. 1998. V. 68. № 5. P. 1081–1087. doi: 10.1093/ajcn/68.5.1081

6 Sabu Mc., Priya T.T., Kuttan R., Nishigaki I. Beneficial effects of green tea: A literature review // Chinese Medicine. 2010. V. 5. № 1. doi: 10.1186/1749-8546-5-13

7 Валиулина Д.Ф., Макарова Н.В., Будылин Д.В. Сравнительный анализ химического состава и антиоксидантных свойств разных видов чая как исходного сырья для производства чайных экстрактов // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 249-255. doi: 10.20914/2310-1202-2018-2-249-255

8 Nishimura T., Kabata K., Koike A., Ono M. et al. In vitro Anti-inflammatory Effects of Edible Igusa Soft Rush (*Juncus effusus L.*) on Lipoxygenase, Hyaluronidase, and Cellular Nitric Oxide Generation Assays: Comparison with Matcha Green Tea (*Camellia sinensis L.*) // Food Science and Technology Research. 2016. V. 22. №. 3. P. 395-402.

9 Burcu A. et al. Antioxidant, Anti-Inflammatory, and Antibacterial Potential of Different Drinks Based on Matcha Tea // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. V. 374. №. 1. P. 012072.

10 Nishitani E., Sagesaka Y.M. Simultaneous determination of catechins, caffeine and other phenolic compounds in tea using new HPLC method // Journal of Food Composition and Analysis. 2004. V. 17. № 5. P. 675–685. doi: 10.1016/j.jfca.2003.09.009

REFERENCES

1 GOST R 53041–2008. Izdeliya konditerskiye i polufabrikaty konditerskogo proizvodstva. Terminy i opredeleniya [State Standard 53041–2008. Confectionery and half-finished products of confectionery manufacture. Terms and definitions]. Moscow, Standardinform, 2012. (in Russian).

2 Ivanov A. Normativnyye dokumenty industrii pitaniya [Normative documents of the food industry]. MIG “Restorannyye vedomosti”, 2012. 400 p. (in Russian).

3 Matcha – yaponskiy tseremonial'nyy chay – Tea-Terra [Match – Japanese ceremonial tea – TeaTerra]. Available at: https://www.tea-terra.ru/2014/01/07/11895/ (in Russian).

4 Cao G., Russell R.M., Lischner N., Prior R.L. Serum Antioxidant Capacity Is Increased by Consumption of Strawberries, Spinach, Red Wine or Vitamin C in Elderly Women. Journal of Nutrition. 1998. vol. 128. no. 12. pp. 2383–2390. doi: 10.1093/jn/128.12.2383

5 Cao G., Booth S.L., Sadowski J.A., Prior R.L. Increases in human plasma antioxidant capacity after consumption of controlled diets high in fruit and vegetables. American Journal of Clinical Nutrition. 1998. vol. 68. no. 5. pp. 1081–1087. doi: 10.1093/ajcn/68.5.1081

6 Sabu Mc., Priya T.T., Kuttan R., Nishigaki I. Beneficial effects of green tea: A literature review. Chinese Medicine. 2010. vol. 5. no. 1. doi: 10.1186/1749-8546-5-13

7 Valiulina D.F., Makarova N.V., Budylin D.V. Comparative analysis of the chemical composition and antioxidant properties of different types of tea as a raw material for the production of tea extracts. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 249-255. doi: 10.20914/2310-1202-2018-2-249-255 (in Russian).

8 Nishimura T., Kabata K., Koike A., Ono M. et al. In vitro Anti-inflammatory Effects of Edible Igusa Soft Rush (Juncus effusus L.) on Lipoxygenase, Hyaluronidase, and Cellular Nitric Oxide Generation Assays: Comparison with Matcha Green Tea (Camellia sinensis L.). Food Science and Technology Research. 2016. vol. 22. no. 3. pp. 395-402.

9 Burcu A. et al. Antioxidant, Anti-Inflammatory, and Antibacterial Potential of Different Drinks Based on Matcha Tea. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. vol. 374. no. 1. pp. 012072.

10 Nishitani E., Sagesaka Y.M. Simultaneous determination of catechins, caffeine and other phenolic compounds in tea using new HPLC method. Journal of Food Composition and Analysis. 2004. vol. 17. no. 5. pp. 675–685. doi: 10.1016/j.jfca.2003.09.009

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Жанна В. Новикова к.т.н., профессор, кафедра технологии предприятий индустрии питания и сервиса, Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Россия, zh_novikova@mail.ru

София М. Сергеева ассистент, кафедра технологии предприятий индустрии питания и сервиса, Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Россия, sergeeva@mgupp.ru

Александра Д. Захарова магистр, кафедра технологии предприятий индустрии питания и сервиса, Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Россия, alexandra0925@mail.ru

Юлия А. Семисажонова соискатель, кафедра технологии предприятий индустрии питания и сервиса, Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Россия, semisazhonovajulia@gmail.com

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Zhanna V. Novikova Cand. Sci. (Engin.), professor, technologies of enterprises of food industry and service department, Moscow state university of food production, Volokolamsk highway, 11, Moscow, 125080, Russia, zh_novikova@mail.ru

Sofia M. Sergeeva assistant lecturer, technologies of enterprises of food industry and service department, Moscow state university of food production, Volokolamsk highway, 11, Moscow, 125080, Russia, sergeeva@mgupp.ru

Alexandra D. Zakharova master student, technologies of enterprises of food industry and service department, Moscow state university of food production, Volokolamsk highway, 11, Moscow, 125080, Russia, alexandra0925@mail.ru

Julia A. Semisazhonova applicant, technologies of enterprises of food industry and service department, Moscow state university of food production, Volokolamsk highway, 11, Moscow, 125080, Russia, semisazhonovajulia@gmail.com

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Жанна В. Новикова предложил методику проведения эксперимента и организовал производственные испытания, написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

София М. Сергеева провела эксперимент, выполнила расчёты, консультация в ходе исследования

Александра Д. Захарова, Юлия А. Семисажоноваобзор литературных источников по исследуемой проблеме, проведение эксперимента, выполнение расчётов

CONTRIBUTION

Zhanna V. Novikova proposed a scheme of the experiment and organized production trials, wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Sofia M. Sergeeva conducted an experiment, performed computations, consultation during the study

Alexandra D. Zakharova, Julia A. Semisazhonova review of the literature on an investigated problem, experiment, computations

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

ПОСТУПИЛА 18.12.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 04.02.2019

RECEIVED 12.18.2018

ACCEPTED 2.4.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 664.38:664.53

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-173-180

Взаимосвязь функциональных свойств сухой пшеничной клейковины с аминокислотным составом и показателями её качества

Валентина В. Колпакова [1] val-kolpakova@rambler.ru
Владимир А. Коваленок [1] vak-49@mail.ru

[1] Всероссийский научно-иссследовательский институт крахмалопродуктов – филиал «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, ул. Некрасова, 11, п. Красково, 140051, Россия

Аннотация. Целью работы явилось изучение зависимости функциональных свойств сухой пшеничной клейковины (СПК) от показателей качества, полученных после регенерации ее в сыром виде, и аминокислотного состава. Учитывая, что основным направлением применения СПК является производство муки и хлеба, то данные по взаимосвязи необходимы для предсказания и более широкого использования ее в производстве кондитерских, колбасных изделий и других пищевых продуктов. В работе использованы 19 образцов СПК производства компании "БМ" (Казахстан), 3 образца, полученные из сильного, слабого и среднего по качеству зерна пшеницы, и методы определения выхода, деформации сжатия (упругостью), гидратационной способности регенерированной сырой СПК, аминокислотного и фракционного состава. Установлено, что функциональные свойства СПК возможно предсказывать исходя из гидратации и деформации сжатия (упругости). Наибольшей пенообразующей способностью обладала СПК с гидратацией 190–200 %, наибольшей жироэмульгирующей способностью – с значениями 140–150 %. В целях обеспечения большей пенообразующей способностью целесообразно использовать СПК с деформацией сжатия 70–80 ед. приб., большей способности эмульгировать и связывать жир – с значениями 60–80 ед. приб., а связывать воду – с показателем СПК 50-70 ед. приб. Для растворимости белков СПК установлена высокая положительная корреляция с суммой неполярных аминокислот целой клейковины и отрицательная – глиадина. Для ВСС клейковины характерна обратная зависимость от суммы полярных аминокислот обеих фракций глютенина (r= -0,67 и -0,98), для ЖСС - прямая зависимость от суммы полярных аминокислот глиадина (r=0,78) и целой клейковины(r=0,95), обратная - от суммы неполярных аминокислот растворимого и нерастворимого глютенина (r=0.86-0,92). ЖЭС положительно коррелировала с суммой неполярных аминокислот целого комплекса клейковины и глиадина (r=0,70-0,86) и отрицательно с - суммой полярных аминокислот СПК и всех ее фракций (-0,62-0,84). Пенообразующая способность взаимосвязана с суммой неполярных аминокислот глиадина и обоих фракций нерастворимого глютенина (r=0,79-0,95).

Ключевые слова: сухая пшеничная клейковина, функциональные свойства, аминокислотный состав, показатели качества

Relationship of the functional properties of dry wheat gluten with amino acid composition and its quality indicators

Valentina V. Kolpakova [1] val-kolpakova@rambler.ru
Vladimir A. Kovalenok [1] vak-49@mail.ru

[1] All-Russian Scientific Research Institute of Starch Products – a branch of the V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Nekrasova St., 11, Kraskovo settlement, 140051, Russia

Abstract. The aim of the work was to study the dependence of the functional properties of dry wheat gluten (DWG) on the quality indicators obtained after regeneration of its raw form, and amino acid composition. Given that the main direction of use of DWG is the production of flour and bread, the data on the relationship are necessary to predict and increase its use in the production of confectionery, sausage products and other food products. We used 19 samples of the DWG produced by «BM» (Kazakhstan), 3 samples obtained from strong, weak, and average wheat grain quality, and methods for determining the yield and compression deformation (elasticity), the hydration ability of the regenerated raw SPK, amino acid and fractional composition. It is established that the functional properties of the DWG can be predicted on the basis of hydration and compression deformation (elasticity). The DWG with the hydration of 190–200% had the highest foaming capacity, and the most fat emulsifying ability with values of 140–150%. In order to provide greater foaming ability, it is advisable to use the SEC with compression deformation of 70-80 units. app., greater ability to emulsify and bind fat - with values of 60-80 units. app., and to bind water - with an indicator of DWG 50-70 units. app. For the solubility of the DWG proteins, a high positive correlation with the sum of non-polar amino acids of whole gluten and a negative - gliadin was established. For water-binding capacity (WBC) of gluten, an inverse dependence on the sum of polar amino acids of both glutenin fractions (r = -0.67 and -0.98) is characteristic, for LSS, a direct dependence on the sum of polar amino acids of gliadin (r = 0.78) and whole gluten (r = 0.95), the reverse of the amount of non-polar amino acids of soluble and insoluble glutenin (r = 0.86-0.92). WBC of gluten is inversely dependent on the sum of the polar amino acids of both glutenin fractions (r = -0.67 and -0.98), for the fat binding one is directly dependent on the sum of the polar amino acids of gliadin (r = 0.78) and whole gluten (r = 0.95), inverse - from the sum of non-polar amino acids of soluble and insoluble glutenin (r = 0.86-0.92). Fat-emulsifying capacity (FEC) positively correlated with the sum of non-polar amino acids of the whole complex of gluten and gliadin (r = 0.70-0.86) and negatively with the sum of polar amino acids of SEC and all its fractions (-0.62-0.84). Foaming capacity (FC) is interrelated with the sum of non-polar amino acids of gliadin and both fractions of insoluble glutenin (r = 0.79-0.95).

Keywords: dry wheat gluten, functional properties, amino acid composition, quality indicators

Для цитирования

Колпакова В.В., Коваленок В.А. Взаимосвязь функциональных свойств сухой пшеничной клейковины с аминокислотным составом и показателями её качества // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 173–180. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-173-180

For citation

Kolpakova V.V., Kovalenok V.A. Relationship of the functional properties of dry wheat gluten with amino acid composition and its quality indicators. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 173–180. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-173-180

Введение

Проблема обеспечения населения белком вызывает необходимость совершенствования процессов плучения белковых продуктов из растительного сырья и улучшения их функциональных свойств для коррекции пищевой, билогической ценности изделий и улучшения технологических показателей качества. Белковые продукты используются в пищевой промышленности благодаря широкому набору функциональных свойств, среди которых основными являются способность связывать воду, жир, образовывать и стабилизировать эмульсии и пены [1, 2]. В настоящее время интерес к сухой пшеничной клейковине (СПК) продолжает оставаться высоким, так как она является натуральным и практически единственным белковым продуктом, выпускаемым в промышленных масштабах из зерновых культур. Основным направлением применения СПК является производство муки и хлеба [3–5], но для ее широкого использования в производстве кондитерских (мучных, сбивных, пастильных), колбасных изделий, напитков и других продуктов осуществляют модификацию функциональных свойств, прежде всего, биотехнологическими методами [6–8].

Для характеристики качества промышленной СПК обычно определяют только химический состав [9], но СПК после взаимодействия с водой может иметь различные реологические характеристики, обусловленные особенностями сорта, условиями выращивания пшеницы [10] или технологическими факторами производства белкового продукта. Реологические характеристики могут отражаться и на функциональных свойствах СПК, поэтому, зная их значения, предварительно можно определить области использования, не прибегая к трудоемким методам анализа водосвязывающей, пенообразующей и жироэмульгирующей способности. С другой стороны, если учесть, что реологические показатели сырой клейковины обусловлены генетическими факторами, то встает задача изучения взаимосвязи функциональных свойств СПК с ее аминокислотным составом как одного из важнейших признаков, характеризующих принадлежность к сорту пшеницы. Цель исследований – расширение сведений о физико-химических свойствах и особенностях белков СПК для научно обоснованного выбора вида и условий действия гидролизующих, сшивающих или других видов энзимов для модификации функциональных свойств.

Материалы и методы

Изучение взаимосвязи функциональных и реологических показателей СПК осуществляли с использованием 19 образцов производства компании "БМ" (Казахстан), качество и безопасность которых подтверждены сертификатами соответствия. Для определения аминокислотного состава использовали 3 образца клейковины, плученные из типичного «сильного» сорта зерна Саратовская 29 (яровая), типично «слабого» – Акмолинка 1 (яровая) и типично среднего по качеству сорта Горьковская 52 (озимая).

Химический состав

Содержание белка в СПК и ее фракциях определяли по методу Кьельдаля на приборе Kjeltek фирмы «Tecator» (Швеция), массовую долю влаги – по ГОСТ 9404–88. Массовая доля белка в продуктах составляла 87,7–98,8% на сухое вещество.

Приготовление регенерированной СПК и определение ее показателей качества

Из муки с выходом 60%, полученной из типично «сильного» зерна сорта Саратовская 29 (яровая), типично «слабого» – Акмолинка 1 (яровая) и типично «среднего» по качеству сорта Горьковская 52 (озимая), вручную отмывали сырую клейковину и высушивали ее на лиофильной установке KS (Чехия). СПК из «сильного» сорта зерна характеризовалась как малорастяжимая, «крепкая» с показателем прибора 55 ед. приб., СПК из «среднего» по качеству сорта – растяжимая, «нормальная» с показателем 70 ед. приб., из «слабого» – как очень растяжимая и «слабая» с показателем 100 ед. приб. *Регенерацию СПК* осуществляли путем замешивания шарика теста из 4±0,01 г муки с водопроводной водой при температуре 19±1 °С с последующей отлежкой его в течение 20 мин и отмыванием от крахмала под струей воды. Время отмывания – 10–15 мин. Показатели качества регенерированной СПК оценивали по *выходу* (ГОСТ Р 54478–2011), *деформации сжатия (упругости)* ($H_{деф.}$), измеряемой на приборе ИДК-1 (ГОСТ 27839 – 88), и гидратационной способности. Для определения гидратационной способности (ГС) навеску 4±0,01 г сырой регенерированной клейковины высушивали в течение 10 мин на приборе ПИВИ-1. Расчет ГС в процентах проводили по формуле: $ГС\ Вх\ 100/СВ$, где $В$ – масса влаги в навеске, $СВ$ – содержание сухого вещества в навеске.

Фракционирование белков клейковины

В центрифужную пробирку помещали 0,9 г СПК, взвешенной с точностью ±0,001 г, приливали 30 см^3 70% этанола, встряхивали 1 ч и оставляли на ночь. На следующий день вновь встряхивали 1 ч и центрифугировали 15 мин при 8000xq. Центрифугат сливали, к осадку добавляли 30 см^3 этанола, встряхивали 1 ч и центрифугировали. Последнюю операцию повторяли еще один раз. Объединенные экстракты представляли собой глиадин. Этанол

досуха отгоняли на роторном испарителе, медообразный глиадин лиофильно высушивали. К остатку после удаления глиадина добавляли 0,1н раствор CH_3 COH при соотношении 1:30 по сухому веществу и проводили операции выделения растворимого глютенина при 4 °С, аналогичные стадиям получения глиадина. На роторном испарителе удаляли уксусную кислоту, остаток промывали водой и лиофильно высушивали. Остаток представлял собой нерастворимый глютенин.

Анализ аминокислотного состава СПК и ее фракций

Для анализа использовали жидкостный хроматограф фирмы "Hitachi" (Япония) в режиме с сульфированным сополимером стирола с дивинилбензолом и ступенчатым градиентом натрий-цитратных буферных растворов с возрастающим значением pH и молярности. Навеску 3–5 мг образца помещали в стеклянную ампулу, добавляли 300 мкл смеси концентрированной соляной и трифторуксусной кислот (2:1) с 0,1% 2-меркаптоэтанолом. Образец замораживали в жидком азоте, вакуумировали и проводили гидролиз при 155 °С в течение 1 ч. Гидролизуемую смесь упаривали на роторном испарителе (Centrivap Concentrator Labconco, USA). К остатку добавляли 0,1 н HCl и центрифугировали 5 мин при 8000xq на центрифуге Microfuge 22R (Beckman-Coulter, USA).

Определение функциональных свойств СПК

Функциональные свойства образцов СПК разного качества определяли по методикам, описанным в работе [11].

Статистическая обработка

Анализы проводились в 3-5 повторностях, результаты представляли как средние арифметические. Для определения доверительного интервала среднего арифметического результата использовали критерий Стьюдента на уровне значимости $p = 0,05$. Математическую обработку результатов проводили с программами Statistica 6.0, Mathematica 5.2. и TableCurve 3D v4.0.01.

Результаты и обсуждение

Зависимость функциональных свойств СПК от показателей качества

Взаимосвязь показателей качества СПК и ее функциональных свойств исследована с использованием 19 образцов разного качества. Из полученных данных видно, что образцы СПК отличались как по показателям качества (таблица 1), так и по функциональным свойствам (таблица 2). Выход регенерированной СПК находился в пределах 201÷247%, деформация сжатия ($H_{деф.}$) – 42÷79 ед. приб., гидратационная способность – 140÷186%. Водосвязывающая способность (ВСС) изменялась в пределах 2,27÷2,70 г/г; жиросвязывающая способность (ЖСС) – 0,95÷2,35 г/г; жироэмульгирующая способность (ЖЭС) – 49÷67%; стабильность эмульсии (СЭ) – 88÷116%, пенообразующая способность (ПОС) и стабильность пены (СП) – 170÷227 и 55÷70% соответственно.

Таблица 1.
Показатели качества СПК разного качества

Table 1.
Indicators of the quality of the DWG of different quality

Выход, % Output, %	$H_{деф.}$, ед. приб.	Гидратационная способность, % Hydration ability, %
201 ± 1,0	42 ± 0,2	150 ± 1,0
222 ± 0,5	50 ± 0,5	180 ± 1,1
221 ± 1,0	53 ± 0,5	173 ± 0,6
247 ± 2,0	62 ± 0,2	186 ± 0,8
222 ± 0,2	65 ± 0,7	176 ± 0,7
228 ± 0,8	71 ± 1,0	147 ± 0,5
231 ± 0,7	70 ± 1,0	168 ± 0,3
231 ± 0,3	70 ± 0,4	174 ± 0,1
229 ± 0,4	72 ± 1,0	168 ± 0,1
233 ± 0,2	72 ± 1,0	180 ± 0,4
239 ± 0,4	72 ± 0,5	182 ± 1,0
232 ± 0,5	73 ± 0,7	186 ± 0,8
234 ± 0,7	73 ± 0,8	172 ± 0,5
234 ± 0,2	73 ± 0,2	163 ± 0,4
239 ± 0,3	73 ± 0,5	140 ± 0,5
224 ± 0,5	75 ± 1,0	176 ± 0,4
228 ± 0,4	75 ± 0,6	142 ± 0,7
228 ± 0,6	75 ± 0,7	168 ± 1,3
231 ± 0,7	79 ± 0,7	194 ± 0,9

Закономерности зависимостей, обработанные с элементами статистики, позволили получить уравнения регрессии, адекватно описывающие взаимосвязь между функциональными свойствами, с одной стороны, и показателями качества СПК (выход и деформация сжатия) – с другой. Вид уравнений следующий:

Пенообразующая способность, %:

$$\textbf{ПОС} = -663554,86 + 11657,962x - 76,618x^2 + 0,22337499x^3 - 0,00024374999x^4 - 6,564y + 0,058y^2;$$

Водосвязывающая способность, г/г:

$$\textbf{ВСС} = 6222.6 - 212.8x + 3.4x^2 - 0.3018x^3 - 14.2y + 0.03y^2;$$

Жироэмульгирующая способность, %:

$$\textbf{ЖЭС} = -14319 - 19,31x + 0,33x^2 - 0,0017x^3 + 195,6y - 0,86y^2 + 0,0013y^3;$$

Жиросвязывающая способность, г/г:

$$\textbf{ЖСС} = -4537,06 + 210,88x - 3,17x^2 + 0,0157x^3 + 2,18y - 0,01y^2 + 1,62y^3;$$

где x – $H_{деф.}$, ед. приб.; y – выход сырой клейковины, %.

Таблица 2.

Функциональные свойства СПК разного качества

Table 2.

Functional properties of the DWG of different quality

ВСС, г/г	ЖСС, г/г	ПОС, %	СП, %	ЖЭС, %	СЭ, %
2,27 ± 0,03	0,95 ± 0,04	210 ± 2,0	67 ± 0,5	59 ± 1,0	90 ± 1,0
2,33 ± 0,02	1,86 ± 0,03	190 ± 3,0	66 ± 1,0	61 ± 1,0	111 ± 1,0
2,53 ± 0,01	2,20 ± 0,05	195 ± 1,0	66 ± 0,5	63 ± 1,5	108 ± 2,0
2,39 ± 0,03	2,32 ± 0,06	220 ± 2,0	70 ± 0,5	60 ± 1,2	103 ± 2,0
2,45 ± 0,03	2,16 ± 0,05	200 ± 2,0	68 ± 1,0	49 ± 2,5	108 ± 1,0
2,46 ± 0,05	2,20 ± 0,03	170 ± 1,0	63 ± 1,0	66 ± 2,0	93 ± 3,0
2,58 ± 0,01	2,18 ± 0,08	173 ± 1,0	67 ± 1,0	60 ± 1,0	116 ± 2,0
2,66 ± 0,02	2,26 ± 0,04	187 ± 2,0	66 ± 1,0	66 ± 2,0	91 ± 2,0
2,59 ± 0,03	2,23 ± 0,03	193 ± 3,0	62 ± 1,0	59 ± 1,0	99 ± 3,0
2,49 ± 0,03	2,24 ± 0,05	183 ± 1,0	60 ± 1,0	62 ± 2,0	100 ± 1,0
2,70 ± 0,05	2,23 ± 0,02	200 ± 2,0	65 ± 1,5	60 ± 1,0	108 ± 2,0
2,42 ± 0,04	2,21 ± 0,01	197 ± 1,0	61 ± 1,0	58 ± 1,0	106 ± 1,0
2,56 ± 0,03	2,18 ± 0,03	210 ± 0,0	64 ± 0,5	61 ± 1,0	104 ± 1,0
2,40 ± 0,07	2,20 ± 0,05	183 ± 0,0	60 ± 1,0	63 ± 2,0	95 ± 2,0
2,62 ± 0,05	2,18 ± 0,06	197 ± 3,0	66 ± 1,5	61 ± 3,0	113 ± 2,0
2,67 ± 0,03	2,30 ± 0,04	200 ± 1,0	55 ± 1,0	67 ± 3,0	90 ± 3,0
2,68 ± 0,04	2,34 ± 0,03	193 ± 2,0	64 ± 2,0	66 ± 1,0	88 ± 1,0
2,49 ± 0,01	2,20 ± 0,08	200 ± 3,0	65 ± 1,5	60 ± 1,0	93 ± 2,0
2,30 ± 0,02	2,35 ± 0,04	213 ± 1,0	59 ± 1,0	58 ± 2,0	98 ± 1,0

Из трехмерных картин изображения зависимостей (рисунок 1) следует, что наибольшими значениями ПОС обладали образцы СПК с $H_{деф.}$ 70–80 ед. приб., наименьшими – с $H_{деф.}$, равной 50 ед. приб. Чем слабее была регенерированная клейковина, тем ее ПОС выше. Показатель ВСС также взаимосвязан с упругостью ($H_{деф.}$) клейковины: более высокие значения ВВС имели образцы со значениями $H_{деф.}$, равными 65–75 ед. приб. (рисунок 2, *a*). Однозначной зависимости между выходом регенерированной клейковины и ВСС, как и для ПОС, не выявлено. Данные зависимости ЖЭС СПК от исследуемых факторов, приведенные на рисунке 2, *b*, показывают, что самой высокой ЖЭС обладали образцы СПК с $H_{деф.}$ 70–80 ед. приб. и выходом сырой клейковины 210–220%. Чем слабее была регенерированная клейковина и чем выход ее меньше, тем ЖЭС СПК была выше. Из картины влияния выхода и показателя деформации сжатия СПК на ЖСС (рисунок 2, *c*) следует, что самые низкие показатели ЖСС наблюдались у образцов с $H_{деф.}$ 50 ед. приб., самые высокие – у СПК со значениями 60–65 ед. приб. Следовательно, данное свойство можно оценивать с помощью упругости белкового комплекса СПК. Влияние выхода СПК на ЖСС незначительное, поэтому использовать его для оценки данного свойства нецелесообразно. Определение гидратационной способности СПК (рисунок 3) показало, что с увеличением ее значения ПОС закономерно повышалась (рисунок 3, *a*), а ЖЭС – уменьшалась (рисунок 3, *b*). Коэффициенты корреляции (r) равнялись 0,78 и 0,72 соответственно. Показатели ВСС и ЖСС клейковины не зависели от значений ее гидратационной способности.

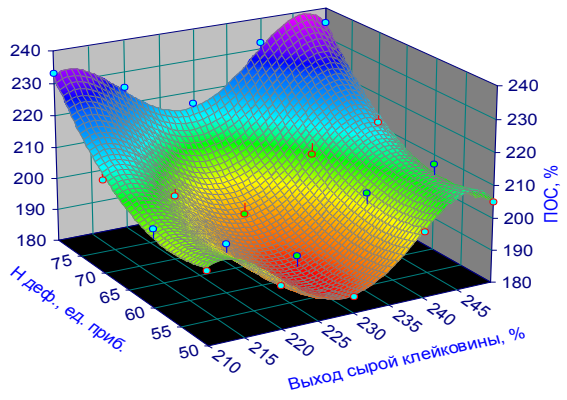
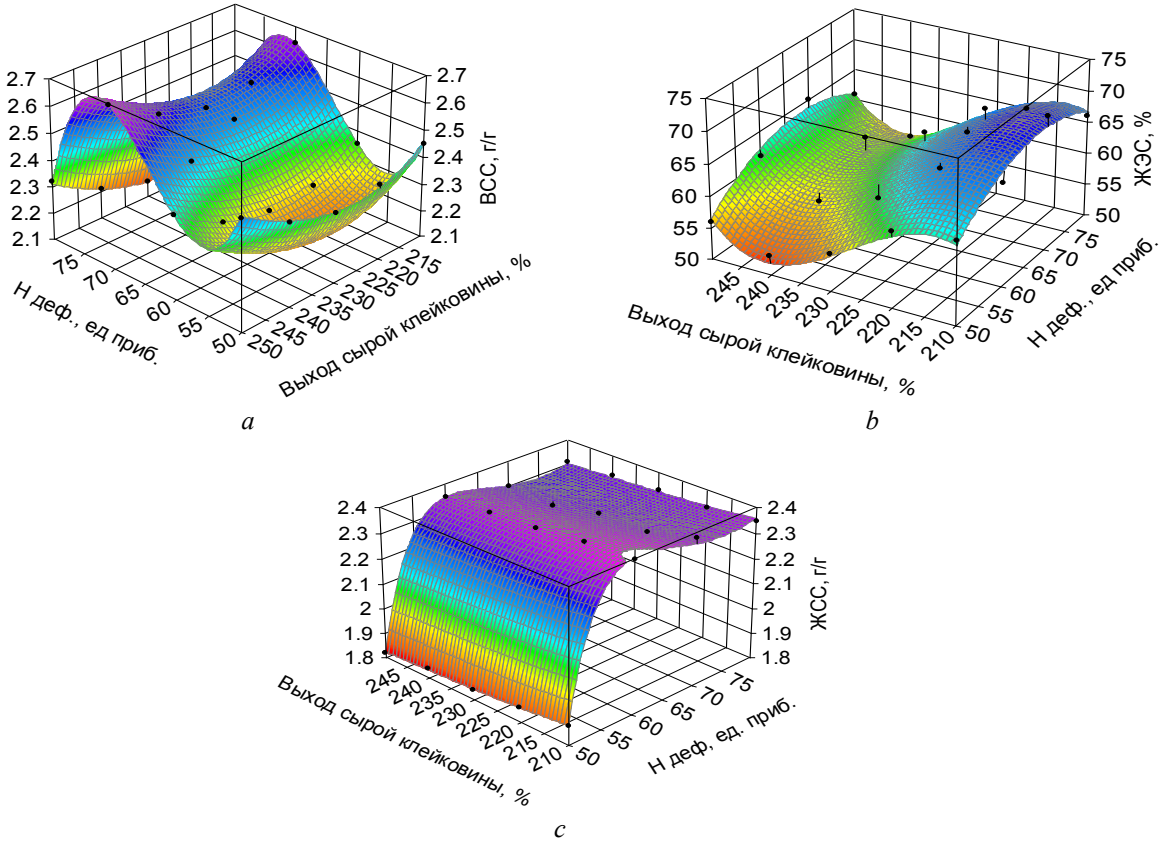


Рисунок 1. Взаимосвязь ПОС с упругостью и выходом регенерированной СПК

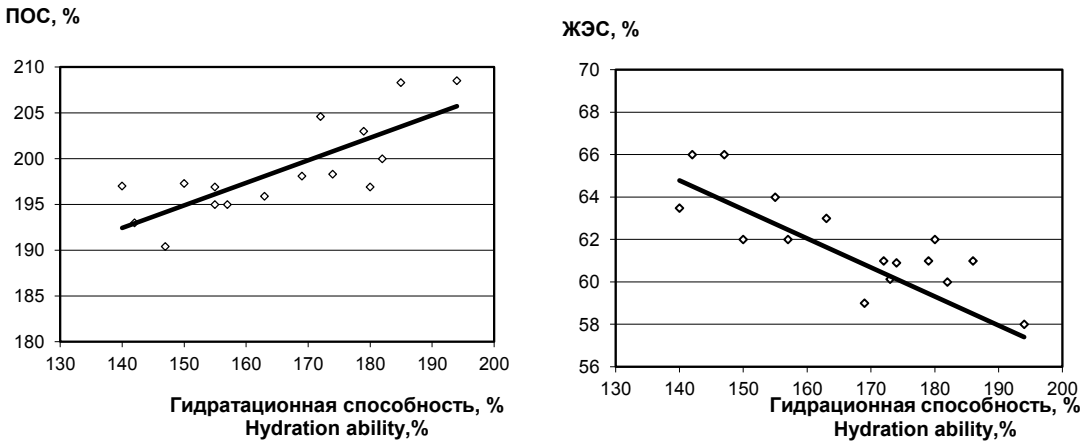
Figure 1. The relationship of the foaming capacity (FC) with elasticity and the release of the regenerated DWG



a *b* *c*

Рисунок 2. Влияние выхода и деформации сжатия СПК на функциональные свойства: *a* – ВСС; *b* – ЖЭС; *c* – ЖСС

Figure 2. Effect of yield and strain DWG compression on the functional properties: *a* – Water binding capacity (WBC); *b* – Fat emulsifying capacity (FEC); *c* – Fat binding capacity (FBC)



a *b*

Рисунок 3. Влияние гидратационной способности СПК на ПОС и ЖЭС

Figure 3. The effect of the hydration capacity of the DWG on the FC and FEC

Зависимость функциональных свойств от аминокислотного состава СПК и ее фракций

Взаимосвязь функциональных свойств СПК с особенностями аминокислотного состава белков изучали на примере 3 образцов разного качества (крепкая, хорошая, слабая) и основных ее фракций (глиадин, растворимый и нерастворимый глютенин). От соотношения и вида аминокислот, как известно, зависят поверхностные свойства белков, следовательно, и их функциональные свойства. Поэтому рассчитана сумма полярных (лизин, аспарагиновая, глютаминовая кислоты, аргинин) и неполярных аминокислот (глицин, (таблица 3) фенилаланин, аланин, лейцин, метионин, изолейцин, валин валин, пролин) в СПК и ее фракциях. Коэффициенты парной корреляции, отражающие взаимосвязь показателей аминокислотного состава СПК и ее фракций с функциональными свойствами, приведены в таблице 4.

Таблица 3.

Коэффициенты корреляции между функциональными свойствами СПК разного качества и суммой аминокислот

Table 3.

Correlation coefficients between functional properties of DWG of different quality and the amount of amino acids

	Функциональные свойства | Functional properties					
	Растворимость, % Solubility, %	ВСС, г/г	ЖСС, г/г	ЖЭС, %	ПОС, %	СП, %
Пшеничная клейковина и ее фракции (Wheat gluten and its fractions):						
Пшеничная клейковина | Wheat Gluten						
Полярные | Polar	-0, 96	0,54	0,95	-0,78	-0,66	0,22
Неполярные | Nonpolar	0,98	–0,36	–0,76	0,86	-0,11	–0,36
Глиадин | Gliadin						
Полярные | Polar	-0,97	–0,20	0,78	– 0, 84	0,21	0,21
Неполярные | Nonpolar	-0,21	–0,42	–0,30	0,70	0,79	0,99
Растворимый глютенин | Soluble glutenin						
Полярные | Polar	0,62	–0,67	–0,85	– 0,62	– 0,67	0,54
Неполярные | Nonpolar	0,88	0,62	–0,92	– 0,39	0,80	0,14
Нерастворимый глютенин | Insoluble Glutenin						
Полярные | Polar	0,24	–0,98	–0,86	– 0,61	0,97	–0,49
Неполярные | Nonpolar	0,10	0,57	–0,52	– 0,74	0,95	0,90

Таблица 4.

Аминокислотный состав пшеничной клейковины разного качества и ее фракций, г/100 г. белка

Table 4.

Amino acid composition of wheat gluten of different quality and its fractions, g/100 g of protein

Аминокислота Amino acid	Крепкая СПК | Strong SPK				Хорошая СПК | Good SEC				Слабая СПК | Weak SPK			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Лизин | Lysin	2,24	0,70	1,17	2,63	1,57	0,60	1,27	1,74	1.51	0,79	1,21	1,20
Гистидин | Gistidine	2,27	1,81	1,47	2,24	1,99	1,70	1,60	1,76	2,04	1.49	1,20	1,67
Аргинин | Arginine	3,62	2,87	2,85	3,96	3,76	2,55	3,62	4,24	3,43	2,51	3,10	3,44
Аспарагиновая кислота | Asparagus oyster	3,75	2,84	2,69	4,09	3,17	3,12	2,62	3,89	3,32	2,95	1,99	4,44
Треонин | Treonin	2,37	2,20	2,73	5,13	5,16	2,24	2,58	3,95	2,55	2,49	2,96	4,40
Серин | Serin	4,87	4,12	3,33	4,25	3,05	4,64	4,61	5,23	4,93	3,97	6,08	8,12
Глутаминовая кислота | Glutamic acid	40,16	50,86	49,56	33,15	43,59	50,53	44,36	31,88	43,66	50,96	42,06	30,47
Пролин | Prolin	18,19	18,09	17,40	12,08	17,16	20,95	15,44	10,73	19,12	18,73	14,62	8,47
Глицин | Glycine	3,96	1,89	3,43	5,32	3,66	1,69	3,51	4,37	4,16	1,63	3,55	5,90
Аланин | Alanine	3,34	2,50	2,53	2,71	3,34	2,27	2,05	2,90	2,89	2,25	1,97	3,19
Валин | Valin	4,58	5,15	4,53	3,96	5,08	5,11	3,69	4,56	4,52	4,74	3,58	3,79
Метионин | Methionine	2,13	1.64	1,78	1,79	1,73	1,48	1,21	1,33	1,91	0,95	1,21	1,59
Цистин (1/2) | Cistine (1/2)	5,43	5,10	5,74	5,10	3,25	2,72	3,91	2,81	1,91	2,84	4,23	2,60
Изолейцин | Isoleycin	4,80	5,10	3,65	2,95	4,49	4,84	3,42	3,33	4,42	4,42	3,32	3,26
Лейцин | Leycin	7,84	8,44	7,34	6,82	8,08	7,83	6,34	7,33	7,99	7,15	5,92	6,37
Тирозин | Tyrosine	3,88	3,01	3,53	3,90	3,65	2,87	3,55	3,45	3,48	2,88	3,48	4,62
Фенилаланин | Phenylalanine	6,76	6,61	5,97	4,06	7,48	7,07	5,25	5,49	7,05	6,68	5,20	2,83
Сумма полярных аминокислот Polar amino acids	49,77	57,27	56,27	43,83	52,09	56,80	50,60	41,75	51,92	57,21	44,05	39,55
Сумма неполярных аминокислот Nonpolar amino acids	52,20	49,42	46,63	39,69	51,02	51,27	40,91	40,04	52,06	46,55	39,93	35,4

Примечание: 1 – клейковина; 2 – глиадин; 3 – растворимый глютенин; 4 – нерастворимый глютенин
Note: 1 – gluten; 2 – gliadin; 3 – soluble glutenin; 4 – insoluble glutenin

Установлено, что у целого комплекса СПК разного качества высокая положительная корреляция между суммой полярных аминокислот и ЖСС, высокая отрицательная – между суммой этих же аминокислот и растворимостью. Высокая взаимосвязь обнаружена для ЖЭС и суммы неполярных аминокислот (r = 0,86). Для глиадиновой фракции закономерности взаимосвязи суммы полярных аминокислот с ЖСС и растворимостью аналогичные закономерностям целого комплекса СПК, а для суммы неполярных аминокислот выявлена дополнительная взаимосвязь: чем выше их содержалось в глиадине, тем больше ПОС, СП и ЖЭС

клейковины (r = 0,70±0,99). Для суммы неполярных аминокислот в растворимой фракции имелась высокая отрицательная корреляция с ЖСС, высокая положительная – с растворимостью и ПОС. Чем больше сумма полярных аминокислот во фракции, тем меньше значения ЖСС, ЖЭС, ПОС, но выше растворимость СПК. Функциональные свойства СПК взаимосвязаны и с особенностями аминокислотного состава нерастворимого глютенина: чем больше содержалось в нем неполярных аминокислот, тем выше значения ПОС, стабильности пены и ЖЭС. Количество полярных аминокислот также прямо пропорционально значениям ПОС, но обратно пропорционально значениям ВСС и ЖСС.

Заключение

Разработку способов регулирования функциональных свойств СПК биотехнологическими методами целесообразно осуществлять с учетом зависимости их от показателей качества и аминокислотного состава. Для растворимости белков СПК установлена высокая положительная корреляция с суммой неполярных аминокислот как целой клейковины (r = 0,98), так и ее фракций: глиадина и растворимого глютенина. Для ВСС клейковины характерна обратная зависимость от суммы полярных аминокислот обеих фракций глютенина, для ЖСС – прямая зависимость от суммы полярных аминокислот глиадина и целой клейковины и, обратная – от суммы неполярных аминокислот спирторастворимой фракции. ЖЭС положительно коррелировала с суммой неполярных аминокислот целого комплекса клейковины и глиадина и отрицательно – с суммой полярных аминокислот СПК и всех ее фракций. Функциональные свойства СПК возможно предсказывать и, исходя из показателей качества регенерированного комплекса – гидратации и деформации сжатия (упругости). Наибольшей ПОС обладала СПК с гидратационной способностью 190–200%, наибольшей ЖЭС – со значениями 140–150%. В целях обеспечения большей ПОС целесообразно использовать СПК с $H_{деф.}$ 70–80 ед. приб., большей способности эмульгировать и связывать жир – со значениями 60–80 ед. приб., связывать воду – с показателем упругости СПК 50–70 ед. приб.

ЛИТЕРАТУРА

1 Majzoobi M., Abedi E. Effects of pH changes on functional properties of native and acetylated wheat gluten // International Food Research Journal. 2014. V. 21. № 3. P. 1219–1224.

2 Zhang H., Claver I.P., Zhu K.–X., Zhou H. The effect of ultrasound on the functional properties of wheat gluten // Molecules. 2011. V. 16. P. 4231–4240. doi: 10.3390/molecules16054231

3 Ma F., Baik B.–K. Qualitative effect of added gluten on dough properties and quality of chinese steamed bread // Cereal Chemistry. 2017. V. 94. № 5. P. 827–833. doi: 10.1094/cchem-11–16–0274-R

4 Noorfarahzilah M., Lee J.S., Sharifudin M.S., Mohd F.A. et al. Applications of composite flour in development of food products // International Food Research J. 2014. V. 21. № 6. P. 2061–2074.

5 Batey I.L., Huang W. Gluten and modified gluten // Encyclopedia of Food Grains. 2016. V. 3. P. 408–413. doi: 10.1016/B978–0–12–394437–5.00157–1

6 Zhang H., Claver I.P., Li Q., Zhu K. et al. Structural modification of wheat gluten by dry heat-enhanced enzymatic hydrolysis // Food Technology and Biotechnology. 2012. V. 50. № 1. P. 53–58.

7 Kolpakova V.V., Chumikina L.V., Vasil'ev A.V., Arabova L.I. et al. Wheat gluten proteolysis by enzyme preparations of directional action // International Journal of Agronomy and Agricultural Research. 2014. V. 5. № 2. P. 72–86.

8 Elli L., Roncoroni L., Hils M., Pasternack R. et al. Imunological effects of transglutaminase-treated gluten in celiac disease // Human Immunology. 2012. V. 73. P. 992–997.

9 American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists: 10th ed. 2000. Methods 44–15A, 46–12, 08–01, 66–50, 76–13, 30–10.

10 Колпакова В.В., Молчанова Е.Н., Васильев А.В., Чумикина Л.В. Физико-химические свойства белков пшеницы, выращенной в резко-контрастных климатических условиях // Прикладная биохимия и микробиология. 2007. Т. 43. № 3. С. 382–389.

11 Kolpakova V.V., Chumikina L.V., Arabova L.I., Lukin D.N. et al. Functional technological properties and electrophoretic composition of modified wheat gluten // Foods and Raw Materials. 2016. V. 4. № 2. P. 48–57. doi: 10.21179/2308-4057-2016-2-48-57

REFERENCES

1 Majzoobi M., Abedi E. Effects of pH changes on functional properties of native and acetylated wheat gluten. International Food Research Journal. 2014. vol. 21. no. 3. pp. 1219–1224.

2 Zhang H., Claver I.P., Zhu K.–X., Zhou H. The effect of ultrasound on the functional properties of wheat gluten. Molecules. 2011. vol. 16. pp. 4231–4240. doi: 10.3390/molecules16054231

3 Ma F., Baik B.–K. Qualitative effect of added gluten on dough properties and quality of chinese steamed bread. Cereal Chemistry. 2017. vol. 94. no. 5. pp. 827–833. doi: 10.1094/cchem-11–16–0274-R

4 Noorfarahzilah M., Lee J.S., Sharifudin M.S., Mohd F.A. et al. Applications of composite flour in development of food products. International Food Research J. 2014. vol. 21. no. 6. pp. 2061–2074.

5 Batey I.L., Huang W. Gluten and modified gluten. Encyclopedia of Food Grains. 2016. vol. 3. pp. 408–413. doi: 10.1016/B978–0–12–394437–5.00157–1

6 Zhang H., Claver I.P., Li Q., Zhu K. et al. Structural modification of wheat gluten by dry heat-enhanced enzymatic hydrolysis. Food Technology and Biotechnology. 2012. vol. 50. no. 1. pp. 53–58.

7 Kolpakova V.V., Chumikina L.V., Vasil'ev A.V., Arabova L.I. et al. Wheat gluten proteolysis by enzyme preparations of directional action. International Journal of Agronomy and Agricultural Research. 2014. vol. 5. no. 2. pp. 72–86.

8 Elli L., Roncoroni L., Hils M., Pasternack R. et al. Imunological effects of transglutaminase-treated gluten in celiac disease. Human Immunology. 2012. vol. 73. pp. 992–997.

9 American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists: 10th ed. 2000. Methods 44–15A, 46–12, 08–01, 66–50, 76–13, 30–10.

10 Kolpakova V.V., Molchanova E.N., Vasilyev A.V., Chumikina L.V. Physico-chemical properties of wheat proteins grown in sharply contrasting climatic conditions. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya* [Applied biochemistry and microbiology]. 2007. vol. 43. no. 3. pp. 382–389. (in Russian).

11 Kolpakova V.V., Chumikina L.V., Arabova L.I., Lukin D.N. et al. Functional technological properties and electrophoretic composition of modified wheat gluten. Foods and Raw Materials. 2016. vol. 4. no. 2. pp. 48–57. doi: 10.21179/2308-4057-2016-2-48-57

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Валентина В. Колпакова главный научный сотрудник, д.т.н., профессор, Всероссийский научно-иссследовательский институт крахмалопродуктов – филиал «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, ул. Некрасова, 11, п. Красково, 140051, Россия, val-kolpakova@rambler.ru

Владимир А. Коваленок главный научный сотрудник, д.т.н., профессор, Всероссийский научно-иссследовательский институт крахмалопродуктов – филиал «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, ул. Некрасова, 11, п. Красково, 140051, Россия, vak-49@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Валентина В. Колпакова консультация в ходе исследования
Владимир А. Коваленок написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 17.01.2019
ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 19.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Valentina V. Kolpakova lead researcher, Dr. Sci. (Engin.), professor, All-Russian Scientific Research Institute of Starch Products – a branch of the V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Nekrasova St., 11, Kraskovo settlement, 140051, Russia, val-kolpakova@rambler.ru

Vladimir A. Kovalenok lead researcher, Dr. Sci. (Engin.), professor, All-Russian Scientific Research Institute of Starch Products – a branch of the V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Nekrasova St., 11, Kraskovo settlement, 140051, Russia, vak-49@mail.ru

CONTRIBUTION

Valentina V. Kolpakova consultation during the study
Vladimir A. Kovalenok wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.17.2019
ACCEPTED 2.19.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 640

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-181-189

Модификация функциональных свойств белковых концентратов из белого и коричневого риса

Валентина В. Колпакова [1] val-kolpakova@rambler.ru
Людмила В. Чумикина [2] chumikina@mail.ru
Лидия И. Арабова [2] l.arabova@gmail.com

[1] Всероссийский научно-иссследовательский институт крахмалопродуктов, ул. Некрасова, 11, п. Красково, 140051, Россия
[2] Институт биохимии им. А.Н. Баха, Ленинский пр-т, 33, кор.2, Москва, 119071, Россия

Аннотация. Целью исследования явилась сравнительная характеристика функциональных свойств белковых концентратов (БК), полученных из белого и коричневого риса, модифицированных добавлением цитрата кальция на стадии осаждения белков и протеолизом со степенью гидролиза 3,89-4,16%. Определены оптимальные условия протеолиза БК с ферментными препаратами (ФП) эндопротезного (Protamex®, Neutrase 1.5 MG) и комбинированного эндопротезного и экзопептидазного действия (Flavourzyme 500 MG). Концентрация субстрата составила 25%, концентрация ФП – 1,0-1,5 Е/г белка, температура 50-55 ℃, pH 5,0-6,2, продолжительность гидролиза 150-195 мин. Установлено, что функциональные свойства более высокие у БК, полученного из белого риса, чем у БК из коричневого риса. Так, пенообразующая способность выше в 5-6 раз, но стабильность пены у БК из коричневого риса отсутствовала. У БК, полученных из обоих видов риса с добавлением цитрата кальция (БКК) на стадии осаждения белка, функциональные свойства более низкие, чем у немодифицированных БК. У белковых концентратов, гидролизованных с помощью ферментных препаратов (БГК), наоборот, наблюдалась более высокая растворимость, водосвязывающая, пенообразующая способность, тогда как жиросвязывающая способность и жироэмульгирующие свойства, наоборот, были более низкие, чем у БК, не подвергнутых протеолизу. Пенообразующая способность у БГК из белого риса приравнивалась к пенообразующей способности яичного альбумина (300%). Выбирая, таким образом, способ модификации, параметры протеолиза и вид зерна (белый, коричневый рис), можно регулировать функциональные свойства белковых концентратов для выбора направления их использования с целью стабилизации технологических процессов производства и улучшения качества пищевых продуктов.

Ключевые слова: белый рис, коричневый рис, белковый концентрат, протеолиз, функциональные свойства

Modification of functional properties of white and brown rice protein concentrates

Valentina V. Kolpakova [1] val-kolpakova@rambler.ru
Ludmila V. Chumikina [2] chumikina@mail.ru
Lidia I. Arabova [2] l.arabova@gmail.com

[1] All-Russian Scientific Research Institute of Starch Products, Nekrasova St., 11, Kraskovo settlement, 140051, Russia
[2] Federal Research Centre “Fundamentals of Biotechnology” of the Russian Academy of Sciences, Leninsky av., 33/2, Moscow, 119071, Russia

Abstract. The aim of the study was a comparative characteristic of the functional properties of protein concentrates (PC) obtained from white and brown rice, modified by the addition of calcium citrate at the stage of protein deposition and proteolysis with a degree of hydrolysis of 3.89-4.16%. Optimal conditions of PC proteolysis with enzyme preparations of endoproteolytic (Protamex, Neutrase 1.5 MG) and combined endoproteolytic and exopeptidase action (Flavourzyme 500 MG) were determined. Substrate concentration was 25%, the concentration of enzyme preparation – 1.0 to 1.5 U/g protein, temperature 50-55 ℃, pH 5,0-6,2, length 150-195 min hydrolysis showed that the functional properties higher the PC, derived from white rice than PC brown rice. Thus, the foaming capacity is higher by 5-6 times, but the stability of the foam in PC from brown rice was absent. PC obtained from both rice species with the addition of calcium citrate (PCC) at the protein deposition stage has lower functional properties than unmodified PC. In protein concentrates hydrolyzed by enzyme preparations (PHC), on the contrary, there was a higher solubility, water-binding, foaming ability, while the fat-binding ability and fat-emulsifying properties, on the contrary, were lower than in PC, not subjected to proteolysis. The foaming capacity of white rice PHC was equated to the foaming capacity of egg albumin (300%). Choosing, thus, a method of modification, proteolysis parameters and type of grain (white or brown rice), it is possible to adjust the functional properties of protein concentrates to select the direction of their use in order to stabilize technological processes of production and improve food quality.

Keywords: white rice, brown rice, protein concentrates, proteolysis, functional properties

Введение

Рис – важнейшая зерновая культура. Его употребляют в виде вареной крупы, муки, ее перерабатывают на спирт, пиво, используют при выпечке хлеба, для приготовления кондитерских, рыбных, молочных, мясных изделий [1–7]. Рисовая мука заменяет нативные, модифицированные крахмалы, концентраты и изоляты соевых белков. Рисовые продукты полезны для людей всех возрастов, особенно детей, так как являются источником незаменимых аминокислот, легко усвояемых минеральных веществ (натрий, калий,

Для цитирования
Колпакова В.В, Чумикина Л.В., Арабова Л.И. Модификация функциональных свойств белковых концентратов из белого и коричневого риса // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 181–189. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-181-189

For citation
Kolpakova V.V, Chumikina L.V., Arabova L.I. Modification of functional properties of white and brown rice protein concentrates. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 181–189. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-181-189

магний, фосфор, цинк), витаминов группы В, лизина, содержание которого в зерне и отрубях может достигать 3,0–4,4% [8–10]. В продуктах из зерна риса обнаружена антиоксидантная активность, связанная с веществами фенольной природы [11–13]. Красновато-коричневый пигмент зерновок представляет смесь катехол-танинов, катехинов и флавофанов, которые могут оказывать влияние на процессы выделения и функциональные свойства белковых препаратов. У продуктов, полученных из коричневого риса, обнаружено антидиабетическое свойство, которое обеспечивается присутствием соединений для предотвращения осложнений при диабете типа 2 [14]. Белки риса не содержат белковые компоненты, которые даже у некоторых здоровых людей вызывают целиакию (нарушение пищеварения), поэтому их применяют в диетической безглютеновой диете [15, 16]. В рационе больных целиакией не должны присутствовать продукты из пшеницы, ржи, овса, ячменя, тогда как продукты из риса могут входить в меню данной группы людей [17,18], потому что в его составе большая часть приходится на белки глютелиновой фракции [19]. Для получения белковых продуктов часто используют растворы щелочи, которые могут денатурировать нативные белки и разрушать структуру аминокислот, чаще – лизина [20–22]. В результате могут ухудшаться свойства белковых продуктов, поэтому разрабатывают способы выделения продуктов в комплексе с ферментными препаратами (9; 23–26).

Нами разработаны способы получения двух видов белковых концентратов (БК) из рисовой муки, смолотой из белого и коричневого риса, предназначенных для больных целиакией, но без растворов щелочи. Для этого рисовую муку обрабатывали ферментными препаратами (ФП) амилазного и ксиланазного действия с последующим воздействием на сырье разбавленной соляной кислотой [27]. Для получения БК белки из раствора осаждали в изоэлектрической точке (pH 7,2 ± 0,2). При получении белково-кальциевых концентратов (БКК) их также осаждали в изоэлектрической точке, но с использованием трехзамещенного цитрата кальция. БК и БКК, полученные из белого и коричневого риса, отличались между собой по массовой доле белка, крахмала, минеральных веществ (кальций, калий, магний, железо и др.). Различия в химическом составе и пищевой ценности БК и БКК могли отразиться и на их функциональных свойствах, значения которых важны для использования БК в производстве различных видов пищевых продуктов. Следовательно, актуальным было исследование функциональных свойств БК и БКК, полученных по нашим способам, в которых не использовались растворы щелочи.

Функциональные свойства БК определяются физико-химическими и структурными особенностями их белков [28–31]. К наиболее важным функциональным свойствам белков относятся растворимость, водосвязывающая, жиросвязывающая способность, способность стабилизировать дисперсные системы (эмульсии, пены, суспензии) [32]. Для улучшения качества пищевых изделий проводят модификацию функциональных свойств БК физико-химическими, химическими, энзиматическими методами. Наиболее безопасную модификацию осуществляют с протеазами различного происхождения, при этом эффективность процесса зависит от температуры, pH, времени обработки, концентрации [33]. Для вновь полученных объектов всегда проводят исследования.

Цель работы – разработка параметров ограниченного протеолиза БК с ферментными препаратами и сравнительная характеристика функциональных свойств нативных и модифицированных белковых и белково-кальциевых концентратов, полученных из белого и коричневого риса методом протеолиза.

Материалы и методы

Использовали муку из белого риса марки “Гао там” и коричневого риса “Тхай Зыонг” (Вьетнам). Муку получали измельчением зерна, частицы которого проходили через сито № 43 ПА-70. Для гидролиза белков использовали ФП фирмы «Novozymes» (Дания) эндопротеазного действия (Protamex® и Neutrase 1,5 MG) и комплексного эндопротеазного и экзопептидазного действия (Flavourzyme 500 MG) с протеолитической активностью 125, 105 и 85 ед./г соответственно. Активность ФП определяли модифицированным методом Ансона. Все реагенты были химически чистые.

Белковые и белково-кальциевые концентраты из муки, смолотой из белого и коричневого риса, получали по способам, разработанным и описанным нами ранее в работе [27]. Для получения белковых гидролизованных концентратов (БГК) из обоих видов риса навеску БК смешивали с раствором ФП в дистиллированной воде, взятой в количестве, зависящем от величины гидромодуля. Образец выдерживали 30–210 мин при температуре 30–70 °С, после чего образцы

сразу же высушивали лиофильно на установке Continuous Freeze Drye (US) до влажности 4–9%.

Химический состав. Массовую долю белка в продуктах определяли по методу Кьельдаля на приборе Kjeltek фирмы «Tecator» (Швеция), влаги, золы, жира и сырой клетчатки (метод Кюшнера и Ганака) – по методам, изложенным в руководстве (Nechaev et al., 2006). Массовую долю углеводов рассчитывали путем вычета из 100 г массовой доли белка, жира, золы и влаги, г. *Аминный азот в гидролизатах белков* определяли методом формольного титрования, принцип которого основан на блокировании свободных аминогрупп формальдегидом (pH 7,0) и титровании раствором щелочи карбоксильных групп. Начало и конец титрования определяли потенциометрически. В пробирку отбирали 4,5±0,0001 г гидролизата, добавляли 65 см^3 дистиллированной воды и диспергировали в гомогенизаторе 4–5 мин. Раствор центрифугировали при 6000 g 20 мин, надсадочную жидкость сливали. Из нее отбирали пробу 5 см^3 и переносили в колбу с 20 см^3 воды. Нейтрализацию раствора проводили 0,1 моль/дм^3 NaOH. Раствор щелочи добавляли по каплям при постоянном перемешивании, следя за показаниями потенциометра. При pH 7,0 к раствору добавляли 0,5 см^3 формольной смеси с фенолфталеином и титровали 0,1 н раствором NaOH до pH 9,1–9,5, что соответствовало ярко-красному окрашиванию пробы. *Степень гидролиза БК* определяли по количеству аминного азота, выраженного в процентах по отношению к общему количеству аминного азота. Общее количество аминного азота определяли после полного гидролиза образца с 6 моль/дм^3 HCl. Степень гидролиза белков (Dh) рассчитывали по формуле $Dh = Cs / Cc \cdot 100$, где C_s – содержание общего аминного азота аминокислот в образце, %; C_c – содержание аминного азота в гидролизованном образце. *Функциональные свойства* БК, БКК, БГК определяли по методикам, описанным в работе [34]. Все результаты представлены как средние 3–5 экспериментов с применением методов дисперсного и корреляционного анализов с Q-тестом и программ Statistica 6.0 и Tablecurve 3D.

Результаты и обсуждение

Из таблицы 1, в которой представлен химический состав БК, видно, что все они содержали более 70% белка, поэтому отнесены к группе «концентраты». БК из коричневого риса содержали на 5–6% меньше белка, но больше крахмала, чем БК, выделенные из белого риса, тогда как содержание зольных элементов, клетчатки и жира почти одинаковое. Возможно, что в БК из коричневого риса белки прочно взаимодействовали с красящими веществами и влияли на их массовую долю в препаратах.

Таблица 1.

Химический состав концентратов

Table 1.

Chemical composition of protein concentrates

Компоненты Components	Белый рис White rice		Коричневый рис Brown rice	
	БК	БКК	БК	БКК
	Массовая доля, г/100 г продукта Mass fraction, g/100 g of product			
Влага Moisture	5,00 ± 1,11	5,00 ± 1,01	5,10 ± 0,09	5,01 ± 0,08
Белок Protein	84,1 ± 1,12	84,10 ± 1,20	79,00 ± 0,07	79,00 ± 0,60
Крахмал Starch	10,2 ± 1,20	9,60 ± 1,02	15,10 ± 1,20	14,00 ± 1,61
Клетчатка Cellulose	0,30 ± 0,05	0,36 ± 0,03	0,30 ± 0,08	0,30 ± 0,09
Жир | Fat	0,32 ± 0,06	0,33 ± 0,04	0,33 ± 0,07	0,36 ± 0,08
Зола | Ash	0,31 ± 0,03	1,30 ± 0,07	0,25 ± 0,04	1,25 ± 0,16

Разработка параметров ферментативного протеолиза БК

Влияние технологических факторов на процесс протеолиза сначала исследовали для БК, полученного из белого риса с ФП Protamex®. Влияние массовой доли субстрата и продолжительности гидролиза на содержание аминного азота изучали при концентрации БК от 20 ÷ 35% в дистиллированной воде при pH 6,2 Показано, что наибольшее количество азота выделялось при 25% БК (рисунок 1), 50 °C и 150–180 мин гидролиза (рисунок 2). Наиболее эффективным значением pH для действия фермента являлось 5,0–6,0 при продолжительности гидролиза 120–180 мин (рисунок 3). Наибольшее количество аминного азота выделялось при концентрации ФП 1,0–1,4 Е/г (рисунок 4). Таким образом, для ФП Protamex® и БК параметры гидролиза: температура 50 °C, концентрация субстрата 25%, концентрация ФП 1,0–1,4 Е/г, pH = 5,0–6,0, продолжительность 150–180 мин. Максимальное количество аминого азота (900–920 мг%) выделялось при степени протеолиза 3,89–4,03%.

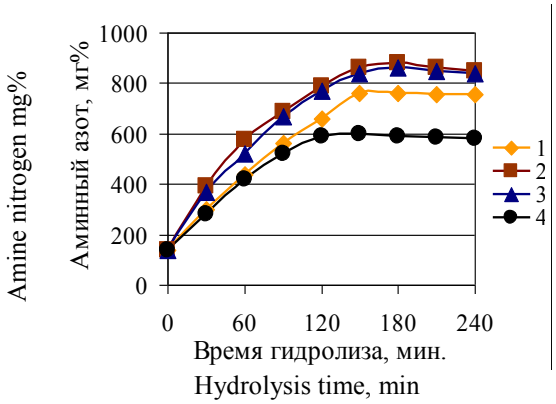


Рисунок 1. Влияние продолжительности гидролиза и массовой доли субстрата (%) на содержание аминного азота, %: 1 – 20; 2 – 25; 3 – 30; 4 – 35

Figure 1. Effect of the duration of hydrolysis (minutes) and the mass fraction of the substrate (%) on the content of amine nitrogen, %: 1 – 20; 2 – 25; 3 – 30; 4 – 35

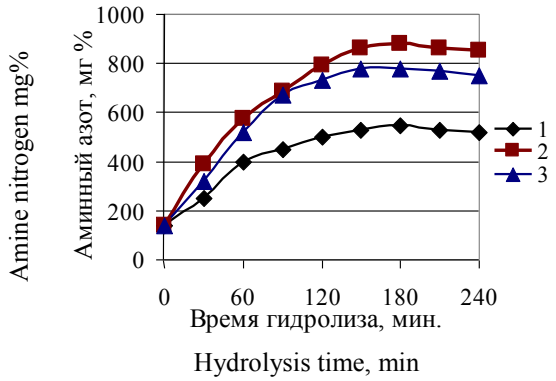


Рисунок 2. Влияние продолжительности гидролиза и температуры на содержание аминного азота, °С: 1–40; 2–50; 3–60

Figure 2. Influence of temperature and duration of hydrolysis on the content of amine nitrogen, °C: 1–40; 2–50; 3–60

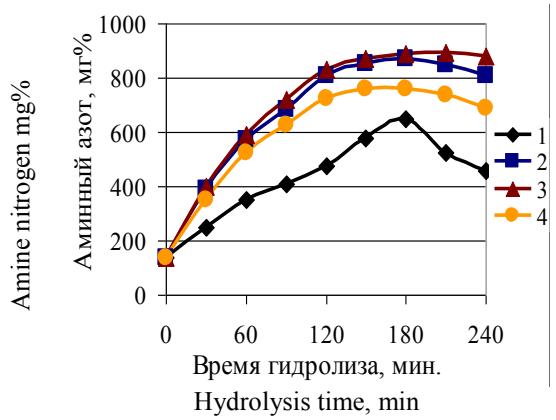


Рисунок 3. Влияние pH и продолжительности гидролиза на содержание аминного азота, pH: 1 – 4,0; 2 – 5,0; 3 – 6,0; 4 – 7,0

Figure 3. Effect of pH and duration of hydrolysis on the content of amine nitrogen, pH: 1 – 4.0; 2 – 5.0; 3 – 6.0; 4 – 7.0

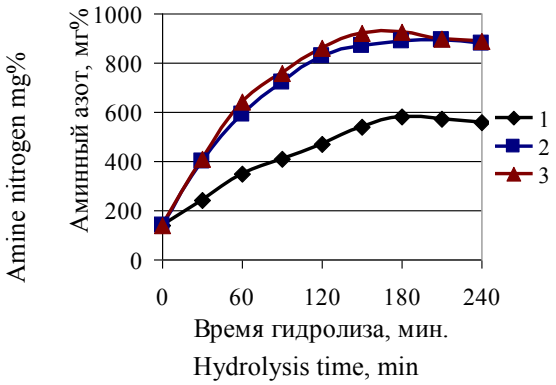


Рисунок 4. Влияние концентрации ФП на содержание аминного азота, Е/г белка: 1 – 0,6; 2 – 1,0; 3 – 1,4

Figure 4. Effect of the concentration of Protamex® on the content of amine nitrogen, E / g protein: 1 – 0.6; 2 – 1.0; 3 – 1.4

Параметры гидролиза рисового БК с ФП Protamex® использованы для протеолиза с эндопротеиназным ФП Neutrase 1.5 MG при концентрации 0,6, 1,0 и 1,4 Е/г и продолжительности 180 мин. Показано, что количество аминного азота, выделившегося с ФП Protamex®, больше на 11–23%, чем количество с ФП Neutrase 1,5 MG. Следовательно, Protamex® является более эффективным препаратом для протеолиза рисовых БК, чем Neutrase 1,5 MG, как и для пшеничной клейковины [35].

Параметры протеолиза с ФП Protamex® использовали и для определения оптимальных режимов гидролиза рисовых БК с ФП Flavourzyme 500 MG, содержащим эндопротеазную и экзопептидазную активность. Для получения результатов по влиянию различных факторов на содержание аминного азота использовали методы математического планирования эксперимента. Массовая доля субстрата 25%, pH = 6,0 – 6,2 (const). Время гидролиза (X_3) изменяли в интервале 60÷240 мин, температуру (X_1) – в диапазоне 40–60 °С, концентрацию ФП (X_2) – от 0,3 до 1,5 Е/г белка. По данным эксперимента с помощью программы TableCurve 3D построены поверхности отклика для аминного азота (рисунок 5). Обработка данных в программах Matematika и Table Curve позволила получить оптимальные параметры гидролиза БК для точек экстремума максимума аминного азота: температура 55 °С, концентрация ФП – 1,5 Е/г белка, время гидролиза – 195 мин. Степень протеолиза при этом составила не более 4,16%:

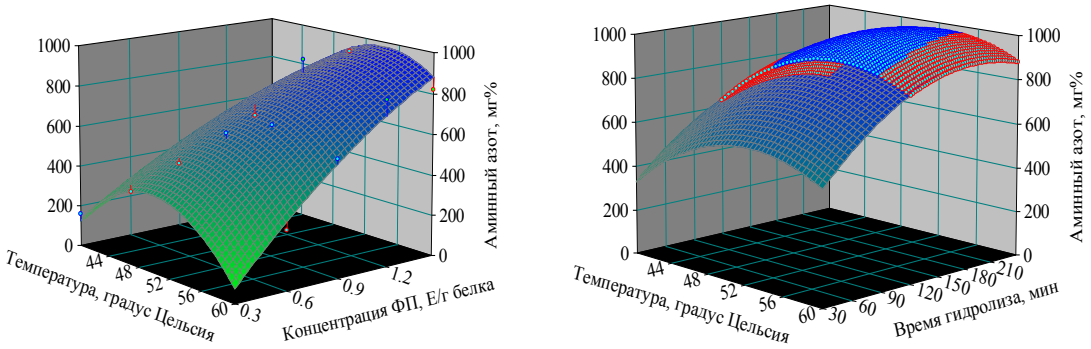


Рисунок 5. Зависимость количества аминного азота от параметров гидролиза

Figure 5. Dependence of the amount of amine nitrogen on hydrolysis parameters

$$Y = -5341{,}16 + 134{,}2741X_1 - 18{,}9436X_2 + 2{,}549306X_3 - 1{,}38757X_1^2 - 103{,}741X_2^2 - 0{,}0729X_3^2 + 10{,}54811X_1X_2 + 0{,}005208X_2X_3 + 0{,}0143X_1X_3.$$

Функциональный свойства БК и влияние на них различных факторов

Для оценки возможности использования БК в производстве различных пищевых изделий изучены их функциональные свойства. Нами исследовано по три вида концентратов из белого и коричневого риса: БК, БКК и БГК. ЖСС, ВСС и растворимость БК из белого риса выше на 10–15%, чем аналогичные свойства БК из коричневого риса. Значительные различия обнаружены и для свойств пены: ПОС почти в 5–6 раз выше у БК из белого риса, чем из коричневого риса; стабильность пены у последнего вообще отсутствовала.

Осаждение белков солями кальция практически не влияло на растворимость, ЖСС и ЖЭС. Значения функциональных свойств у БК из белого риса по-прежнему оставались несколько выше, чем у БК из коричневого риса. По ВСС, ЖСС, ЖЭС и растворимости белки белого риса, полученные с осаждением цитратом кальция и без него, практически не отличались друг от друга, тогда как ПОС у обоих БКК была ниже: из белого риса – на 11%, из коричневого – на 52%. Стабильность пены концентратов, выделенных из белого риса, понизилась на 18%, а у БК из коричневого риса она вновь отсутствовала. Следовательно, пенообразующие свойства концентратов изменялись под влиянием соли цитрата кальция, используемого при осаждении белков.

Функциональные свойства БГК из белого и коричневого риса, полученных с ФП Protamex®, отличались от свойств негидролизованных БК. Так, ВСС у БГК белого риса на 19% выше, а ПОС – в 3 раза больше, тогда как ЖСС, ЖЭС и СЭ, наоборот, несколько меньше (до 8%), чем у негидролизованных БК. Аналогичная закономерность установлена и для БГК из коричневого риса: ВСС выше на 14%, ПОС – в 3,5 раза, а ЖСС, ЖЭС и СЭ у БГК, наоборот, на 7–15% ниже. Растворимость белков обоих БГК повышалась в 11–14 раз. Важно отметить, что БГК из белого риса обладал всегда более высокими функциональными свойствами, чем БГК из коричневого риса: ВСС, ЖСС, ЖЭС и СЭ выше на 7–18%, ПОС – в 5 раз, растворимость больше на 21%. Пена у БГК, как и у БК и БКК из коричневого риса, также не обладала стабильностью.

Функциональные свойства белковых продуктов зависят от условий их применения, поэтому изучали влияние pH на их функциональные свойства на модельных растворах, варьируя значения pH в 0,01 М К, Na-буферных растворах. Растворимость белков, выраженная в % от общего количества их в навеске, при всех значениях pH, кроме изоэлектрической точки (около 7), в сильнокислых и сильнощелочных средах была выше у БК из белого риса, чем из коричневого (рисунок 6).

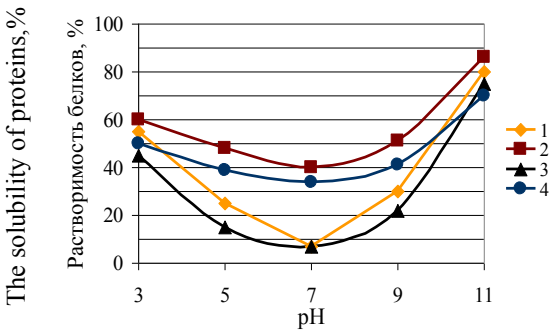


Рисунок 6. Растворимость БК при разных значениях pH: БК из белого риса: 1 – БК; 2 – ГБК; БК из коричневого риса: 3 – БК; 4 – ГБК

Figure 6. The solubility of PC at different pH values: PC of white rice: 1 – PC; 2 – HPC; PC from brown rice: 3 – PC; 4 – HPC

При pH 5÷9 растворимость белков в 2,0–2,7 раза выше у БГК, чем у негидролизованных БК. Даже в изоэлектрической точке она более высокая (34–40%), поэтому данные продукты перспективны для изготовления коктейлей, напитков, мучных кондитерских изделий, приготовленных с разрыхлителями (pH 7,5–9,5). Выявленные различия в растворимости концентратов, полученных из двух видов риса, в целом сохранялись и в диапазоне значений pH от 4 до 8 для ВСС, ЖСС, ПОС и ЖЭС (рисунок 7). Однако прослеживалась и другая закономерность: в слабокислых средах при pH 4–6 значения ВСС, ЖСС, ЖЭС и ПОС ниже, чем в нейтральной и слабощелочной среде. Наиболее высокие показатели наблюдались при нейтральном и слабощелочном значении pH (8,0). При данных условиях в большей степени изменялись ЖЭС, ВСС и ЖСС, в меньшей степени – ПОС.

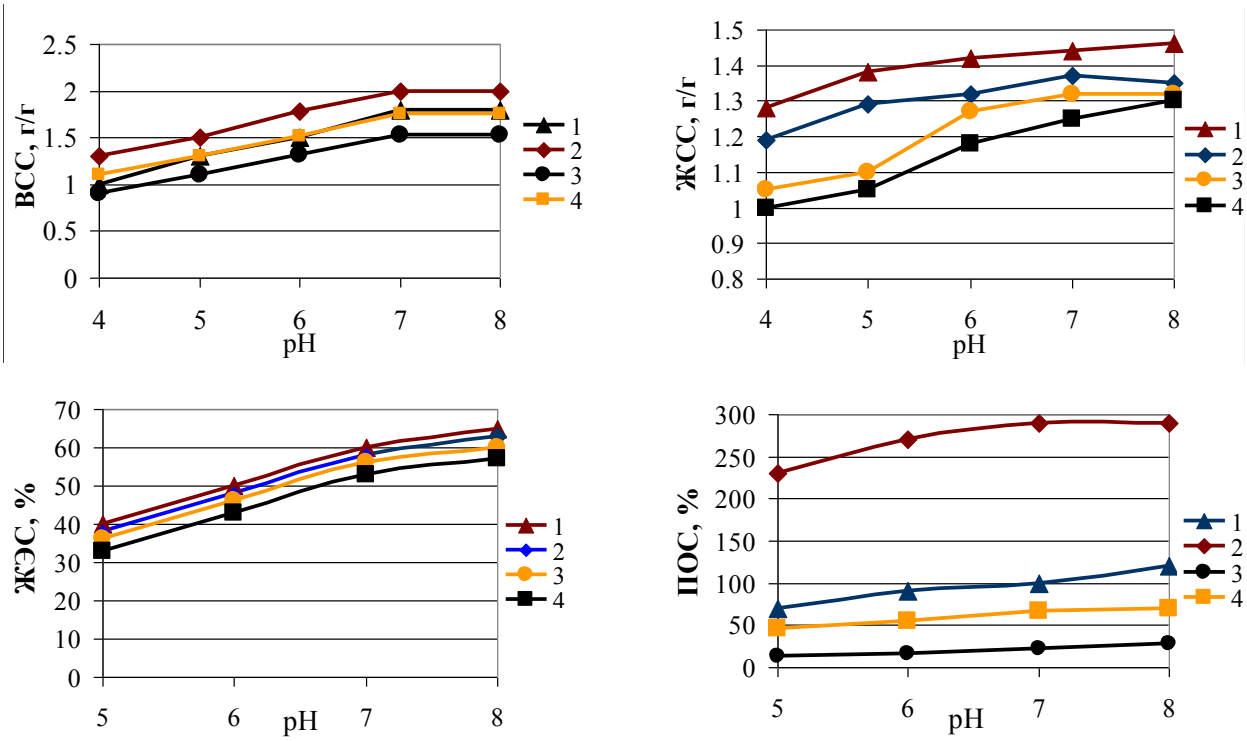


Рисунок 7. Влияние pH среды на функциональные свойства БК: концентраты из белого риса: 1 – БК; 2 – БГК; концентраты из коричневого риса: 3 – БК; 4 – БГК

Figure 7. The effect of pH on the functional properties of PC: concentrates of white rice: 1 – PC; 2 – HPC; brown rice concentrates: 3 – PC; 4 – HPC

Заключение

Разработаны процессы протеолиза БК и БКК, полученных из белого и коричневого риса. Определены оптимальные условия для гидролиза БК с ФП эндопротезного действия (Protamex® , Neutrase 1.5MG) и комбинированного эндопротезного и экзопептидазного действия (Flavourzyme 500 MG) для достижения степени протеолиза 3,89–4,16%: концентрация субстрата 25%, концентрация ФП – 1,0–1,5 Е/г белка, температура 50–55 °С, pH = 5,0–6,2, время гидролиза 150–195 мин.

Функциональные свойства выше у БК из белого риса, чем у БК из коричневого риса: ПОС почти в 5–6 раз выше, а стабильность пены у белков из коричневого риса вообще отсутствовала. Под влиянием цитрата кальция, используемого для осаждения белков, функциональные свойства БК незначительно, но ухудшались. Функциональные свойства модифицированных БК из обоих видов риса после ферментативного гидролиза изменялись неоднозначно: ВСС, ПОС и растворимость повышались, а ЖСС, ЖЭС и СЭ, наоборот, понижались по сравнению с негидролизованными БК. Пенообразующая способность БГК из белого риса достигала ПОС яичного альбумина (300%). Следовательно, с помощью процесса ограниченного протеолиза БК, полученных из белого и коричневого риса, можно обеспечивать заданные значения функциональных свойств для применения в конкретных изделиях и пищевых системах.

ЛИТЕРАТУРА

1 Lee Y., Kwak H., Lenjo M., Meullenet J. Estimating sensory texture of cooked rice using full and optimized predictive regression models // Emirates Journal of Food and Agriculture. 2015. V. 27. P. 931–935.

2 Charoenthaikij P., Jangchud K., Jangchud A., Piyachomkwan K. et al. Composite wheat–germinated brown rice flours: selected physicochemical properties and bread application. Intern // Journal of Food Science and Technology. 2012.V. 47. P. 75–82.

3 Thi Hyen D., Bogatyreva T.G. Use of rice flour in the technology of bakery products // Baking. 2009. V. 12. P. 50–51.

4 Jiamyangyuen S., Srijesdaruk V., Harper W.J. Extraction of rice bran protein concentrate and its application in bread // Journal of Science and Technology. 2005. V. 27. P. 55–64.

5 Gujral H.S., Rosell C.M. Improvement of the breadmaking quality of rice flour by glucose oxidase // Food Research International. 2004. V. 37. P. 75–81.

6 Dileep A.O., Shamasundar B.A., Binsi P.K., Howell N.K. Composition and quality of rice flour–fish mince based extruded products with emphasis on thermal properties of rice flour // Journal of Texture Studies. 2010. V. 41. P. 190–207.

7 Cody T.L, Olabi A., Pettingell A.G., Tong P.S. et al. Evaluation of rice flour for use in vanilla ice cream // Journal of Dairy Science. 2007. V. 90. P. 4575–4585.

8 Pereira J., Zhou G.H., Zhang W.G. Effects of rice flour on emulsion stability, organoleptic characteristics and thermal rheology of emulsified sausage // Journal of Food and Nutrition Research. 2016. V. 4. P. 216–222.

9 Ferreira S.M., Caliari L.I., Júnior M.S.S., Beleia A.D.P. Infant dairy-cereal mixture for the preparation of a gluten free cream using enzymatically modified rice flour // LWT – Food Science and Technology. 2014. V. 59. P. 1033–1040.

10 Sotelo A., Hernandez M., Montalvo I., Sousa V. Amino acid content and protein biological evaluation of 12 mexican varieties of rice // Cereal Chemistry. 1994. V. 71. P. 605–609.

11 Kong S., Junsoo L. Antioxidants in milling fractions of black rice cultivars // Food Chemistry. 2010. V. 120. P. 278–281.

12 Kushwaha U.K.S. Black rice. Research, History and Development. Springer International Publishing Switzerland, 2016. 192 p. doi: 10.1007/978-3-319-30153-2

13 Adebiyi A.P., Adebiyi A.O., Hasegawa Y., Ogawa T., Muramoto K. Isolation and characterization of protein fractions from deoiled rice bran // European Food Research and Technology. 2009. V. 228. P. 391–401.

14 Mustapha U.I., Nur H.A., Muhammad I.B., Norsharina I. et al. Antidiabetic Properties of Germinated Brown Rice: A Systematic Review // Evidence-based complementary and alternative medicine. V. 2012. doi: 10.1155/2012/816501

15 Bergamo P., Maurano F., Mazzarella G., Iaquinto G. et al. Immunological evaluation of the alcohol-soluble protein fraction from gluten-free grains in relation to celiac disease // Mol. Nutr. Food Res. 2011. V. 55. P. 1266–1270.

16 Kaliszewska A., Martinez V., Laparra J.M. Proinflammatory responses driven by non-gluten factors are masked when they appear associated to gliadins // Food and Chemical Toxicology. 2016. V. 95. P. 89–95.

17 Mota C., Santos M., Mauro R., Samman N. et al. Protein content and amino acids profile of pseudocereals // Food Chemistry. 2016. V. 193. P. 55–61.

18 De Frutos M.F., Fotschki B., Musoles R.F., Llopis J.M.L. Gluten-free cereals and pseudocereals: nutrition and health // Bioactive molecules in food. Reference series in phytochemistry. Springer, Cham, 2018.

19 Ju Z.Y., Hettiarachchy N.S., Rath N. Extraction, denaturatio and hydrophobic properties of rice proteins // Journal of Food Science. 2001. V. 66. № 2. P. 229–232. doi: 10.1111/j.1365-2621.2001.tb11322.x

20 Lee H.C., Htoon A.K., Uthayakumaran S., Paterson J.L. Chemical and functional quality of protein isolated from alkaline extraction of Australian lentil cultivars: Matilda and Digger // Food Chemistry. 2007. V. 102. P. 1199–1207.

21 Ilankovan P., Hettiarachchy N.S., Christian S. Preparation of rice endosperm protein isolate by alkali extraction // Cereal Chemistry. 2008. V. 85. № 1. P. 76–81.

22 Hamada J.S. Ultrafiltration of partially hydrolyzed rice bran protein to recovery value added products // Journal of Food Science. 2000. V. 65. P. 305–310.

23 Tang S., Hettiarachchy N.S., Horax R., Eswaraandam S. Physicochemical properties and functionality of rice bran protein prepared from heat-stabilized defatted rice bran with aid of enzymes // Journal of Food Science. 2003. V. 68. P. 152–157.

24 Hou L., Zhu Y., Li Q. Characterization and preparation of broken rice proteins modified by proteases // Food Technology and Biotechnology. 2010. V. 1. P. 50–55.

25 Silpradit K., Tadakittasarn S., Rimkeeree H., Winitchai S. et al. Optimization of rice bran protein hydrolysate production using alcalase // Asian Journal of Food and Agro-Industry. 2010. V. 3. P. 221–231.

26 Silvestre M.P.C., Silva M.R., Carreira R.L., Silva V.D.M. et al. Morais. Protein extraction and preparation of protein hydrolysates from rice with low phenylalanine content // Asian Journal of Scientific Research. 2009. V. 2. P. 146–154.

27 Kolpakova V.V., Chumikina L.V., Fan K.C., Arabova L.I. et al. To the question of the effectiveness of various methods of enzymatic isolation of protein concentrates from white and brown rice // Agrarian Russia. 2016. V. 2. P. 12–20.

28 Wang Ch., Xu F., Li D., Zhang M.. Physico-chemical and structural properties of four rice bran protein fractions based on the multiple solvent extraction method // Czech Journal of Food Sciences. 2015. V. 33. P. 283–291.

29 Oszvald M., Tömösközi S., Larroque O., Kereszténvi E. et al. Characterization of rice storage proteins by SE-HPLC and micro z-arm mixer // Journal of Cereal Science. 2008. V. 48. P. 68–76.

30 Yadav R.B., Khatkar B.S., Yadav B.S. Electrophoretic characterization and functional properties of rice proteins from indian rice cultivars // International Journal of Food Properties. 2013. V. 16. P. 1776–1788.

31 Aider M., Djenane D., Ounis W.B.. Amino acid composition, foaming, emulsifying properties and surface hydrophobicity of mustard protein isolate as affected by pH and NaCl // Inter. J. Food Sci. Technol. 2012. V. 47. P. 1028–1036.

32 Zhang H.J., Zhang H., Wang L., Guo X.N.. Preparation and functional properties of rice bran proteins from heat-stabilized defatted rice bran // Food Research International. 2012. V. 47. P. 359–363.

33 Kingsley K., Addob K., Xiong Y.L. Emulsifying and foaming properties of transglutaminase-treated wheat gluten hydrolysate as influenced by pH, temperature and salt // Food Hydrocolloids. 2009. V. 23. P. 72–81.

34 Kolpakova V.V., Chumikina L.V., Arabova L.I., Lukin D.N. et al. Functional technological properties and electrophoretic composition of modified wheat gluten // Foods and Raw Materials. 2016. V. 4. № 2. P. 48–57. doi: 10.21179/2308-4057-2016-2-48-57

35 Kolpakova V.V., Chumikina L.V., Vasil'ev A.V., Arabova L.I. et al. Wheat gluten proteolysis by enzyme preparations of directional action // International Journal of Agronomy and Agricultural Research. 2014. V. 5. № 2. P. 72–86.

REFERENCES

1 Lee Y., Kwak H., Lenjo M., Meullenet J. Estimating sensory texture of cooked rice using full and optimized predictive regression models. Emirates Journal of Food and Agriculture. 2015. vol. 27. pp. 931–935.

2 Charoenthaikij P., Jangchud K., Jangchud A., Piyachomkwan K. et al. Composite wheat–germinated brown rice flours: selected physicochemical properties and bread application. Intern. Journal of Food Science and Technology. 2012.vol. 47. pp. 75–82.

3 Thi Hyen D., Bogatyreva T.G. Use of rice flour in the technology of bakery products. Baking. 2009. vol. 12. pp. 50–51. (in Russian).

4 Jiamyangyuen S., Srijesdaruk V., Harper W.J. Extraction of rice bran protein concentrate and its application in bread. Journal of Science and Technology. 2005. vol. 27. pp. 55–64.

5 Gujral H.S., Rosell C.M. Improvement of the breadmaking quality of rice flour by glucose oxidase. Food Research International. 2004. vol. 37. pp. 75–81.

6 Dileep A.O., Shamasundar B.A., Binsi P.K., Howell N.K. Composition and quality of rice flour–fish mince based extruded products with emphasis on thermal properties of rice flour. Journal of Texture Studies. 2010. vol. 41. pp. 190–207.

7 Cody T.L, Olabi A., Pettingell A.G., Tong P.S. et al. Evaluation of rice flour for use in vanilla ice cream. Journal of Dairy Science. 2007. vol. 90. pp. 4575–4585.

8 Pereira J., Zhou G.H., Zhang W.G. Effects of rice flour on emulsion stability, organoleptic characteristics and thermal rheology of emulsified sausage. Journal of Food and Nutrition Research. 2016. vol. 4. pp. 216–222.

9 Ferreira S.M., Caliari L.I., Júnior M.S.S., Beleia A.D.P. Infant dairy-cereal mixture for the preparation of a gluten free cream using enzymatically modified rice flour. LWT – Food Science and Technology. 2014. vol. 59. pp. 1033–1040.

10 Sotelo A., Hernandez M., Montalvo I., Sousa V. Amino acid content and protein biological evaluation of 12 mexican varieties of rice. Cereal Chemistry. 1994. vol. 71. pp. 605–609.

11 Kong S., Junsoo L. Antioxidants in milling fractions of black rice cultivars. Food Chemistry. 2010. vol. 120. pp. 278–281.

12 Kushwaha U.K.S. Black rice. Research, History and Development. Springer International Publishing Switzerland, 2016. 192 p. doi: 10.1007/978-3-319-30153-2

13 Adebiyi A.P., Adebiyi A.O., Hasegawa Y., Ogawa T., Muramoto K. Isolation and characterization of protein fractions from deoiled rice bran. European Food Research and Technology. 2009. vol. 228. pp. 391–401.

14 Mustapha U.I., Nur H.A., Muhammad I.B., Norsharina I. et al. Antidiabetic Properties of Germinated Brown Rice: A Systematic Review. Evidence-based complementary and alternative medicine. vol. 2012. doi: 10.1155/2012/816501

15 Bergamo P., Maurano F., Mazzarella G., Iaquinto G. et al. Immunological evaluation of the alcohol-soluble protein fraction from gluten-free grains in relation to celiac disease. Mol. Nutr. Food Res. 2011. vol. 55. pp. 1266–1270.

16 Kaliszewska A., Martinez V., Laparra J.M. Proinflammatory responses driven by non-gluten factors are masked when they appear associated to gliadins. Food and Chemical Toxicology. 2016. vol. 95. pp. 89–95.

17 Mota C., Santos M., Mauro R., Samman N. et al. Protein content and amino acids profile of pseudocereals. Food Chemistry. 2016. vol. 193. pp. 55–61.

18 De Frutos M.F., Fotschki B., Musoles R.F., Llopis J.M.L. Gluten-free cereals and pseudocereals: nutrition and health. Bioactive molecules in food. Reference series in phytochemistry. Springer, Cham, 2018.

19 Ju Z.Y., Hettiarachchy N.S., Rath N. Extraction, denaturatio and hydrophobic properties of rice proteins. Journal of Food Science. 2001. vol. 66. no. 2. pp. 229–232. doi: 10.1111/j.1365-2621.2001.tb11322.x

20 Lee H.C., Htoon A.K., Uthayakumaran S., Paterson J.L. Chemical and functional quality of protein isolated from alkaline extraction of Australian lentil cultivars: Matilda and Digger. Food Chemistry. 2007. vol. 102. pp. 1199–1207.

21 Ilankovan P., Hettiarachchy N.S., Christian S. Preparation of rice endosperm protein isolate by alkali extraction. Cereal Chemistry. 2008. vol. 85. no. 1. pp. 76–81.

22 Hamada J.S. Ultrafiltration of partially hydrolyzed rice bran protein to recovery value added products. Journal of Food Science. 2000. vol. 65. pp. 305–310.

23 Tang S., Hettiarachchy N.S., Horax R., Eswaraandam S. Physicochemical properties and functionality of rice bran protein prepared from heat-stabilized defatted rice bran with aid of enzymes. Journal of Food Science. 2003. vol. 68. pp. 152–157.

24 Hou L., Zhu Y., Li Q. Characterization and preparation of broken rice proteins modified by proteases. Food Technology and Biotechnology. 2010. vol. 1. pp. 50–55.

25 Silpradit K., Tadakittasarn S., Rimkeeree H., Winitchai S. et al. Optimization of rice bran protein hydrolysate production using alcalase. Asian Journal of Food and Agro-Industry. 2010. vol. 3. pp. 221–231.

26 Silvestre M.P.C., Silva M.R., Carreira R.L., Silva V.D.M. et al. Morais. Protein extraction and preparation of protein hydrolysates from rice with low phenylalanine content. Asian Journal of Scientific Research. 2009. vol. 2. pp. 146–154.

27 Kolpakova V.V., Chumikina L.V., Fan K.C., Arabova L.I. et al. To the question of the effectiveness of various methods of enzymatic isolation of protein concentrates from white and brown rice. Agrarian Russia. 2016. vol. 2. pp. 12–20. (in Russian).

28 Wang Ch., Xu F., Li D., Zhang M.. Physico-chemical and structural properties of four rice bran protein fractions based on the multiple solvent extraction method. Czech Journal of Food Sciences. 2015. vol. 33. pp. 283–291.

29 Oszvald M., Tömösközi S., Larroque O., Kereszténvi E. et al. Characterization of rice storage proteins by SE-HPLC and micro z-arm mixer. Journal of Cereal Science. 2008. vol. 48. pp. 68–76.

30 Yadav R.B., Khatkar B.S., Yadav B.S. Electrophoretic characterization and functional properties of rice proteins from indian rice cultivars. International Journal of Food Properties. 2013. vol. 16. pp. 1776–1788.

31 Aider M., Djenane D., Ounis W.B.. Amino acid composition, foaming, emulsifying properties and surface hydrophobicity of mustard protein isolate as affected by pH and NaCl. Inter. J. Food Sci. Technol. 2012. vol. 47. pp. 1028–1036.

32 Zhang H.J., Zhang H., Wang L., Guo X.N.. Preparation and functional properties of rice bran proteins from heat-stabilized defatted rice bran. Food Research International. 2012. vol. 47. pp. 359–363.

33 Kingsley K., Addob K., Xiong Y.L. Emulsifying and foaming properties of transglutaminase-treated wheat gluten hydrolysate as influenced by pH, temperature and salt. Food Hydrocolloids. 2009. vol. 23. pp. 72–81.

34 Kolpakova V.V., Chumikina L.V., Arabova L.I., Lukin D.N. et al. Functional technological properties and electrophoretic composition of modified wheat gluten. Foods and Raw Materials. 2016. vol. 4. no. 2. pp. 48–57. doi: 10.21179/2308-4057-2016-2-48-57

35 Kolpakova V.V., Chumikina L.V., Vasil'ev A.V., Arabova L.I. et al. Wheat gluten proteolysis by enzyme preparations of directional action. International Journal of Agronomy and Agricultural Research. 2014. vol. 5. no. 2. pp. 72–86.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Валентина В. Колпакова д.т.н., профессор, главный научный сотрудник, Всероссийский научно-иссследовательский институт крахмалопродуктов, ул. Некрасова, 11, п. Красково, 140051, Россия, val-kolpakova@rambler.ru

Людмила В. Чумикина к.б.н., ст. научный сотрудник, Институт биохимии им. А.Н. Баха, Ленинский пр-т, 33, кор.2, Москва, 119071, Россия, chumikina@mail.ru

Лидия И. Арабова к.б.н., научный сотрудник, Институт биохимии им. А.Н. Баха, Ленинский пр-т, 33, кор.2, Москва, 119071, Россия, l.arabova@gmail.com

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 22.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 20.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Valentina V. Kolpakova Dr. Sci. (Engin.), professor, lead researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Starch Products, Nekrasova St., 11, Kraskovo settlement, 140051, Russia, val-kolpakova@rambler.ru

Ludmila V. Chumikina Cand. Sci. (Biol.), senior researcher, Federal Research Centre "Fundamentals of Biotechnology" of the Russian Academy of Sciences, Leninsky av., 33/2, Moscow, 119071, Russia, chumikina@mail.ru

Lidia I. Arabova Cand. Sci. (Biol.), researcher, Federal Research Centre "Fundamentals of Biotechnology" of the Russian Academy of Sciences, Leninsky av., 33/2, Moscow, 119071, Russia, l.arabova@gmail.com

CONTRIBUTION

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.22.2019

ACCEPTED 2.20.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 664.765

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-190-195

Влияние растительных биокорректоров на состояние влаги в мучных изделиях функционального назначения

Наталья С. Родионова [1] rodionovast@mail.ru
Евгений С. Попов [1] e_s_popov@mail.ru
Дмитрий И. Матвеев [1] matveevd00@mail.ru
Елена С. Певцова [1] beloch64@mail.ru
Алина В. Соколова [1] alinasokolova.1999@mail.ru
Андрей А. Дьяков [1] 8-983-182-32-82@mail.ru

[1] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Разработка новых технологических решений в области ежедневно употребляемых продуктов питания, обладающих направленным корректирующим воздействием в отношении пищевого статуса организма человека и увеличенным сроком годности является важной и актуальной задачей. Одним из альтернативных вариантов решения поставленной проблемы является введение в состав ежедневного рациона мучных изделий (сухари, галеты, хлебцы), обогащенных биологически активными веществами растительного происхождения, являющихся экономически доступными для широких слоев населения и пригодными для реализации в сетевом формате, вследствие значительных сроков годности. В работе проведены экспериментальные исследования по оценке влияния вводимых биологически активных веществ на срок годности мучных изделий посредством исследования изменения содержания и соотношения различных форм связанной влаги. Исследование состояния влаги в мучных изделиях осуществляли методом дифференциально-термического анализа с помощью прибора синхронного термического анализа, с применением методов термогравиметрии, дифференциально-сканирующей калориметрии и неизотермической кинетики. Объектами исследований являлись образцы мучных изделий содержащих композицию из частично обезжиренной муки зародышей пшеницы «Витазар» и отрубей пшеничных, в состав которой дополнительно вводили порошок из морской капусты, изолят соевого белка, изолят горохового белка, муку семян черного тмина. Контролем служили образцы мучных изделий (галеты), изготовленные по традиционной технологии. Количественную оценку соотношения фракций влаги с различной связью проводили методами термогравиметрии, дифференциально-сканирующей калориметрии и неизотермической кинетики. Определены диапазоны эндотермических эффектов, свидетельствующие о ступенчатом удалении влаги, в соответствии с формами и энергией ее связи с биополимерами экспериментальных образцов. Сравнение характеристик тепловых эффектов, зафиксированных в процессе термолиза образцов мучных изделий, позволяет констатировать возрастание доли химически связанной влаги в опытных образцах, по сравнению с контрольным образцом и как следствие - увеличение срока годности.

Ключевые слова: растительные биокорректоры, мучные изделия, дифференциально-сканирующая калориметрия, термогравиметрия, неизотермическая кинетика

Vegetable biocorrectors influence on the moisture state in functional purpose flour products

Natalia S. Rodionova [1] rodionovast@mail.ru
Evgenij S. Popov [1] e_s_popov@mail.ru
Dmitrij I. Matveev [1] matveevd00@mail.ru
Elena S. Pevtsova [1] beloch64@mail.ru
Alina V. Sokolova [1] alinasokolova.1999@mail.ru
Andrej A. Diakov [1] 8-983-182-32-82@mail.ru

[1] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The development of new technological solutions in the field of daily consumed food products, which have a directed corrective impact on the nutritional status of the human body and an extended shelf life is an important and urgent task. One of the alternative solutions to the problem faced is the introduction of flour products (crackers, biscuits, bread), enriched with biologically active substances of plant origin into the daily ration. They are economically accessible to the general population and suitable for sale in a network format, due to significant shelf life. Experimental studies to assess the effect of introduced biologically active substances on the shelf life of flour products through the study of changes in the content and ratio of various forms of bound moisture were carried out in the work. The study of moisture state in flour products was carried out by the method of differential thermal analysis using a synchronous thermal analysis device using thermogravimetry, differential scanning calorimetry and non-isothermal kinetics. The objects of research were samples of flour products containing the composition of partially defatted wheat germ flour "Vitazar" and wheat bran, which were additionally added with seaweed powder, soy protein isolate, pea protein isolate, black cumin seed flour. Samples of flour products (biscuits) made according to traditional technology served as controls. A quantitative assessment of the ratio of moisture fractions with various bonds was carried out by the methods of thermogravimetry, differential scanning calorimetry and non-isothermal kinetics. The ranges of endothermic effects, indicating stepwise moisture removal, in accordance with the forms and energy of its connection with the experimental samples biopolymers were identified in the work. Comparison of thermal effects characteristics recorded in the process of thermolysis of flour products samples, allows us to state an increase in the chemically bound moisture share in the test samples, as compared with the control sample and, as a result, an increase in shelf life.

Keywords: vegetable biocorrectors, flour products, differential scanning calorimetry, thermogravimetry, non-isothermal kinetics

Для цитирования
Родионова Н.С., Попов Е.С., Матвеев Д.И., Певцова Е.С., Соколова А.В., Дьяков А.А. Влияние растительных биокорректоров на состояние влаги в мучных изделиях функционального назначения // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1 190–195. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-190-195

For citation
Rodionova N.S., Popov E.S., Matveev D.I., Pevtsova E.S., Sokolova A.V., Diakov A.A. Vegetable biocorrectors influence on the moisture state in functional purpose flour products. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 190–195. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-190-195

Введение

По данным Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, пищевой статус населения РФ не является оптимальным и полноценным, что является алиментарной причиной роста патологических состояний [6, 7]. В настоящее время отмечается снижение содержания витаминов, минеральных веществ, ПНЖК в продуктах питания вследствие применения интенсивных агротехнологий, что приводит к разного рода микроэлементозам, авитаминозам, выражающимся в различных обменных нарушениях и аутоимунных заболеваниях. Мучные изделия длительного срока хранения – сухари, галеты, хлебцы – важная часть рациона питания. Обогащение этих продуктов минеральными веществами, витаминами, белками открывает возможности направленного позитивного биокорректирующего влияния на различные функции организма с целью профилактики и лечения широкого круга заболеваний алиментарного характера [8–10]. Особенно актуальны высокопротеиновые продукты, обогащенные минеральными элементами и витаминами природного происхождения, источниками которых являются продукты глубокой переработки растительного сырья – зародышей пшеницы, гороха, сои, морской капусты, семян черного тмина. Выбранные биокорректирующие ингредиенты содержат протеины и полисахариды, обладающие высокой влагосвязывающей и влагоудерживающей способностью, что способствует повышению стабильности показателей качества галетных изделий функционального назначения при хранении.

Материалы и методы

Экспериментальное исследование состояния влаги в мучных изделиях проводили с помощью прибора синхронного термического анализа (ТГ-ДТА/ДСк), модель STA 449 F3 Jupiter, методами термогравиметрии, дифференциально-сканирующей калориметрии и неизотермической кинетики с нахождением степени превращения α. Данный метод позволяет регистрировать тепловые эффекты физико-химических и структурных изменений, происходящих в продукте при управляемом воздействии высокой температурой. Метод термогравиметрии обеспечивает контроль изменения массы исследуемого образца при нагреве или охлаждении в диапазоне температур, соответствующих фазовым превращениям влаги в образце. Для получения дифференциальных зависимостей dТГ и dДСК использовали программное обеспечение MS Excel и NETZSCH Proteus. Нагрев производили в диапазоне температур 25–300 °С, скорость нагрева составляла 5 К/мин, использовали тигли из оксидированного алюминия, среда – газообразный азот, класс 5, расход продувочного газа – 60 мл/мин. Количественную оценку фракций влаги различных форм связи проводили по экспериментальным данным в соответствии с методикой [1–5]. В базовый состав исследуемых протеиновых галет, обогащенных минералами и витаминами, входили: тапиоковый крахиал, куриные яйца, сычужный сыр жирностью не менее 45%, композиция растительных масел, оптимизированная по соотношению омега-3-омега-6 жирных кислот, вода (образец 6 – контроль). В качестве биокорректоров – дополнительных источников протеинов, пребиотиков, минералов и витаминов, пролонгирующих сроки годности протеиновых галет, исследовали композицию из частично обезжиренной муки зародышей пшеницы «Витазар» и отрубей пшеничных в соотношении 1:1 (образец № 1). В состав данной композиции дополнительно вводили порошок из морской капусты (образец № 2), изолят соевого белка (образец № 3), изолят горохового белка (образец № 4), муку семян черного тмина (образец № 5).

Результаты и обсуждение

На основе полученных экспериментальных зависимостей было зафиксировано наличие эндотермических эффектов и соответствующих им изменений массы образцов (таблица 1).

Таблица 1.

Тепловые эффекты в процессе термолиза образцов мучных изделий

Table 1.

Thermal effects in the process of thermolysis of samples of flour products

Образец Sample	Эндотермический эффект Endothermic effect	Температурный интервал, ΔТ, °С Temperature interval, ΔТ, °С	Энтальпия, Дж/кг Enthalpy, Дж/кг	Изменение массы образца, % Sample weight change, %
1	2	3	4	5
1	I	57–79	2,022	3,1
	II	243–294	18,44	21,2
2	I	54–82	5,044	2,6
	II	264–290	4,367	12,2

Продолжение табл. 1 | Continuation of table 1

3	I	54–83	4,349	2,7
	II	267–294	5,222	17,1
4	I	60–75	5,658	2,3
	II	258–293	5,216	15,2
5	I	53–86	7,007	2,7
	II	247–292	14,21	19,2
6 (контроль control)	I	56–85	3,619	4,5
	II	233–293	19,14	23,3

В результате термического анализа исследуемых образцов выделены эндотермические эффекты I–II, соответствующие процессам удаления свободной и осмотически связанной влаги, в различных температурных диапазонах: № 1 – 57..79 и 243..294 °С; № 2 – 54..82 и 264..290 °С; № 3 – 54..83 и 267..294 °С; № 4 – 60..75 и 258..293 °С; № 5 – 53..86 и 247..292 °С; № 6 (контроль) – 56..85 и 233..293 °С.

По возрастанию величины диапазона температуры, при которой наблюдается эндотермический эффект, исследуемые образцы можно распределить следующим образом: № 6 (контроль), 3, 5, 2, 1 и 4. Полученные данные свидетельствуют о возрастании степени связывания влаги в образцах, содержащих растительные биоактивные компоненты, вследствие дополнительного связывания влаги содержащимися в составе биополимерами. В процессе термического воздействия масса навесок исследуемых образцов изменялась, остаточная масса контрольного образца составила 59,91%, а опытных образцов – № 1 – 64,11%, № 2 – 63,98%, № 3 – 61,55%, № 4 – 65,54%, № 5 – 62,34%. Наибольшая степень связанности влаги отмечается в образце № 4.

Преобразование участка зависимости изменения массы ТГ, соответствующего процессу дегидратации в указанных выше температурных интервалах, позволило получить зависимость превращения вещества α, мг/мг, от температуры образца Т, К (рисунок 1). Степень превращения вещества вычисляли по отношению текущего изменения массы Δm_i на момент времени τ к общему изменению массы Δm_{max}.

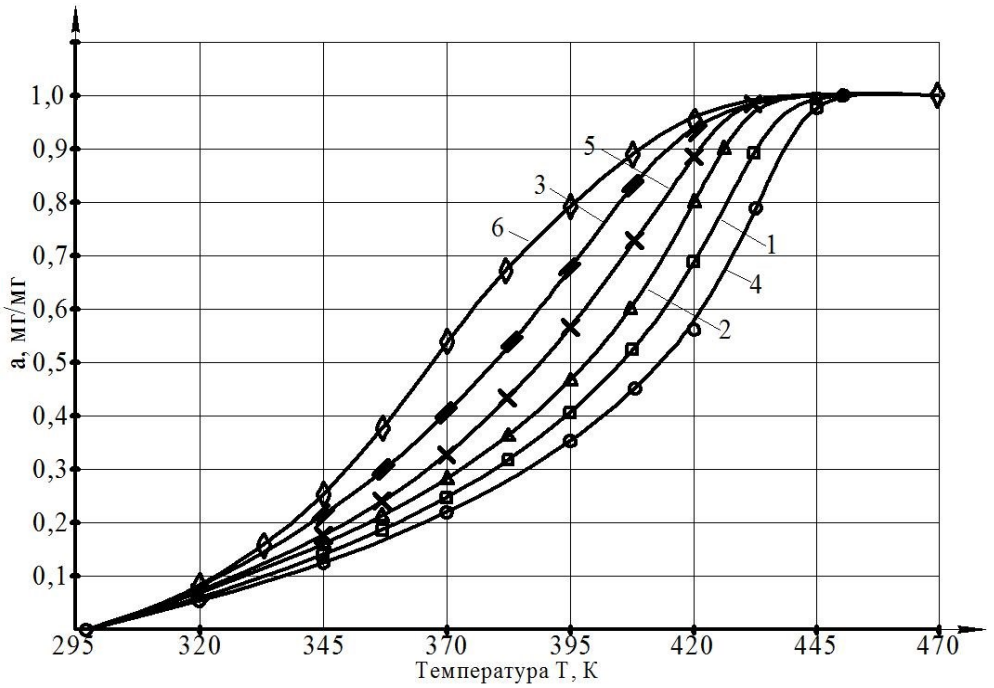


Рисунок 1. Зависимость степени превращения α от абсолютной температуры нагрева – Т образцов мучных изделий с включением растительных компонентов (1–5) и контрольного образца (6)

Figure 1. Dependence of the conversion α on the absolute heating temperature – T samples of flour products with the inclusion of plant components (1–5) and the control sample (6)

Полученные зависимости $\alpha=f(T)$ имеют S-образный вид, соответствующий сложному процессу дегидратации образцов и высвобождения фракций влаги с различной энергией связи на различных этапах термического анализа.

Интервалы степени превращения Δα, соответствующей первой (свободной), второй (механически связанной) и третьей (химически связанной) ступени удаления влаги, представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Характеристика дегидратации образцов мучных изделий

Table 2.

Characteristics of the dehydration of samples of flour products

Образец Sample	Номер ступени дегидратации Dehydration stage number	ΔT, K	$\Delta\alpha$	Массовая доля удаляемой влаги, % Mass fraction of moisture removed, %
1	1	298–343	0–0,12	4,30
	2	343–429	0,12–0,82	25,12
	3	429–445	0,82–1,0	6,46
2	1	298–344	0–0,16	5,76
	2	344–430	0,16–0,84	24,49
	3	430–447	0,84–1,0	5,76
3	1	298–349	0–0,21	8,07
	2	349–422	0,21–0,87	25,37
	3	422–451	0,87–1,0	4,99
4	1	298–351	0–0,11	2,79
	2	351–434	0,11–0,78	24,08
	3	434–452	0,78–1,0	7,13
5	1	298–339	0–0,19	7,15
	2	339–426	0,19–0,86	25,23
	3	426–442	0,86–1,0	5,27
6 (контроль control)	1	298–360	0–0,23	11,22
	2	360–434	0,23–0,84	24,45
	3	434–470	0,84–1,0	4,41

Зависимость $\lg\alpha=f(10^3/T)$ позволяет идентифицировать три фазы дегидратации образцов, соответствующие высвобождению влаги различных форм и энергий связи. 1-я фаза процесса – участки A_i B_i – нагрев и удаление свободной влаги, 2-я фаза – участки B_i C_i – удаление адсорбционно и осмотически связанной влаги, частичное разложение продукта, 3-я фаза процесса дегидратации – участки C_i D_i – разложение продукта, выделение газообразных продуктов термического разложения и удаление физико-химически связанной влаги (рисунок 2, таблица 2). Аппроксимация полученных кривых позволяет получить трехлинейные сплайны. Выделенные участки свидетельствуют о ступенчатом удалении влаги в соответствии с формами ее связи с биополимерами экспериментальных образцов.

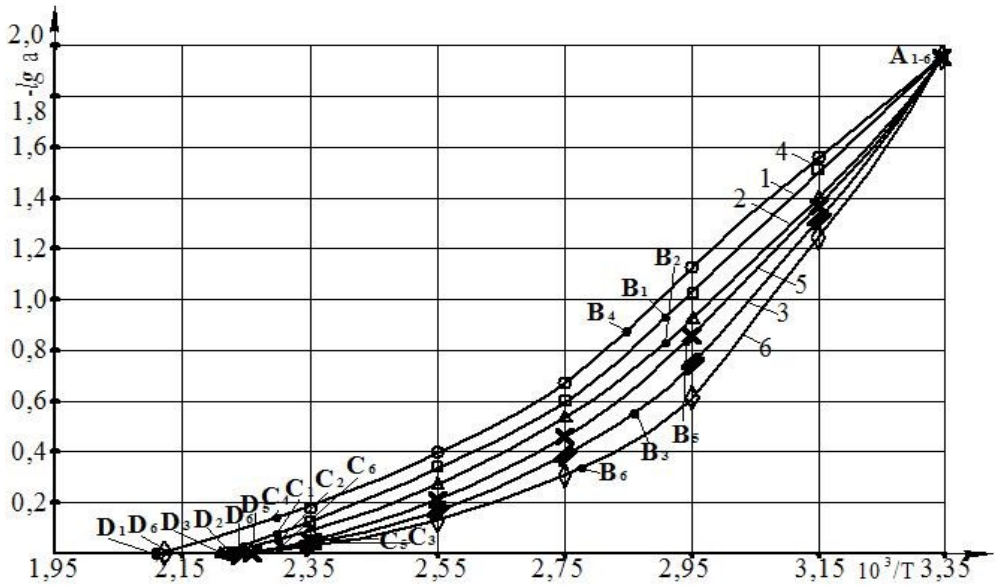


Рисунок 2. Зависимость – $\lg\alpha=f(10^3/T)$ при скорости нагрева среды 5 К/мин для образцов мучных изделий с включением растительных компонентов (1–5) и контрольного образца (6)

Figure 2. The dependence – $\lg\alpha=f(10^3/T)$ at a heating rate of 5 K/min for samples of flour products with the inclusion of plant components (1–5) and the control sample (6)

На участках A_1B_1–A_6B_6 при температуре 298–360 К происходит разрушение связей типа «вода-вода», количество удаляемой влаги составляет 4,30, 5,76, 8,07, 2,79, 7,15% в образцах № 1–5 соответственно и 11,22% – в контрольном образце. Участки B_1 C_1 – B_6 C_6 располагаются в диапазоне температур 343–434 К и соответствуют удалению механически связанной (адсорбционной) влаги, массовая доля удаляемой влаги составила 25,12, 24,49, 25,37, 24,08, 25,23% для исследуемых образцов № 1–5 соответственно и 24,45% – для контрольного образца. Сопоставление участков C_1 D_1 – C_6 D_6 опытных и контрольных образцов, располагающихся в температурном диапазоне 422–470 К, свидетельствует о возрастании доли физико-химически связанной влаги.

Заключение

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что сравнение характеристик рассмотренных температурных интервалов позволяет констатировать возрастание доли химически связанной влаги в опытных образцах по сравнению с контрольным образцом и, как следствие, увеличение срока годности. Полученные данные позволяют предположить наличие развитой пористой структуры у дополнительно вводимых растительных биообъектов, что помогает удерживать влагу внутренним объемом, в том числе капиллярно-связанную.

ЛИТЕРАТУРА

1 Коротков Е.Г., Пономарев А.Н., Мельникова Е.И. и др. Исследование форм связи влаги в твороге с микропартикулятом сывороточных белков // Молочная промышленность. 2016. № 8. С. 31–32.

2 Магомедов Г.О., Плотникова И.В., Кузнецова И.В., Наумченко И.С. Исследование форм связи зефира различного состава методом термического анализа // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 3. С. 42–50.

3 Родионова Н.С., Кузнецова И.В., Зацепилина Н.П. и др. Влияние формы связи влаги фаршевых систем на основе различного рыбного сырья методом DTA // Хранение и переработка сельхозсырья. 2010. № 12. С. 39–40.

4 Пожидаева Е.А., Илюшина А.В., Болотова Н.В., Иванова Е.В. Исследование форм связи влаги в творожных продуктах методом дифференциально-сканирующей калориметрии и термогравиметрии // Пищевая промышленность. 2018. № 11. С. 73–77.

5 Ухарцева И.Ю., Кадолич В., Ткачева Л.В. Методы исследования продовольственного сырья и пищевых продуктов и опыт их применения // Потребительская кооперация. 2014. № 1 (44). С. 66–74.

6 Пожидаева Е.А., Швырева М.А., Дымовских Я.А. Разработка технологии замороженного молочного продукта с биокоррегирующими свойствами // Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство: материалы IV Международной заочной научно-технической конференции. Воронеж: ВГУИТ, 2017. С. 677–679.

7 Родионова Н.С., Попов Е.С., Пожидаева Е.А., Колесникова Т.Н. Функциональные композиций биокорректирующего действия на основе продуктов глубокой переработки низкомасличного сырья // Пищевая промышленность. 2017. № 6. С. 54–56.

8 Kapreliants L., Zhurlova O. Technology of wheat and rye bran biotransformation into functional ingredients // International Food Research Journal. 2017. V. 24. № 5. P. 1975–1979.

9 Aksenova L.M., Rimareva L.V. Directed conversion of protein modules of plant and animal foods // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2017. V. 87. № 2. P. 132–134.

10 Babinets P.P., Sokolovskiy S.I., Sokolovskiy I.I., Prohorov G.V. et al. Energy and information technologies in regenerative medicine: effect of the interaction of biologically active plant substrates with the human body // Journal of Education, Health and Sport. 2015. V. 5. №. 6.

REFERENCES

1 Korotkov E.G., Ponomarev A.N., Mel'nikova E.I. et al. Study of the forms of communication of moisture in the curd with microparticulate whey proteins. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry]. 2016. no. 8. pp. 31–32. (in Russian).

2 Magomedov G.O., Plotnikova I.V., Kuzne-cova I.V., Naumchenko I.S. Investigation of the connection forms of marshmallow of different composition by the method of thermal analysis. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2017. vol. 79. no. 3. pp. 42–50. (in Russian).

3 Rodionova N.S., Kuznecova I.V., Zacepilina N.P. et al. Influence of the form of moisture connection of farce systems based on various fish raw materials using the DTA method. *Khraneniye i pererabotka sel'khozsyr'ya* [Storage and processing of agricultural raw materials]. 2010. no. 12. pp. 39–40. (in Russian).

4 Pozhidaeva E.A., Iljushina A.V., Bolotova N.V., Ivanova E.V. Investigation of forms of moisture communication in curd products using the method of differential scanning calorimetry and thermogravimetry. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry]. 2018. no. 11. pp. 73–77. (in Russian).

5 Uharceva I. Ju., Kadolich V., Tkacheva L.V. Research methods for food raw materials and food products and experience of their use. *Potrebitel'skaya kooperatsiya* [Consumer cooperation]. 2014. no. 1. pp. 66–74. (in Russian).

6 Pozhidaeva E.A., Shvyreva M.A., Dymovskih Ja.A. Development of technology for frozen dairy product with biocorrective properties. *Innovatsionnyye tekhnologii v pishchevoy promyshlennosti: nauka, obrazovaniye i proizvodstvo* [Innovative technologies in the food industry: science, education and production: materials of the IV International correspondence scientific and technical conference]. Voronezh, VSUET, 2017. pp. 677–679. (in Russian).

7 Rodionova N.S., Popov E.S., Pozhidaeva E.A., Kolesnikova T.N. Functional compositions of biocorrection action on the basis of products of deep processing of low oil raw materials. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry]. 2017. no. 6. pp. 54–56. (in Russian).

8 Kapreliants L., Zhurlova O. Technology of wheat and rye bran biotransformation into functional ingredients. International Food Research Journal. 2017. vol. 24. no. 5. pp. 1975–1979.

9 Aksenova L.M., Rimareva L.V. Directed conversion of protein modules of plant and animal foods. Herald of the Russian Academy of Sciences. 2017. vol. 87. no. 2. pp. 132–134.

10 Babinets P.P., Sokolovskiy S.I., Sokolovskiy I.I., Prohorov G.V. et al. Energy and information technologies in regenerative medicine: effect of the interaction of biologically active plant substrates with the human body. Journal of Education, Health and Sport. 2015. vol. 5. no. 6.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Наталья С. Родионова д.т.н., профессор, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, rodionovast@mail.ru

Евгений С. Попов д.т.н., профессор, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, e_s_popov@mail.ru

Дмитрий И. Матвеев студент, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, matveevd00@mail.ru

Елена С. Певцова студент, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, beloch64@mail.ru

Алина В. Соколова студент, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, alinasokolova.1999@mail.ru

Андрей А. Дьяков экстерн, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, 8-983-182-32-82@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Наталья С. Родионова предложила методику проведения эксперимента, написала рукопись, корректировал ее до подачи в редакцию

Евгений С. Попов обзор литературных источников по исследуемой проблеме, выполнил расчеты, несет ответственность за плагиат

Дмитрий И. Матвеев, Елена С. Певцова, Алина В. Соколова, Андрей А. Дьяков провели эксперимент

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 10.01.2019
ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Natalia S. Rodionova Dr. Sci. (Engin.), professor, service and restaurant business department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, rodionovast@mail.ru

Evgenij S. Popov Dr. Sci. (Engin.), professor, service and restaurant business department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, e_s_popov@mail.ru

Dmitrij I. Matveev student, service and restaurant business department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, matveevd00@mail.ru

Elena S. Pevtsova student, service and restaurant business department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, beloch64@mail.ru

Alina V. Sokolova student, service and restaurant business department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, alinasokolova.1999@mail.ru

Andrej A. Diakov extern, service and restaurant business department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, 8-983-182-32-82@mail.ru

CONTRIBUTION

Natalia S. Rodionova suggested the methodology for conducting the experiment, wrote the manuscript, corrected it before filing to the editorial office

Evgenij S. Popov review of the literature on the problem, performed calculations, is responsible for plagiarism

Dmitrij I. Matveev, **Elena S. Pevtsova, Alina V. Sokolova, Andrej A. Diakov** conducted an experiment

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.10.2019
ACCEPTED 2.18.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 664.7

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-196-200

Получение хлеба с использованием смесей муки пшеничной высшего сорта и обойной из зерна пигментированного ячменя сорта Гранал 32

Анатолий А. Грязнов [1] granal@yandex.ru
Юлия А. Летяго [2] 77720143684@mail.ru
Раиса И. Белкина [2] raisa-medvedko@mail.ru
Елена И. Пономарева [3] elena6815@yandex.ru

[1] Южно-Уральский государственный аграрный университет, ул. Гагарина, 13, г. Троицк, 457100, Россия
[2] Государственный аграрный университет Северного Зауралья, ул. Республики, 7, г. Тюмень, 625003, Россия
[3] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. В технологиях производства хлебобулочных изделий для обогащения продуктов полезными для организма человека веществами применяют ряд компонентов. Многие из них значительно повышают питательную и потребительскую ценность хлеба. Важным направлением исследований следует считать выявление оптимальных соотношений пшеничной муки с другими компонентами для получения продукции с повышенной антиоксидантной активностью. Исследования проведены с целью определение рационального состава смеси пшеничной муки высшего сорта и муки из зерна голозерного пигментированного ячменя сорта Гранал 32, обладающего повышенной антиоксидантной активностью, для использования в производстве хлеба. Для исследований использовали варианты с добавлением к муке пшеницы высшего сорта ячменной в количестве 10, 20, 30, 40%. Результаты показали, что в мучных смесях по мере увеличения компонента муки ячменя снижалось содержание клейковины. Качество клейковины характеризовалось тенденцией к повышению упругости. В смесях с максимальным содержанием ячменной муки (30 и 40%) снижено содержание белка относительно контроля и предыдущих вариантов. Сила муки снижалась, начиная с варианта с количеством ячменной муки 20%. Тенденция снижения величины показателей в вариантах с компонентом ячменной муки наблюдалась и при оценке физических свойств теста на фариографе. Номер качества по фариографу уменьшился в варианте с включением 10% ячменной муки на 35, а в последующих – на 56–67. Объем хлеба и общая хлебопекарная оценка в меньшей степени снижались в варианте с добавлением ячменной муки в количестве 10%. Показатели влажности и кислотности хлеба в этом варианте незначительно отличались от показателей контрольного (без добавления ячменной муки). Вариант с добавлением к пшеничной муке высшего сорта 10% обойной муки из зерна голозерного пигментированного ячменя сорта Гранал 32 рекомендован для использования в хлебопечении с целью обогащения пшеничной муки высокопитательной ячменной мукой с повышенной антиоксидантной активностью.

Ключевые слова: смеси муки, зерно голозерного ячменя, клейковина, реологические свойства теста, хлебопекарные качества

Obtaining of bread with the use of mixtures of wheat flour of the highest grade and wholemeal from the grain pigmented barley varieties Granal 32

Anatoliy A. Gryaznov [1] granal@yandex.ru
Julia A. Letyago [2] 77720143684@mail.ru
Raisa I. Belkina [2] raisa-medvedko@mail.ru
Elena I. Ponomareva [3] elena6815@yandex.ru

South Ural state agrarian University, Gagarina str., 13, Troitsk, 457100, Russia
[1] State agrarian University of Northern TRANS-Urals, Republic str., 7, Tyumen, 625003, Russia
Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. In the production technology of bakery products for the enrichment of products useful for the human body substances use a number of components. Many of them significantly increase the nutritional and consumer value of bread. An important area of research should be the identification of optimal ratios of wheat flour with other components to obtain products with increased antioxidant activity. Studies have been conducted with the aim of determining the rational composition of a mixture of wheat flour of the highest grade and flour made from grain of naked pigmented barley of the variety Granal 32, which has increased antioxidant activity, for use in the production of bread. For research used options with the addition of wheat flour of the highest grade barley in the amount of 10, 20, 30, 40%. The results showed that in flour mixtures as the barley flour component increased, the gluten content decreased. The quality of gluten was characterized by a tendency to increase elasticity. In mixtures with the maximum content of barley flour (30 and 40%), the protein content is reduced relative to the control and the previous variants. The strength of the flour decreased, starting with the variant with the amount of barley flour of 20%. The tendency to decrease in the values of indicators in the variants with the barley flour component was also observed when evaluating the physical properties of dough on the farinograph. The quality number of the farinograph decreased in the variant with the inclusion of 10% barley flour by 35, and in the subsequent ones - by 56–67. The volume of bread and the total bakery grade were less reduced in the variant with the addition of barley flour in the amount of 10%. Indicators of moisture and acidity of bread in this embodiment were slightly different from those of the control (without the addition of barley flour). The variant with the addition to wheat flour of the highest grade of 10% wholemeal flour from grain of naked pigmented barley of variety Granal 32 is recommended for use in breadmaking with the aim of enriching wheat flour with highly nourishing barley flour with enhanced antioxidant activity.

Keywords: mix flour, grain hulless barley, gluten, dough rheology, baking quality

Для цитирования

Грязнов А.А., Летяго Ю.А., Белкина Р.И., Пономарева Е.И. Получение хлеба с использованием смесей муки пшеничной высшего сорта и обойной из зерна пигментированного ячменя сорта Гранал 32 // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 196–200. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-196-200

For citation

Gryaznov A.A., Letjago Ju.A., Belkina R.I., Ponomareva E.I. Obtaining of bread with the use of mixtures of wheat flour of the highest grade and wholemeal from the grain pigmented barley varieties Granal 32. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 196–200. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-196-200

Введение

В технологиях производства хлебобулочных изделий для обогащения продуктов полезными веществами применяют ряд компонентов. Многие из них значительно повышают питательную и потребительскую ценность хлеба [1-3]. Установлено, что введенные в рецептуру отдельные виды нетрадиционного хлебопекарного сырья способствуют ускорению брожения теста и улучшают его реологические свойства [4]. Выявлена ценность компонентов зерна голозерного овса для получения хлебобулочных изделий с высокой питательной ценностью [5, 6]. В исследованиях О.Е. Темниковой и Я.В. Шишкиной [7] показано, что добавление муки из ячневой крупы к пшеничной муке высшего сорта способствовало повышению упругих свойств клейковины.

Важное направление исследований – это выявление оптимальных соотношений пшеничной муки с другими компонентами для получения продукции с повышенной антиоксидантной активностью. Исследованиями Г.О. Магомедова с соавторами [8] установлено, что такими свойствами отличались смеси на основе гречневой муки и амарантового жмыха, что связано с содержанием в составе этих компонентов природных антиоксидантов. Пшеничная мука характеризовалась пониженной антиоксидантной активностью.

Цель работы – определение рационального состава смеси пшеничной муки высшего сорта и муки из зерна голозерного пигментированного ячменя сорта Гранал 32, обладающего повышенной антиоксидантной активностью, для использования в производстве хлеба.

Материалы и методы

К достоинствам сорта голозерного ячменя Гранал 32 относится повышенное содержанием проантоцианидов (антоцианидинов), которые являются активными биологическими антиоксидантами. Темный цвет зерну этого сорта придают пигменты, находящиеся в оболочках, и алейроновом слое. Исследованиями установлено, что содержание антоцианидинов в зерне сорта Гранал 32 составляет 104,5±10,0 мг /100 г, тогда как в зерне пленчатого ячменя сорта Челябинский 99 этот показатель значительно ниже – 4,1±0,04 мг/100 г. Сорт Гранал 32 имеет значительное преимущество над пленчатым стандартом по содержанию белка в зерне, сумме незаменимых аминокислот, содержанию витамина Е [9]. Применение муки из зерна сорта Гранал 32 в производстве мучных кондитерских изделий подтверждено патентом [10].

Для получения муки зерно сорта Гранал 32 размалывали на лабораторной мельнице ЛМТ-1. Мука высшего сорта из зерна пшеницы Новосибирской 29 произведена на предприятии ООО «Колос» Нижнетавдинского района Тюменской области.

Для исследований использовали следующие варианты: контроль – хлеб из муки пшеницы высшего сорта; смеси пшеничной и ячменной муки в соотношениях, %: 90:10; 80:20; 70:30; 60:40.

Для приготовления теста применяли безопарный способ. В расчете на 100 г муки вносили дрожжей 3,0 г, соли – 1,3 г, сахара – 2,5 г, воды –с учетом ВПС по фаринографу. Лабораторная выпечка хлеба проведена в соответствии с методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур.

Анализировали муку изучаемых вариантов по содержанию и качеству клейковины, содержанию белка, числу падения, физическим свойствам теста на альвеографе и фаринографе, результатам лабораторной выпечки хлеба.

Объемный выход хлеба и общую его оценку определяли в соответствии со шкалой оценки основных признаков качества пшеничного хлеба.

Результаты и обсуждение

В мучных смесях по мере увеличения компонента муки ячменя снижалось содержание клейковины (таблица 1).

Таблица 1.

Содержание и качество клейковины в смесях пшеничной муки высшего сорта и обойной из зерна пигментированного ячменя сорта Гранал 32

Table 1.

The content and quality of gluten in mixtures of wheat flour of the highest grade and Wallpaper from grain of the pigmented barley of grade Granal 32

№ варианта № option's	Соотношение компонентов: пшеничная мука–ячменная мука, % Component ratio: wheat flour-barley flour, %	Количество клейковины, % The amount of gluten, %	Качество клейковины, ед. ИДК The gluten quality, ed. IDK
1	100:0	32,1	68
2	90:10	29,2	65
3	80:20	26,2	60
4	70:30	23,9	60
5	60:40	21,1	60
	$НСР_{05}$	0,7	5

Качество клейковины характеризовалось тенденцией к повышению упругости, что согласуется с результатами О.Е. Темниковой и Я.В. Шишкиной [7].

В смесях с максимальным содержанием ячменной муки (30 и 40%) снижено содержание белка относительно контроля и предыдущих вариантов.

При увеличении в смесях муки ячменя наблюдалась тенденция повышения числа падения: показатель достигал 309–367 с (на контроле – 297 с). Вероятно, на величину этого признака повлияла недостаточно высокая активность амилолитических ферментов зерна ячменя.

В процессе приготовления теста наблюдались некоторые различия по времени его расстойки: в вариантах со смесями время расстойки уменьшалось в сравнении с контрольным вариантом.

Показатели оценки физических свойств теста свидетельствуют, что сила муки снижалась значительно, начиная с варианта со смесью 80:20%. (таблица 2). В варианте с содержанием ячменной муки10% этот показатель сохранился на уровне требований к сильной пшенице (не менее 280 е.а.).

Таблица 2.

Результаты оценки физических свойств теста на альвеографе и фаринографе из смесей пшеничной муки высшего сорта и обойной из зерна пигментированного ячменя сорта Гранал 32

Table 2.

The results of evaluation of physical properties of dough by alveograph and farinograph from mixtures of wheat flour and wholemeal from the grain pigmented Yach-me varieties Granal 32

№ варианта № option's	Соотношение компонентов: пшеничная мука–ячменная мука, % Component ratio: wheat flour-barley flour, %	Сила муки по альвеографу, е.а. Flour strength by alveograph, e.a.	Номер качества по фаринографу The number of quality farinograph
1	100:0	330	176
2	90:10	280	141
3	80:20	171	120
4	70:30	168	109
5	60:40	169	111

Тенденция снижения величины показателей в вариантах с компонентом ячменной муки наблюдалась и при оценке физических свойств теста на фаринографе. Номер качества по фаринографу уменьшился в варианте с включением 10% ячменной муки на 35, а в последующих – на 56–67.

В вариантах со смесями отмечено ухудшение пористости и цвета мякиша. Объемный выход хлеба снижался относительно контроля на 80, 93, 131и 202 $см^3$ соответственно по вариантам 2, 3, 4, 5 (таблица 3). Снижение общей хлебопекарной оценки в вариантах со смесями составило относительно контроля 0,8; 1,0; 1,3; 2,3 баллов.

Таким образом, по комплексу признаков можно выделить лучший вариант, где использовалась смесь муки пшеницы и ячменя в соотношении – 90:10%. Результаты определения влажности и кислотности хлеба в исследуемых вариантах представлены в таблице 4.

Таблица 3.

Объем и общая хлебопекарная оценка хлеба из смесей пшеничной муки высшего сорта и обойной из зерна пигментированного ячменя сорта Гранал 32

Table 3.

The volume and General bread-baking evaluation of bread blends wheat flour and whole meal from the grain pigmented barley varieties Granal 32

№ варианта № option's	Соотношение компонентов: пшеничная мука – ячменная мука, % Component ratio: wheat flour-barley flour, %	Объем хлеба, $см^3$/100 г муки Bread volume, cm3 / 100 g flour	Общая хлебопекарная оценка, баллов Overall baking score, points
1	100:0	550	4,4
2	90:10	470	3,6
3	80:20	457	3,3
4	70:30	419	3,1
5	60:40	348	2,2
	$НСР_{05}$	26	0,3

Таблица 4.

Влажность и кислотность хлеба из смесей пшеничной муки высшего сорта и обойной из зерна пигментированного ячменя сорта Гранал 32

Table 4.

Humidity and acidity of bread from mixes of wheat flour of the highest grade and Wallpaper from grain of the pigmented barleyvarieties of Granal 32

№ варианта № option's	Соотношение компонентов: пшеничная мука – ячменная мука, % Component ratio: wheat flour-barley flour, %	Влажность хлеба, % The moisture content of the bread, %	Кислотность хлеба, град Acidity of bread, hail
1	100:0	45,1	3,5
2	90:10	45,8	3,6
3	80:20	46,9	3,7
4	70:30	47,2	3,9
5	60:40	47,6	4,0
	$НСР_{05}$	0,6	0,2

Влажность хлеба, полученного из смесей пшеничной и ячменной муки, была выше, чем влажность пшеничного хлеба. Величина влажности увеличивалась с возрастанием доли ячменной муки в соответствующих вариантах на 0,7; 1,8; 2,1; 2,5%. Наблюдалось увеличение кислотности хлеба в вариантах со смесями, а наибольшей величины (4,0 град) этот показатель достигал в варианте, где доля ячменной муки составляла 40%.

Заключение

В результате оценки хлебопекарных свойств смесей пшеничной муки высшего сорта и обойной из зерна голозерного пигментированного ячменя сорта Гранал 32 выявлено их рациональное соотношение – 90:10%. Этот вариант рекомендован для использования в хлебопечении с целью обогащения пшеничной муки высокопитательной ячменной мукой с повышенной антиоксидантной активностью. Внедрение данной рецептуры выполнено на предприятии ООО «Колос» Тюменской области. Хлеб, приготовленный из смеси пшеничной и ячменной муки из зерна сорта Гранал 32 в соотношении 90:10, отмечен дипломом Международной специализированной выставки хлебопекарного и кондитерского рынка (г. Москва, 2016 г.).

ЛИТЕРАТУРА

1 Huang G., Guo Q., Wang C., Ding H.H. et al. Fenugreek fibre in bread: Effects on dough development and bread quality // LWT – Food Science and Technology. 2016. P. 274–280.

2 Matos M.E., Rosell C.M Understanding gluten-free dough for reaching breads with physical quality and nutritional balance // Science of Food and Agriculture. 2014. P. 653–661.

3 Schoenlechner R., Szatmari M., Bagdi A., Tömösközi S. Optimisation of bread quality produced from wheat and proso millet (*Panicum miliaceum L.*) by adding emulsifiers, transglutaminase and xylanase // LWT – Food Science and Technology. 2013. P. 361–366.

4 Богатырева Т.Г., Белявская И.Г., Томачева И.П., Быковченко Т.В. Ячменная мука – стимулятор газообразующей способности мучных полуфабрикатов // Хлебопродукты. 2014. № 5. С. 42–43.

5 Gambus H., Pisulewska E., Gambus F. Zastosowanie produktow przemialu owsa nieoplewionego do wypieku chleba // Biul. Inst. hod. i aklim. rosl. 2003. № 229. P. 283–290.

6 Kawka A., Kroll T. Wplyw otrab owsianych na jakosc ciacta i pieczywa pszennego // Biul.Inst. hod. i aklim. rosl. 2006. № 239. P. 237–245.

7 Темникова О.Е., Шишкина Я.В. Использование ячневой крупы при производстве хлебобулочных изделий // Хлебопродукты. 2015. № 12. С. 57–59.

8 Магомедов Г.О., Олейникова А.Я., Шевякова Т.А., Плотникова И.В. и др. Мучные композитные безглютеновые смеси // Хлебопродукты. 2014. № 1. С. 46–48.

9 Грязнов А.А. Ячмень голозерный в условиях неустойчивого увлажнения: монография. Куртамыш: ООО «Куртамышская типография», 2014. 300 с.

10 Пат. № 2517856, RU, A21D 13/08, A23L 1/29. Способ производства мучных кондитерских изделий / Белкина Р.И., Грязнов М.В., Губанова В.М. № 2012145817/13; Заявл. 2012145817; Опубл. 10.06.2014, Бюлл. №16.

REFERENCES

1 Huang G., Guo Q., Wang C., Ding H.H. et al. Fenugreek fibre in bread: Effects on dough development and bread quality. LWT – Food Science and Technology. 2016. pp. 274–280.

2 Matos M.E., Rosell C.M Understanding gluten-free dough for reaching breads with physical quality and nutritional balance. Science of Food and Agriculture. 2014. pp. 653–661.

3 Schoenlechner R., Szatmari M., Bagdi A., Tömösközi S. Optimisation of bread quality produced from wheat and proso millet (Panicum miliaceum L.) by adding emulsifiers, transglutaminase and xylanase. LWT – Food Science and Technology. 2013. pp. 361–366.

4 Bogatyreva T.G., Belyavskaya I.G., Tomacheva I.P., Bykovchenko T.V. Barley flour – stimulant gas-forming ability of flour semi-finished products. *Khleboprodukty* [Bakery products]. 2014. no. 5. pp. 42–43. (in Russian).

5 Gambus H., Pisulewska E., Gambus F. Zastosowanie produktow przemialu owsa nieoplewionego do wypieku chleba. Biul. Inst. hod. i aklim. rosl. 2003. no. 229. pp. 283–290. (in Polish).

6 Kawka A., Kroll T. Wplyw otrab owsianych na jakosc ciacta i pieczywa pszennego. Biul.Inst. hod. i aklim. rosl. 2006. no. 239. pp. 237–245. (in Polish).

7 Temnikova O.E., Shishkina I.V. The use of barley cereals in the production of bakery products. *Khleboprodukty* [Bakery products]. 2015. no. 12. pp. 57–59. (in Russian).

8 Magomedov G.O., Oleynikova A.Y., Shevyakova T.A., Plotnikov I.V. et al. Flour composite gluten free mixtures. *Khleboprodukty* [Bakery products]. 2014. no. 1. pp. 46–48. (in Russian).

9 Gryaznov A.A. Yachmen' golozernyy v usloviyakh neustoychivogo uvlazhneniya [Barley bare in conditions of unstable moistening: monograph]. Kurtamysh, "Kurtamysh printing", 2014. 300 p. (in Russian).

10 Belkina R.I., Gryaznov M.V., Gubanov V.M. Sposob proizvodstva muchnykh konditerskikh izdeliy [Method for the production of flour confectionery]. Patent RF, no. 2517856, 2014.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Анатолий А. Грязнов д.с.-х.н., профессор, кафедра агротехнологии, селекции и семеноводства, Южно-Уральский государственный аграрный университет, ул. Гагарина, 13, г. Троицк, 457100, Россия, granal@yandex.ru

Юлия А. Летяго к.с.-х.н., доцент, кафедра технологии продуктов питания, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, ул. Республики, 7, г. Тюмень, 625003, Россия, 77720143684@mail.ru

Раиса И. Белкина д.с.-х.н., профессор, кафедра технологии продуктов питания, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, ул. Республики, 7, г. Тюмень, 625003, Россия, raisa-medvedko@mail.ru

Елена И. Пономарева д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающих производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, elena6815@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Анатолий А. Грязнов предложил методику проведения эксперимента и организовал производственные испытания

Юлия А. Летяго обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

Раиса И. Белкина консультация в ходе исследования

Елена И. Пономарева написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 24.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Anatoliy A. Gryaznov Dr. Sci. (Agric.), professor, agricultural technology, breeding and seed department, South Ural state agrarian University, Gagarina str., 13, Troitsk, 457100, Russia, granal@yandex.ru

Julia A. Letyago Cand. Sci. (Agric.), associate professor, food technology department, State agrarian University of Northern TRANS-Urals, Republic street, 7, Tyumen, 625003, Russia, 77720143684@mail.ru

Raisa I. Belkina Dr. Sci. (Agric.), professor, food technology department, State agrarian University of Northern TRANS-Urals, Republic street, 7, Tyumen, 625003, Russia, raisa-medvedko@mail.ru

Elena I. Ponomareva Dr. Sci. (Engin.) professor, technology of bakery, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state University of engineering technologies, Revolution Avenue, 19, Voronezh, 394036, Russia, elena6815@yandex.ru

CONTRIBUTION

Anatoliy A. Gryaznov proposed methods of the experiment and organized production tests

Julia A. Letyago review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Raisa I. Belkina consultation during the study

Elena I. Ponomareva wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.24.2019

ACCEPTED 2.18.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 004.42:664.653

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-201-206

Онлайн-калькулятор «Расчет рецептур хлебобулочных изделий» для АРМ оператора-технолога

Татьяна Г. Шевцова [1] shevcova-t@yandex.ru
Роман В. Котляров [1] kotliarov_rv@mail.ru
Вера В. Романова [1] romvvaer@mail.ru
Анна Н. Кроль [1] anna.krol.79@mail.ru
Инга А. Литвинова [1] ingalitvinova@mail.ru
Оксана А. Ивина [2] ivina-oksana@mail.ru

[1] Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия
[2] Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, ул. Весенняя, 28, г. Кемерово, Россия

Аннотация. Калькулирование рецептуры теста для хлебобулочных изделий – операция ответственная и рутинная. Приготовление теста является основным этапом технологического процесса производства хлебобулочных изделий. Качество теста и качество конечного продукта обусловлено хлебопекарными свойствами муки, а также соотношением воды, дрожжей, соли, сахара и жировых продуктов. Рецептура хлебобулочного изделия разрабатывается с целью его изготовления с требуемыми свойствами за счет соблюдения установленного количества сырья. Разработка автоматизированного калькулятора, предназначенного для расчета и корректировки рецептур хлебобулочных изделий, объясняется необходимостью ежедневного расчета технологом хлебопекарного производства необходимых компонентов рецептуры. Исходными данными для расчета являются: тип, количество и влажность основных (мука, зернопродукты) и дополнительных компонентов (сахарный песок, масло сливочное, какао и другие), количество муки, которая используется для приготовления опары. Рассмотрена методика расчета рецептур для приготовления теста опарным и безопарным способами. Приводятся панели выбора способа приготовления теста, задания количества муки и зернопродуктов, задания прочего сырья, задания дополнительных данных, результата расчета рецептуры. Результаты расчета рецептуры хлебобулочных изделий, полученные при калькулировании, поступают в специально организованную базу данных и используются для управления рецептами, при организации процессов дозирования. В качестве языка программирования выбран JavaScript с подключенной библиотекой jQuery. Программирование осуществляется в бесплатно распространяемой среде Notepad++. Программное обеспечение, разработанное на основе технологии Java, обладает рядом преимуществ для промышленных пользователей. Основным преимуществом считают независимость от аппаратной платформы и операционной системы. Кроме того, разработка автоматизированного онлайн-калькулятора, к которому можно получить доступ на любом персональном компьютере, подключенном к сети Internet, значительно упрощает работу технолога.

Ключевые слова: онлайн-калькулятор, расчет рецептуры, тесто, приготовление теста

Online-calculator “A calculation of baking formula” for automated workplace of operator-technologist

Tatyana G. Shevtsova [1] shevcova-t@yandex.ru
Roman V. Kotliarov [1] kotliarov_rv@mail.ru
Vera V. Romanova [1] romvvaer@mail.ru
Anna N. Krol [1] anna.krol.79@mail.ru
Inga A. Litvinova [1] ingalitvinova@mail.ru
Oksana A. Ivina [2] ivina-oksana@mail.ru

[1] Kemerovo state university, Krasnaya St., 6 Kemerovo, 650000, Russia
[2] Kuzbass state technical University named after T. F. Gorbachev, Vesenyaya st., 28, Kemerovo, 650000, Russia

Abstract. Calculation of recipes of dough for bakery products is a significant and routine operation. Doughing is the main stage of technological process in bakery production. The quality of both the dough and the final product is caused by baking properties of flour and also a ratio of water, yeast, salt, sugar and cooking fat. The recipe of a bakery product is developed for the purpose of its production with the required properties due to assigned amount of components. Development of the automated calculator for calculation and correction of the recipes of bakery products is explained by the bakery technologist’s daily need in calculating the amount of components. Basic data for calculation are type, quantity and humidity of the main (flour, grain products) and additional components (sugar, butter, cocoa and others), amount of flour which is used for preparation of ferment. The technique of calculation of recipes of fermented dough and non-fermented dough is considered. There are panels for the choice of a way of doughing, for setting the amount of flour and grain products, and other components, setting additional data, and the result of calculation of recipes. The data found during the calculation of the recipe of bakery products come to the database and are used for controlling the recipes, for proper dosing. The programming language JavaScript with jQuery library is chosen. Programming is carried out in free source code editor Notepad++ The source code editor developed on the basis of Java technology has a number of advantages for industrial consumers. The main advantages are independence of the hardware platform and the operating system. Besides, development of the automated online calculator accessible on any personal computer connected to Internet network simplifies considerably the technologist’s work.

Keywords: online calculator, calculation of recipes, dough, doughing

Для цитирования

Шевцова Т.Г., Котляров Р.В., Романова В.В., Кроль А.Н., Литвинова И.А., Ивина О.А. Онлайн-калькулятор «Расчет рецептур хлебобулочных изделий» для АРМ оператора-технолога // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 201–206. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-201-206

For citation

Shevtsova T.G., Kotliarov R.V., Romanova V.V., Krol A.N., Litvinova I.A., Ivina O.A. Online-calculator “A calculation of baking formula” for automated workplace of operator-technologist. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 201–206. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-201-206

Введение и постановка задачи

Приготовление теста является основным этапом технологического процесса производства хлебобулочных изделий. Качество теста и конечного продукта обусловлено хлебопекарными свойствами муки, а также соотношением воды, дрожжей, соли, сахара и жировых продуктов.

Рецептура хлебобулочного изделия разрабатывается с целью его изготовления с требуемыми свойствами за счет соблюдения установленного количества сырья [1–2]. Калькулирование рецептур для хлебобулочных изделий – это, с одной стороны, ответственная, с другой стороны, рутинная операция. В связи с этим разработка калькулятора, который необходим технологу хлебопекарного производства, является актуальной задачей.

Основным программным обеспечением автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора-технолога является SCADA-система [5–6], которая позволяет визуализировать технологический процесс с возможностью контроля и архивирования отдельных технологических параметров, а также реализовать функции управления оборудованием. Разработка онлайн-калькулятора, который может быть встроен в экранные формы SCADA-системы [7–9], значительно упрощает работу оператора-технолога, поскольку позволяет оперативно корректировать рецептуру хлебобулочных изделий [10] в процессе их изготовления.

Исходными данными для расчета являются: тип, количество и влажность основных (мука, зернопродукты) и дополнительных компонентов (сахарный песок, масло сливочное, какао и др.), количество муки, которая используется для приготовления опары (таблицы 1 и 2), влажность теста ($W_т$, %) и опары ($W_{оп}$, %), количество муки на замес (А, кг). После ввода указанных данных необходима проверка их корректности.

1. Расчет рецептуры ведется на 100 кг муки и зернопродуктов, поэтому их суммарное количество $\sum m_i = 100$.

2. Влажность основных компонентов должна быть задана больше нуля, т. е. $Wm_i > 0$.

3. Суммарное количество дополнительных компонентов должно быть не более 100 кг, т. е. $\sum n_i \le 100$.

4. Влажность теста в соответствии с требованиями нормативной документации [1, 2] находится в пределах от 30 до 70%, т. е. $30 \le W_т \le 70$.

5. Количество муки на замес должно быть больше нуля, т. е. $A > 0$.

Таблица 1.

Задание типа, количества и влажности основных компонентов

Table 1.

Setting the type, quantity and humidity of the main components

Наименование основного компонента The name of the main component	Количество, кг Quantity, kg	Влажность компонента, % Component humidity, %	Доля сырья, которое необходимо для приготовления опары, % The share of raw materials that are necessary for the preparation of dough, %	Наименование основного компонента The name of the main component
Name_m_1	m_1	W_{m1}	Δm_1	Name_m_1
Name_m_2	m_2	W_{m2}	Δm_2	Name_m_2
…	…	…	…	…
Name_m_i	m_i	W_{mi}	Δm_i	Name_m_i

Таблица 2.

Задание типа, количества и влажности дополнительных компонентов

Table 2.

Setting the type, quantity, and humidity of additional components

Наименование дополнительного компонента The name of the additional component	Количество, кг Quantity, kg	Влажность компонента, % Component humidity, %	Доля сырья, которое необходимо для приготовления опары, % The share of raw materials that are necessary for the preparation of dough, %	Наименование дополнительного компонента The name of the additionalcomponent
Name_n_1	n_1	W_{n1}	Δn_1	Name_n_1
Name_n_2	n_2	W_{n2}	Δn_2	Name_n_2
…	…	…	…	…
Name_n_i	n_i	W_{ni}	Δn_i	Name_n_i

Далее определяется количество каждого компонента X по формулам:

$$X_i = m_i \frac{A}{\sum m_i},$$

$$X_i = n_i \frac{A}{\sum m_i}.$$

Количество воды ($B_в$, кг) рассчитывается по формуле:

$$B_B = \sum\left(X_i \frac{100\text{-}W_i}{100}\right)\left(\frac{100}{100\text{-}W_T}\right) - \sum X_i,$$

где W_i принимает значение W_{mi} или W_{ni} в зависимости от компонента.

Количество воды в тесто ($B_т$, кг) определяется формулой:

$$B_T = \left(\sum\left(X_i \frac{100 - W_i}{100}\right)\right)\left(\frac{100}{100 - W_T}\right).$$

При расчете рецептуры приготовления теста опарным способом нужно учесть, что часть муки (иногда 100%) идет в опару, а оставшаяся часть – в тесто. Также в опару могут добавляться любые дополнительные компоненты, как правило, в полном объеме.

Количество воды, необходимое для замеса опары, рассчитывается по формуле:

$$B_{в_оп} = \sum\left(Y_i \frac{100 - W_i}{100}\right)\left(\left(\frac{100}{100 - W_{оп}}\right)\right)\sum Y_i,$$

где W_i принимает значение W_{mi} или W_{ni} в зависимости от компонента; Y_i – количество компонента, кг.

Выход опары определяется формулой:

$$Y_{оп} = \sum\left(Y_i \frac{100 - W_i}{100}\right)\left(\left(\frac{100}{100 - W_{оп}}\right)\right).$$

Полученная опара ($Y_{оп}$) используется для замеса теста, т. е. все ее компоненты полностью переходят в тесто.

Количество воды, необходимое для замеса теста, рассчитывается по формуле:

$$B_{в_т} = \left(\sum\left(Y_i \frac{100 - W_i}{100}\right) + Y_{оп} \frac{100 - W_{оп}}{100}\right) \times \left(\frac{100}{100 - W_т}\right)\sum Y_i.$$

Расчетные формулы определены [2].

Материалы и методы

В качестве языка программирования выбран JavaScript с подключенной библиотекой jQuery. Программирование осуществляется в бесплатно распространяемой среде Notepad++ (рисунок 1).

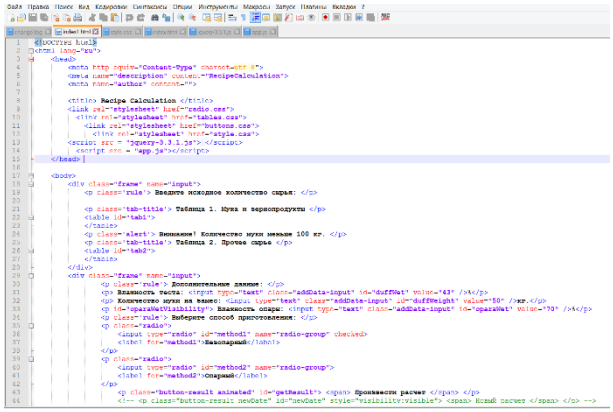


Рисунок 1. Среда Notepad++ с листингом программы

Figure 1. Notepad ++ with program listing

Программное обеспечение, разработанное на основе технологии Java, обладает рядом преимуществ для промышленных пользователей [3–4]. Основным преимуществом считают независимость от аппаратной платформы и операционной системы, т. е. Java совместим с платформой Microsoft Windows/Intel и другими, в частности, Linux. Также технология Java поддерживает такие ИТ-стандарты передачи данных внутри предприятия, как SQL, XML, Web-службы и др. Кроме того, Java позволяет обеспечить взаимодействие между производством и руководством предприятия.

Отмечено, что Java может улучшить возможность существующей системы программируемого логического контроллера (ПЛК) фиксировать и передавать данные о процессе/производстве на управляемое оборудование. Информация становится доступной как локальным, так и удаленным пользователям. Это позволяет своевременно осуществлять поддержку решений, которые визуально представляются оператору в систему диспетчерского управления предприятием.

Оборудование автоматизации и управления компании Schneider Electric имеет встроенные агенты диагностики Java для удаленного мониторинга приборов. Таким образом, любой пользователь на предприятии может получить информацию через HTTP, диагностику через разрешающий браузер Java и определяемые пользователем Web-страницы.

Результаты и обсуждение

Разработанный онлайн-калькулятор имеет несколько рабочих панелей и предполагает следующие этапы работы [4].

На первом этапе необходимо задать исходное количество сырья. В первую очередь задается вид и количество муки (кг). Влажность муки 14,5% [1] является постоянной величиной. Количество муки и зернопродуктов задается с помощью панели (рисунок 2).

Введите исходное количество сырья:

Таблица 1. Мука и зернопродукты

Наименование	Кол-во, кг.	Влажность,%	Доля в опару,%
Мука ржаная обдирная	20	14.5	0
Мука пшеничная высший сорт	80	14.5	25
Мука пшеничная I сорт	0	14.5	0
Мука пшеничная II сорт	0	14.5	0

Рисунок 2. Задание количества муки и зернопродуктов

Figure 2 Setting the amount of flour and grain products

В случае если суммарное количество муки меньше 100 кг, калькулятор сигнализирует об ошибке. Если суммарное количество муки выше 100 кг, калькулятор не позволяет принять данные. Ввод дополнительных видов муки не предусмотрен.

Далее необходимо задать прочее сырье: тип, количество (кг) и доля участия компонентов при производстве опары (рисунок 3).

Наименование	Кол-во, кг.	Влажность,%	Доля в опару,%
Сахарный песок	3	0.15	0
Сахарная пудра	0	0.15	0
Патока	0	22	0
Глюкоза	0	9	0
Мед	0	22	0
Припасы фруктово-ягодные	0	40	0
Подварки фруктово-ягодные	0	31	0
Варенье, фрукты из варенья	0	28	0
Джем	0	28	0
Повидло	0	31	0
Изюм	0	20	0
Масло сливочное	0	16	0
Масло топленое	0	1	0
Маргарин	0	16	0
Твердый жир	0	0.3	0
Фритюрный жир (гидрожир)	0	0.3	0
Кондитерский жир	0	0.3	0
Масло подсолнечное рафин.	0	0.1	0
Масло подсолнечное нерафин.	0	0.1	0
Какао масло	0	0	0
Какао тертое	0	2.6	0
Какао порошок	0	5	0
Молоко цельное			
- свежее	0	88	0
- сгущеное с сахаром	0	26	0
- сухое	0	5	0
Молоко обезжиренное			
- сгущенное с сахаром	0	30	0
- сухое	0	5	0
Сметана	0	63	0
Сливки сухие	0	6	0
Сливки			
- 20%-ной жирности	0	70	0
- 30%-ной жирности	0	63	0
- 35%-ной жирности	0	52.7	0
- сгущенные с сахаром	0	26	0
- сухие с сахаром	0	6	0
Мак	0	4.5	0

Рисунок 3. Задание дополнительного сырья

Figure 3. Setting the amount of additional components

Затем вводят дополнительные данные (рисунок 4):

— влажность теста, %;
— количество муки на замес, кг;
— влажность опары, %.

При этом влажность опары не должна превышать 70%.

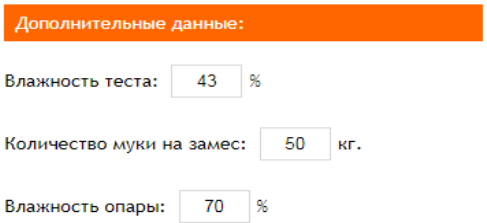


Рисунок 4. Задание дополнительных данных

Figure 4. Setting additional data

Онлайн-калькулятор автоматически производит расчет (рисунок 5), в результате которого определяются следующие показатели:

— количество воды в опару, кг;
— количество воды в тесто, кг;
— выход теста, кг.

В случае необходимости расчет можно повторить.

Результаты расчета:

Таблица 3. Рабочая рецептура

Наименование	Кол-во, кг.	Влажность,%	Доля в опару,%
РЕЦЕПТУРА ОПАРЫ			
Мука пшеничная высший сорт	10.00	14.5	25
Дрожжи прессованные	2.50	70	100
Вода в опару	18.5 кг.		
РЕЦЕПТУРА ТЕСТА			
Опара	31.0 кг.		
Мука ржаная обдирная	10.00	14.5	0
Мука пшеничная высший сорт	30.00	14.5	25
Сахарный песок	1.50	0.15	0
Соль пищевая	1.00	0	0
Вода в тесто	7.2 кг.		
Выход теста	80.7 кг.		

Рисунок 5. Результаты расчета рецептуры хлебобулочных изделий

Figure 5. The results of the calculation of the formulation of bakery products

Результаты расчета рецептуры хлебобулочных изделий, полученные при калькулировании, поступают в специально организованную базу данных. Эти данные используются для управления рецептами, например, при организации процессов дозирования.

Заключение

Работа с рецептами является одним из важных инструментов автоматизации технологических и производственных процессов. Чем сложнее автоматизируемый процесс, чем выше гибкость создаваемого оборудования и степень его автоматизации, тем больше требований предъявляется к особенностям реализации и функциям рецептур. Особенно важны рецептуры

при автоматизации таких процессов, как приготовление напитков, молочной продукции, строительных смесей, бытовой химии, краски, термообработки материалов (печей) и других.

В организованных базах данных все переменные представлены в виде списка. Значения можно использовать многократно, а базу данных – редактировать и дополнять.

Результатом внедрения базы данных рецептов является повышение надежности и производительности предприятия, сокращение нагрузки на персонал, задействованный в производственном процессе, уменьшение стоимости единицы готовой продукции при увеличении общего объема производства.

ЛИТЕРАТУРА

1 ГОСТ Р 55972–2014. Изделия хлебобулочные. Рецептура и технологическая инструкция. Общие требования к оформлению, построению и содержанию. М.: Стандартинформ, 2014.

2 ГОСТ 32677–2014. Изделия хлебобулочные. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2015.

3 Быков А.Ю., Панфилов Ф.А., Сумарокова О.О. Имитационное моделирование с применением библиотеки классов языка Java, разработанной для «облачных» сервисов // Инженерный журнал: наука и инновации. 2013. № 2 (14). С. 10.

4 Ермаков М.К., Вартанов С.П. Подход к проведению динамического анализа java-программ методом модификации виртуальной машины java // Труды Института системного программирования РАН. 2015. Т. 27. № 2. С. 23–38.

5 Gonzalez E., Stephen B., Infield D., Melero J.J. On the use of high-frequency SCADA data for improved wind turbine performance monitoring // Journal of Physics: Conference Series. 2017. V. 926. doi: 10.1088/1742-6596/926/1/012009

6 Wrobel A., Placzek M. Visualization systems for industrial automation systems // IOP Conference Series Materials Science and Engineering. 2018. V. 400. doi: 10.1088/1757-899X/400/6/062032

7 Nugraha E., Abdullah A.G., Hakim D.L. Designing a SCADA system simulator for fast breeder reactor // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016. V. 128. doi: 10.1088/1757-899X/128/1/012006

8 Leahy K., Gallagher C., Bruton K., O'Donovan P. et al. Automatically Identifying and Predicting Unplanned Wind Turbine Stoppages Using SCADA and Alarms System Data: Case Study and Results // Journal of Physics: Conference Series. 2017. V. 926. doi: 10.1088/1742-6596/926/1/012011

9 Do M.-T., Berthaut-Gerentes J. Optimal time step of SCADA data for the power curve of wind turbine // Journal of Physics: Conference Series. 2018. V. 1102.

10 Чеботарева Е.Ю., Янова М.А., Мучкина Е.Я. Разработка композитных смесей с использованием пшеничной и ячменной мучки зерна для хлебобулочных изделий // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 11 (110). С. 125–130.

REFERENCES

1 GOST R 55972–2014. Izdeliya khlebobulochnyye. Retseptura i tekhnologicheskaya instruktsiya. Obshchiye trebovaniya k oformleniyu, postroyeniyu i soderzhaniyu [State Standard 55972–2014. Bakery products. Formulation and technological instruction. General requirements for design, construction and content]. Moscow, Standardinform, 2014. (in Russian).

2 GOST 32677–2014. Izdeliya khlebobulochnyye. Terminy i opredeleniya [State Standard 32677–2014. Bakery products. Terms and definitions]. Moscow, Standardinform, 2015. (in Russian).

3 Bykov A.Yu., Panfilov F.A, Sumarokova O.O. Simulation with usage of the Java class library, developed for “cloud” services. *Inzhenernyy zhurnal: nauka i innovatsii* [Engineering Journal: Sciense and Innovation]. 2013. no. 2 (14). pp. 10. (in Russian).

4 Ermakov M.K., Vartanov S.P. The approach to the dynamic analysis of java programs by modifying the java virtual machine. *Trudy Instituta sistemnogo programmirovaniya RAN* [Proceedings of the Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences]. 2015. vol. 27. no. 2. pp. 23–38. (in Russian).

5 Gonzalez E., Stephen B., Infield D., Melero J.J. On the use of high-frequency SCADA data for improved wind turbine performance monitoring. Journal of Physics: Conference Series. 2017. vol. 926. doi: 10.1088/1742-6596/926/1/012009

6 Wrobel A., Placzek M. Visualization systems for industrial automation systems. IOP Conference Series Materials Science and Engineering. 2018. vol. 400. doi: 10.1088/1757-899X/400/6/062032

7 Nugraha E., Abdullah A.G., Hakim D.L. Designing a SCADA system simulator for fast breeder reactor. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016. vol. 128. doi: 10.1088/1757-899X/128/1/012006

8 Leahy K., Gallagher C., Bruton K., O'Donovan P. et al. Automatically Identifying and Predicting Unplanned Wind Turbine Stoppages Using SCADA and Alarms System Data: Case Study and Results. Journal of Physics: Conference Series. 2017. vol. 926. doi: 10.1088/1742-6596/926/1/012011

9 Do M.-T., Berthaut-Gerentes J. Optimal time step of SCADA data for the power curve of wind turbine. Journal of Physics: Conference Series. 2018. vol. 1102.

10 Chebotareva Ye.Yu., Yanova M.A., Muchkina Ye.Ya. Development of composite mixtures using wheat and barley grain flour for bakery products. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University]. 2015. no. 11 (110). pp. 125–130. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Татьяна Г. Шевцова ст. преподаватель, кафедра автоматизации производственных процессов и АСУ производств, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия, shevcova-t@yandex.ru

Роман В. Котляров к.т.н., доцент, кафедра автоматизации производственных процессов и АСУ производств, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия, kotliarov_rv@mail.ru

Вера В. Романова к.т.н., доцент, кафедра общей математики и информатики, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия, romvvaer@mail.ru

Анна Н. Кроль к.т.н., доцент, кафедра техносферной безопасности, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия, anna.krol.79@mail.ru

Инга А. Литвинова к.т.н., доцент, кафедра общей математики и информатики, Кемеровский государственный университет), ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия, ingalitvinova@mail.ru

Оксана А. Ивина к.т.н., доцент, кафедра информационных и автоматизированных производственных систем, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, ул. Весенняя, 28, г. Кемерово, 650000, Россия, ivina-oksana@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 29.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 19.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Tatyana G. Shevtsova senior lecturer, automation of production processes and production management systems department, Kemerovo state university, Krasnaya St., 6 Kemerovo, 650000, Russia, shevcova-t@yandex.ru

Roman V. Kotliarov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, automation of production processes and production management systems department, Kemerovo state university, Krasnaya St., 6 Kemerovo, 650000, Russia, kotliarov_rv@mail.ru

Vera V. Romanova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, general mathematics and computer science department, Kemerovo state university, Krasnaya St., 6 Kemerovo, 650000, Russia, romvvaer@mail.ru

Anna N. Krol Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technosphere safety department, Kemerovo state university, Krasnaya St., 6 Kemerovo, 650000, Russia, anna.krol.79@mail.ru

Inga A. Litvinova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, general mathematics and computer science department, Kemerovo state university, Krasnaya St., 6 Kemerovo, 650000, Russia, ingalitvinova@mail.ru

Oksana A. Ivina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, information and automated production systems department, Kuzbass state technical University named after T.F. Gorbachev, Vesenyaya st., 28, Kemerovo, 650000, Russia, ivina-oksana@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.29.2019

ACCEPTED 2.19.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 644

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-207-212

Оценка свойств мяса кролика как сырья для производства функциональных продуктов

Людмила В. Антипова [1] antipova.l54@yandex.ru
Яна А. Попова [1] bimine@yandex.ru
Анна В. Черкасова [1] anna2016cherkasova@yandex.ru

[1] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Представлены результаты исследований массового выхода и состава анатомических участков тушки кроликов, механизмы автолиза мяса кроликов и гистоморфологические изменения во время протекания автолиза. Определена степень перевариваемости белков мышечной ткани кроликов. Объектом исследования служили тушки Калифорнийского кролика. Установлено, что процесс созревания мяса завершится через 8 часов. Созревшее мясо характеризуется более высокой пищевой ценностью и качеством. Развивающиеся процессы в тушке кролика влияют на функционально-технологические свойства мяса во время разрешения посмертного окоченения и в начале стадии созревания. Функционально-технологические свойства составляют: 53,7 % – водосвязывающая способность и 50,6 % – водоудерживающая способность. Спустя 24 часа после убоя, функционально-технологические свойства в целом увеличились до 64,1 и 61,7 соответственно, что соответствует 85% процентам от парного мяса. Такие показатели функционально-технологических свойств обуславливаются высоким содержанием высококачественных полноценных белков. Отмечена высокая перевариваемость белковых компонентов мышечной ткани кроликов. Стадии автолиза проиллюстрированы микроструктурными и качественными характеристиками мяса кроликов. Выявлен глубокий характер протекания автолитических процессов в длиннейшей мышце спины спустя 12 часов после убоя кролика, в результате которых формируются физико-химические, биохимические, органолептические свойства мяса, обеспечивающие высокое качество продукции. Менее интенсивные процессы протекали в мышечной ткани грушевидной мышцы, а также предлопаточной мышцы, объясняется особенностями структуры этих частей мышечной системы. Результаты исследования свидетельствуют о перспективности использования мяса кроликов в производстве функциональных продуктов. Разработанные технологии позволяют учитывать предпочтения и уровень дохода потребителей.

Ключевые слова: мясо кроликов, автолиз, парное мясо, созревание, окоченение, мышечная ткань, перевариваемость, функционально-технологические свойства.

Evaluation of rabbit meat properties as raw material for functional products manufacturing

Lyudmila V. Antipova [1] antipova.l54@yandex.ru
Yana A. Popova [1] bimine@yandex.ru
Anna V. Cherkasova [1] anna2016cherkasova@yandex.ru

[1] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The research results of the mass yield and composition of the anatomical areas of rabbits carcass, the mechanisms of autolysis of rabbit meat and histomorphological changes during the course of autolysis were presented in the work. The degree of protein digestibility of rabbit muscle tissue was determined. The object of research was the California rabbit carcass. It was established that the process of meat maturing would be completed in 8 hours. Matured meat is characterized by higher nutritional value and quality. The developing in the rabbit carcass processes affect the functional and technological properties of meat during the rigor mortis resolution and at the beginning of the maturing stage. Functional and technological properties are: 53.7% - water-binding capacity and 50.6% - water-holding capacity. 24 hours later after slaughter, the functional and technological properties as a whole increased to 64.1 and 61.7, respectively, which corresponds to 85% of fresh-killed meat. Such indicators of functional and technological properties are due to the high content of high-quality complete proteins. The high digestibility of the protein components of rabbits muscle tissue was observed. The autolysis stages were illustrated by the microstructural and qualitative characteristics of rabbit meat. The deep character of autolytic processes in the longest back muscle 12 hours after rabbit slaughter, which resulted in the formation of physico-chemical, biochemical, organoleptic properties of meat, ensuring products high quality was identified. Less intensive processes took place in the muscle tissue of piriformis muscle, as well as the pre-blade muscle, which was explained by the structure peculiarities of these parts of the muscular system. The research results indicate the prospects of rabbit meat using in functional products manufacturing. The technologies developed allow to take into account preferences and income level of consumers.

Keywords:rabbit meat, autolysis, fresh-killed meat, maturing, mortification, muscle tissue, digestibility, functional and technological properties.

Введение

В доктрине продовольственной безопасности (от 25 октября 2010 года) обозначена гарантированная возможность производства безопасных пищевых продуктов. Залогом ее выполнения является экономическая устойчивость внутреннего производства в объемах и ассортименте, которые отвечают современным нормам потребления продуктов питания [1].

Государственная политика направлена на поиски путей решения по возобновлению биологически активных ресурсов для удовлетворения физиологических норм. Огромная роль белков в жизнедеятельности человека, незаменимость их функций и постоянно

Для цитирования
Антипова Л.В., Попова Я.А., Черкасова А.В.Оценка свойств мяса кролика как сырья для производства функциональных продуктов //Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 207–212. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-207-212

For citation
Antipova L.V., Popova Ya.A., Cherkasova A.V.Evaluation of rabbit meat properties as raw material for functional products manufacturing. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 207–212. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-207-212

увеличивающийся дефицит в питании человека обусловливает постоянно возрастающее внимание к этой проблеме [2].

Цель работы – исследование автолитических процессов в мясе кролика и их влияния на функционально-технологические свойства мяса.

Знание процессов автолиза позволит правильно применять мясо с технологической точки зрения и производить качественные продукты питания.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования были выбраны тушки Калифорнийского кролика в возрасте 3 месяцев. Средняя масса полученной тушки кролика составила 1,4 кг.

В ходе исследований проведен замер температуры тушки в процессе реализации технологии убоя (таблица 1).

Таблица 1.

Изменение температуры тушки кролика, °С

Table 1.

The temperature change of the rabbit carcasses, °C

Сразу после убоя Immediately after slaughter	Часы | Hours		
	1	2	3
39,3	37,5	34,8	32,6

Результаты и обсуждение

В соответствии с классическими представлениями биохимии автолиза начинается процесс анаэробного распада гликогена. Поскольку кислород больше не поступает в организм становится невозможным процесс ресинтеза гликогена. Гликоген в мышечных волокнах начинает распадаться сразу же после убоя, что приводит к накоплению молочной и фосфорной кислот и понижению pH. Данный процесс в тушке кролика соответствует классическому протеканию процесса автолиза. Для изучения послеубойных превращений в тушке кролика нами была изучена динамика изменения pH (таблица 2, рисунок 1).

Таблица 2.

Изменение pH тушки кролика

Table 2.

The change in the pH of rabbit carcasses

Сразу после убоя | Immediately after slaughter	Часы | Hours							
	1	2	3	4	5	6	7	8
7,0	6,6	5,7	5,5	5,7	5,9	6,0	6,1	6,2

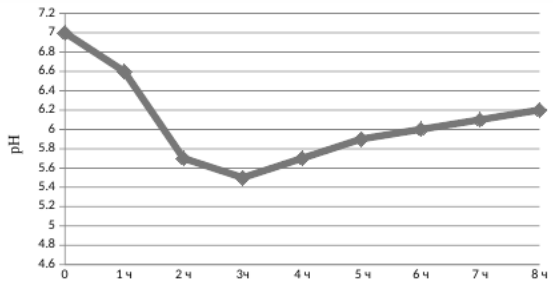


Рисунок 1. Динамика изменения pH

Figure 1. Dynamics of pH change

Как видно из рисунка 1, в момент снятия первой точки, мышечные ткани тушки кролика находились в парном состоянии, pH составляла 7 ед. Спустя 60 мин с момента убоя начинают активно развиваться процессы «посмертного окоченения», pH тканей начинает снижается в кислую сторону. Через 3 ч после убоя наступает посмертное окоченение. Процесс начинается с шейного отдела: мясо становится жестким, теряет эластичность, мышечные волокна сильно сокращены. Из-за смещения pH в кислую сторону возрастает устойчивость мяса к различным гнилостным микроорганизмам. Процесс разрешения посмертного окоченения в тушке начинается после 4 ч с момента убоя. Спустя 8 ч после убоя развивается процесс созревания мяса. Мышцы расслаблены, уменьшаются их прочностные показатели, созревшее мясо имеет более высокую пищевую ценность, чем мясо в стадии окоченения. Развивающиеся процессы в тушке кролика влияют на функционально-технологические свойства мяса. Чтобы получить возможность оценить эффективность рационального использования тушки кролика в промышленном производстве, нами были определены некоторые функционально-технологические свойства мышечной ткани (таблица 3).

Таблица 3.

Изменение функционально-технологических свойств мяса кролика

Table 3.

Changes in functional and technological properties of rabbit meat

Функционально технологические свойства | Functional and technological properties	Часы | Hours						
	0	1	3	5	7	9	24
Водосвязывающая способность | Water binding capacity	75,3	60,2	27,5	45,4	53,7	58,6	64,1
Водоудерживающая способность | Water retention ability	72,7	58,6	24,1	43,2	50,6	55,9	61,7
Жироудерживающая способность | Fat retention ability	71,8	59,2	29,5	47,4	53,8	57,4	63,3

Из данных таблицы 3 видно, что функционально-технологические свойства мышечной ткани кролика сильно изменяются со временем. В первую очередь, это связано с изменениями pH среды и количеством влаги в мышцах. Наибольшая водосвязывающая способность и водоудерживающая способность наблюдались у парного мяса – более 70%, во время начала процесса посмертного окоченения функционально-технологические свойства резко уменьшаются до 60,2 и 58,6% соответственно.

По прошествии 3 ч после убоя наступает процесс окоченения, водосвязывающая способность и водоудерживающая способность находятся на очень низком уровне – 27,5 и 24,1 соответственно, что свидетельствует об изменении состава белков и структуры мышечных волокон. В ходе наших исследований было установлено, что во время разрешения посмертного окоченения и в начале стадии созревания функционально-технологические свойства увеличиваются и составляют: 53,7% – водосвязывающая способность и 50,6% – водоудерживающая. При повторном исследовании в момент стадии созревания мяса спустя 24 ч после убоя, функционально-технологические свойства увеличились до 64,1 – водосвязывающая способность и 61,7 – водоудерживающая способность, что соответствует 85% от парного мяса. Такие показатели функционально-технологических свойств обусловливаются высоким содержанием высококачественных полноценных белков. В технологиях производства, ориентированных на получение мясного сырья с наивысшими показателями нежности, применяют выдержку при температуре 3–5 °С, говядины 14–28 дней, свинины 7–12 сут, мяса кур и кроликов 12–24 ч. Стадия созревания мясного сырья наиболее важна и пригодна для использования его в технологических целях, поскольку в процессе созревания происходит расщепление белковых молекул с образованием более простых соединений (актомиозин → актин + миозин). Со временем происходит кумулятивное накопление аминного азота в мышцах, что в итоге может привести к началу процессов гниения. Жироудерживающая способность изменялась согласно уровню pH, но оставалась относительно на высоком уровне на протяжении всего эксперимента, что объясняется невысокой массовой долей жировой ткани в самом мясе кролика.

Чтобы обеспечить возможность рационального использования тушки кролика, были проведены исследования перевариваемости мышечной ткани кролика на стадии созревания (таблица 4).

Таблица 4.

Перевариваемость белковых компонентов

Table 4.

Digestibility of protein components

Наименование части тушки The name of the rabbit carcasses	Накопление продуктов ферментативного гидролиза (мкг/см^3) при длительности гидролиза, ч Accumulation of products of enzymatic hydrolysis (μg/cm^3) for a duration hydrolysis, h					
	пепсином / pepsin			трипсином / trypsin		
	1	2	3	4	5	6
Спинно-лопаточная | Dorso-scapular	0,28	0,43	0,64	0,92	1,10	1,34
Длиннейшая мышца спины Longest muscle in the back	0,25	0,38	0,58	0,89	1,02	1,27
Тазобедренная | Hip	0,21	0,35	0,56	0,84	0,94	1,20

Данные таблицы 4 свидетельствуют о том, что мясо кролика различных анатомических участков перевариваются ферментами желудочно-кишечного тракта высоко, примерно на одном уровне. Все три образца прошли тепловую обработку и варку. Отличная атакуемость ферментами ЖКТ белковых молекул объясняется высокой степенью релаксации мышц при минимальном содержании акто-миозинового комплекса. Во время развития автолитических превращений на стадии окоченения разваримаемость коллагена, а также переход его в глютин снижается при нагревании, но спустя небольшой промежуток времени снова увеличивается. Мясо на данной стадии автолиза очень плохо перевариваются пепсином, и почти полностью отсутствуют вкус и аромат.

С целью изучения микроструктурных характеристик были проведены гистологические исследования мышечной ткани предлопаточной мышцы, длиннейшей мышцы спины, грушевидной мышцы кролика.

После момента убоя мышцы максимально расслаблены, наблюдалась небольшая механическая прочность и мягкая консистенция, отмечалась небольшая деформация волокон. Микрокопирование гистологических препаратов выявило характерную структуру мышечной ткани.

Материал хранили в условиях холодильника при t = 4 °С. Окраска гематоксилин-эозином.

Поперечный срез выявляет периферическое расположение ядер. Мышечная ткань длиннейшей мышцы спины, изъятая непосредственно после убоя, представлена длинными волокнами без видимых включений соединительных тканей. Следует отметить, что по сравнению с мышечной тканью длиннейшей мышцы спины предлопаточная мышца в парном состоянии включает более обширные жировые прослойки. Микроструктура мышечной ткани грушевидной мышцы характеризуется более сочными эозофильными волокнами, прилегающими к участкам рыхлой соединительной и жировой ткани.

По результатам исследования было установлено, что структура мышечной ткани длиннейшей мышцы спины спустя 1 ч после убоя показывает небольшие зоны сокращения, рядом с которыми начинают выявляться мышечные волокна зигзагообразной формы, но мышцы все еще в состоянии расслабления. В микроструктуре мышечной ткани грушевидной мышцы выявляются единичные участки сокращения. Следовательно, можно заключить, что период послеубойного сокращения наступает несколько раньше в длиннейшей мышце спины. Это можно объяснить большим развитием миофибриллярной структуры этого участка мышечной системы. Кроме того, подтверждением более активных автолитических процессов в мышечной ткани длиннейшей мышцы спины является то, что уже после 1 часа хранения в мышечных волокнах появляются единичные щелевые разрушения.

Спустя 3 ч с момента убоя процесс посмертного окоченения достигает своего пика, pH мяса опускается в кислую сторону и находится на уровне 5,5 ед. Мышечные волокна значительно деформированы, наблюдается сильная зигзагообразная изогнутость. Видны дугообразные и S-образные изгибы. Большинство волокон сокращено, отмечается поперечная исчерченность.

Результаты микроскопирования длиннейшей мышцы спины спустя 3 ч приведены на рисунке 2.

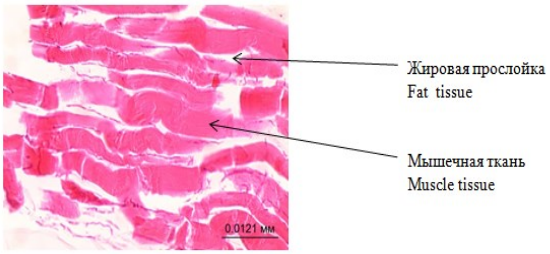


Рисунок 2. Микроструктура мяса кролика спустя 3 ч после убоя (длиннейшая мышца спины). Увеличение×200

Figure 2. The microstructure of the rabbit meat after 3 hours after slaughter (longissimus the back). Magnification×200

На рисунке 2 видно, что в мышечной ткани наблюдаются более обширные участки разволокнения, происходит разрушение мышечных волокон, появляются многочисленные участки деструкции, в основном появление перпендикулярных к длине мышечных волокон щелевидных разрывов.

В мышечной ткани грушевидной мышцы подобные явления наблюдались, но их проявление фракционировалось меньшей степенью (рисунок 3).

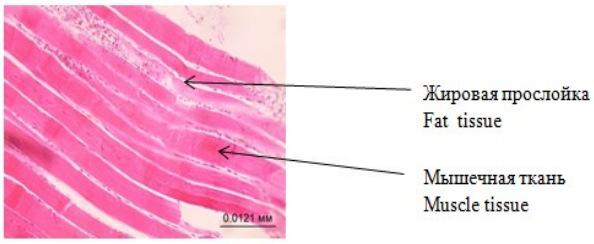


Рисунок 3. Микроструктура мяса кролика спустя 3 ч после убоя (грушевидная мышца). Увеличение×200

Figure 3. Microstructure of rabbit meat 3 hours after slaughter (pear muscle). Magnification×200

Анализируя рисунок 3, необходимо отметить, что в мышечной ткани грушевидной мышцы изменения выразились в разволокнении мышечных волокон, появлении обширных разрывов, разрушении структур ядер.

Результаты микроскопирования предлопаточной мышцы спустя 3 ч хранения приведены на рисунке 4.

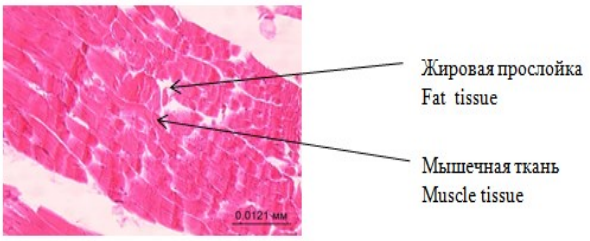


Рисунок 4. Микроструктура мяса кролика спустя 3 ч после убоя (предлопаточная мышца). Увеличение×200

Figure 4. Microstructure of rabbit meat 3 hours after slaughter (scapular muscle). Magnification×200

Как видно из рисунка 4, микроструктура мяса через 3 ч после убоя показывает, что активное протекание автолитических процессов в предлопаточной мышце проявилось в виде глубокой фрагментации мышечных волокон, нарушении и разрушении структур ядер, появлении обширных разрывов.

Спустя 6 ч с момента убоя в мясе происходят процессы окоченения. Мышечные волокна постепенно выпрямляются. Все еще сокращено

большинство волокон, но встречаются расслабленные волокна. Исчерченность волокон видна плохо, некоторые мышечные волокна раздвинуты и между ними видно пространство.

Через 12 ч после убоя активные автолитические процессы в мышечной ткани исследуемых мышц были практически завершены. Спустя 12 ч в длиннейшей мышце спины автолитические процессы носили достаточно глубокий характер. Следовательно, можно рассматривать их как стадию глубокого автолиза, в результате которого формируется физико-химическое, биохимическое, органолептическое качество мяса, обеспечивающее высокое качество продукции. Менее интенсивные процессы протекали в мышечной ткани грушевидной, а также предлопаточной мышцы что, по нашему мнению, объясняется особенностями структуры этих частей мышечной системы.

Заключение

Основываясь на результатах исследования, авторами разработана и предлагается рациональная разделка тушек кроликов с выделением наиболее ценных для нее частей. Из полученных продуктов разделки предлагается производить мясокостные и бескостные натуральные полуфабрикаты с высокой пищевой ценностью.

ЛИТЕРАТУРА

1 Об основах государственной политики в области здорового питания населения Российской Федерации на период до 2020 года: распоряжение правительства РФ № 1873-р от 25 октября 2010 г. URL: http://docs.cntd.ru/document/902242308

2 Антипова Л.В., Сторублевцев С.А., Успенская М.Е., Попова Я.А. и др. Комплексная переработка кроликов: традиции и инновации: монография. Воронеж, 2017. 377 с.

3 Антипова Л.В., Василенко О.А., Щетинина С.А. Использование продуктов переработки кроликов для производства диетических продуктов // Производство продуктов здорового питания: материалы международной научно-практической конференции. Вологда, 2004. С. 65–68.

4 Василенко О.А. Разработка технологий производства мясных продуктов на основе рациональной разделки тушек кроликов. Воронеж, 2004. 22 с.

5 ГОСТ Р 51447–99. Мясо и мясные продукты. Методы отбора проб. М.: Стандартинформ, 2010.

6 Пономарев В.Я., Юнусов Э.Ш., Ежкова Г.О. Влияние кормовых минеральных добавок на качественные и технологические показатели мяса кроликов // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 20. С. 213–216.

7 Горлов И.Ф., Шалимова О.А., Цикин С.С. Перспективы расширения источников сырья животного происхождения путем использования нетрадиционного мясного сырья // Вестник ОрелГАУ. 2009. № 6 (21). С. 53–56.

8 Рождественская Л.Н., Бычкова Е.С. Определение социально-экономической эффективности внедрения инновационных продуктов // Пищевая промышленность. 2011. № 11. С. 14–16.

9 Чернуха И.М., Федулова Л.В., Дыдыкин А.С. Безопасные и полезные продукты как главный фактор, определяющий качество жизни // Все о мясе. 2014. № 2. С. 20–22.

10 Царегородцева Е.В. Создание мясопродуктов с заданным уровнем качества, пищевой и биологической ценностью // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2015. № 2 (2). С. 63–67.

REFERENCES

1 Ob osnovakh gosudarstvennoy politiki v oblasti zdorovogo pitaniya naseleniya Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda [On the basis of the state policy in the field of healthy nutrition of the population of the Russian Federation for the period up to 2020: Order of the Government of the Russian Federation No. 1873–p of October 25, 2010]. Available at: http://docs.cntd.ru/document/902242308 (in Russian).

2 Antipova L.V., Storublevtsev S.A., Uspenskaya M.E., Popova Y.A. et al. Kompleksnaya pererabotka krolikov: traditsii i innovatsii [Complex processing of rabbits: traditions and innovations: monograph]. Voronezh, 2017. 377 p. (in Russian).

3 Antipova LV, Vasilenko OA, Schetinina S.A. Use of rabbit processing products for the production of dietary products. Proizvodstvo produktov zdorovogo pitaniya [Production of healthy food products: materials of the international scientific-practical conference]. Vologda, 2004. pp. 65–68. (in Russian).

4 Vasilenko O.A. Razrabotka tekhnologiy proizvodstva myasnykh produktov na osnove ratsional'noy razdelki tushek krolikov [Development of technologies for the production of meat products based on the rational cutting of rabbit carcasses]. Voronezh, 2004. 22 p. (in Russian).

5 GOST R 51447–99. Myaso i myasnyye produkty. Metody otbora prob [State Standard 51447–99. Meat and meat products. Sampling methods]. Moscow, Standardinform, 2010. (in Russian).

6 Ponomarev V.Ya., Yunusov E.Sh., Yezhkova G.O. Influence of feed mineral additives on the quality and technological indicators of rabbit meat. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University]. 2014. no. 20. pp. 213–216. (in Russian).

7 Gorlov I.F., Shalimova O.A., Tsikin S.S. Prospects for expanding sources of raw materials of animal origin through the use of unconventional meat raw materials. *Vestnik OrelGAU* [Vestnik OrelGAU]. 2009. no. 6 (21). pp. 53–56. (in Russian).

8 Rozhdestvenskaya L.N., Bychkova E.S. Determining the socio-economic efficiency of introducing innovative products. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry]. 2011. no. 11. pp. 14–16. (in Russian).

9 Chernukha I.M., Fedulova L.V., Dydykin A.S. Safe and healthy products as the main factor determining the quality of life. *Vse o myase* [Everything about meat]. 2014. no. 2. pp. 20–22. (in Russian).

10 Tsaregorodtseva E.V. Creation of meat products with a given level of quality, nutritional and biological value. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Sel'skokhozyaystvennyye nauki. Ekonomicheskiye nauki* [Vestnik of the Mari State University. Chapter Agriculture. Economics]. 2015. no. 2 (2). pp. 63–67. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Людмила В. Антипова д.т.н., профессор, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, antipova.l54@yandex.ru

Яна А. Попова аспирант, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, bimine@yandex.ru

Анна В. Черкасова младший научный сотрудник, научно-образовательный центр «Живые системы», Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, anna2016cherkasova@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 17.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 11.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Lyudmila V. Antipova Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of animal products department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, antipova.l54@yandex.ru

Yana A. Popova graduate student, technology of animal products department, Voronezh state university of engineering technologies,, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia,, bimine@yandex.ru

Anna V. Cherkasova junior research assistant, scientific and educational center “Living systems”, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, anna2016cherkasova@yandex.ru

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.17.2019

ACCEPTED 2.11.2019

Краткое сообщение/Short message

УДК 664.665

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-213-217

Обзор разработок мучных изделий для безглютенового и геродиетического питания

Ирина М. Жаркова [1] zharir@mail.ru
Александр А. Самохвалов [1] samokhvalov-36@yandex.ru
Василий Г. Густинович [1] vasili.gustinivich@gmail.com
Светлана Я. Корячкина [2] koryachkinas@mail.ru
Юрий Ф. Росляков [3] lizaveta_ros@mail.ru

[1] Воронежский государственный университет инженерных технологий, г. пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия
[2] Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, ул. Комсомольская, 95, г. Орел, 302026, Россия
[3] Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Россия

Аннотация. Одним из путей улучшения состояния здоровья людей с помощью пищевых продуктов является промышленное производство изделий, так называемой группы «здоровье», к которой в настоящее время относят продукты функциональные и специализированные. Современным трендом развития рынка мучных изделий является расширение сегмента безглютеновой продукции. Следует отметить, что наряду с целевой аудиторией (люди, страдающие различными формами непереносимости глютена) потребителями этих изделий являются приверженцы «модных веяний». Для химического состава этой группы изделий характерно преобладание легкоусвояемых углеводов и жиров при недостатке белков, витаминов и минеральных веществ, а также клетчатки. Следовательно, при длительном употреблении таких продуктов возрастает риск возникновения дефицитных состояний по отдельным макро- или микронутриентам. Улучшение состава безглютеновой продукции может быть достигнуто за счет введения в состав рецептуры нетрадиционных растительных источников, таких как зерно амаранта, клубни чуфы, тонкодисперсные растительные порошки. Отдельную категорию мучных изделий представляют продукты для геродиетического питания. Одним из способов повышения усвояемости минеральных веществ хлеба, в частности, кальция, служит использование в качестве рецептурного компонента предварительно пророщенной пшеницы.

Ключевые слова: безглютеновые мучные изделия, геродиетическое питание, амарант, чуфа, пророщенное зерно, биодоступность

Review of bakery products for gluten free and herodietetic nutrition

Irina M. Zharkova [1] zharir@mail.ru
Alexander A. Samokhvalov [1] samokhvalov-36@yandex.ru
Vasiliy G. Gustinovich [1] vasili.gustinivich@gmail.com
Svetlana Ya. Koryachkina [2] koryachkinas@mail.ru
Yuri F. Roslyakov [3] lizaveta_ros@mail.ru

[1] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia
[2] Orel State University named after I.S. Turgenev, Komsomolskaya st., 95, 302026, Russia
[3] Kuban State Technological University, Moskovskaya st., 2, Krasnodar, 350072, Russia

Abstract. One of the ways to improve public health with food is the industrial production of foods, the so-called “health” group, which currently includes functional and specialized products. Modern trend of the flour products market development is the expansion of gluten-free products segment. It should be noted that along with the target audience (people suffering from various forms of gluten intolerance), consumers of these products are adherents of "fashion trends". The chemical composition of this group of foods is characterized by the predominance of easily digestible carbohydrates and fats with a lack of proteins, vitamins and minerals, as well as fiber. Therefore, during a prolonged use of such foods the risk of deficiency states for individual macro- or micronutrients increases. Improving of the composition of gluten-free products can be achieved by introducing of non-traditional plant sources, such as amaranth grain, chufa tubers, fine vegetable powders, into the formulation. A special category of flour foods are products for herodietetic nutrition. One of the ways to increase the digestibility of mineral substances of bread, and calcium in particular, is the use of pre-germinated wheat as a prescription component.

Keywords: gluten-free flour products, gerodietetic nutrition, amaranth, chufa, germinated grain, bioavailability

Для цитирования
Жаркова И.М., Самохвалов А.А., Густинович В.Г., Корячкина С.Я., Росляков Ю.Ф. Обзор разработок мучных изделий для безглютенового и геродиетического питания // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 213–217. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-213-217

For citation
Zharkova I.M., Samokhvalov A.A., Gustinovich V.G., Koryachkina S.Ya., Roslyakov Yu.F. Review of bakery products for gluten free and herodietetic nutrition. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 213–217. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-213-217

Возможность и необходимость профилактики алиментарно-зависимых заболеваний путем коррекции пищевого статуса общепризнана и документально зафиксирована в Московской декларации, принятой по итогам работы «Первой глобальной министерской конференции по здоровому образу жизни и неинфекционным заболеваниям» (Москва, 2011), а также в «Политической декларации совещания Генеральной Ассамблеи ООН по профилактике неинфекционных заболеваний и борьбе с ними» (A/RES/66/2, 2011 г.). В итоговой резолюции Первого национального съезда врачей России (2012) отмечено, что «здоровье человека, качество его жизни являются в нашей стране незыблемым национальным приоритетом». Подтверждением этого служат утвержденные в 2010 г. «Основы государственной политики в области здорового питания населения на период до 2020 года».

Одним из путей улучшения состояния здоровья людей с помощью пищевых продуктов является промышленное производство изделий так называемой группы «здоровье», к которой в настоящее время относят продукты функциональные и специализированные.

Современным трендом развития рынка мучных изделий является расширение сегмента безглютеновой продукции. Следует отметить, что наряду с целевой аудиторией (люди, страдающие различными формами непереносимости глютена) потребителями этих изделий являются приверженцы «модных веяний».

Анализ ассортимента безглютеновых продуктов промышленного производства, представленных на российском рынке, показал, что наибольший удельный вес принадлежит импортной продукции, включающей в себя хлебобулочные, мучные кондитерские и макаронные изделия. Для химического состава этой группы изделий характерно преобладание легкоусвояемых углеводов и жиров при недостатке белков, витаминов и минеральных веществ, а также клетчатки [1].

Основными рецептурными компонентами данных продуктов являются различные виды крахмалов, кукурузная и рисовая мука, загустители и стабилизаторы, консерванты. Разнообразие ассортимента обеспечивается широким спектром вкусовых и ароматических добавок. Кроме того, на отечественном рынке безглютеновой продукции практически отсутствуют хлебобулочные и мучные кондитерские изделия на основе продуктов переработки зерна амаранта. Амарантовая мука содержится только в рецептурах хрустящих хлебцев и макаронных изделий, а также в составе мучных смесей для выпечки хлеба российского производства. На международном рынке безглютеновые изделия, содержащие продукты переработки зерна амаранта, представлены в малом количестве и ограниченном ассортименте. Поскольку для зерна амаранта характерно наличие сбалансированного по составу аминокислот белка, полиненасыщенных жирных кислот, сквалена, кальция, железа, фосфора, магния, калия и других биологических ценных нутриентов, а также учитывая возрастающее внимание к этой культуре со стороны производителей зерна, нами активно ведутся разработки по использованию продуктов переработки зерна этой культуры в технологии мучных изделий. В настоящее время разработаны рецептуры и отработаны технологические параметры производства безглютенового хлеба и мучных кондитерских изделий: кексов, печенья, пряников, хлебцев, вафель.

В связи с тем, что на рынке безглютеновых продуктов пользуются спросом готовые к применению мучные смеси для выпечки, которые удобны и просты для использования (в домашних условиях, на предприятиях общественного питания), разработана техническая документация на смеси мучные безглютеновые с амарантовой мукой для выпечки вафельных хлебцев (амарантовых, амарантово-рисовых, амарантово-гречневых, амарантово-рисово-гречневых), амарантовых вафель и кексов [2].

Эффективность введения разработанных изделий в безглютеновую диету подтверждена в ходе клинических исследований, проведенных на базе детской клинической больницы и кафедры пропедевтики детских болезней и педиатрии «ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава РФ». Показано, что использование в течение 9–12 месяцев продуктов из зерна амаранта сопровождалось уменьшением количества детей с дефицитом массы тела, патологическим низким ростом, со сниженным уровнем ионизированного кальция, нормализацией уровня железа, цинка, меди в сыворотке крови, положительной динамикой минеральной плотности костной ткани [3].

Еще одним ингредиентом, способным не только разнообразить вкусовую палитру безглютеновых изделий, но и существенно улучшить их пищевую ценность, может служить мука из клубней чуфы. Введение ее в рецептуру изделий позволяет обогатить их состав полиненасыщенными жирными кислотами, фосфолипидами, стеринами, токоферолами (α-, β- и γ-), пищевыми волокнами, витаминами В1 и В2,

а также минеральными веществами [2]. В настоящее время нами разработаны рецептуры безглютеновых кексов и затяжного печенья с мукой из клубней чуфы, в том числе обогащенных биологически ценными нутриентами, содержащимися в тонкодисперсных овощных и фруктовых порошках (морковном, тыквенном, яблочном) [4].

Выбор моркови обусловлен ее богатым химическим составом, для которого характерно наличие витаминов группы B, PP, C, E, K, β-каротина, белков, углеводов, минеральных веществ (K, Fe, P, Mg, Cu, I, Zn, F и др.). Известно применение моркови в лечебном питании для устранения дефицита в организме витамина А, при нарушениях минерального обмена, ее употребление показано при ряде заболеваний печени, сердечно-сосудистой системы, почек, желудка. Употребление яблок также оказывает благоприятное воздействие на организм человека: благодаря наличию клетчатки они способствуют улучшению пищеварения, повышению желчеотделения, рекомендуется включать их в рацион питания при отеках, хроническом ревматизме и мочекаменной болезни, при авитаминозах. Наличие в яблоках значительного количества пектиновых веществ делает их незаменимым рецептурным компонентом не только с технологической, но и с медико-биологической точки зрения благодаря их способности связывать и выводить из организма ионы тяжелых металлов и радионуклиды [6–10].

Биологическая ценность тыквы обусловлена, в первую очередь, широким спектров витаминов (B1, B2, B3, B6, B9, E, PP, C, U) и минеральных веществ (K, Fe, Ca, P, Mg, Cu и др.). Кроме того, в перечисленном растительном сырье в достаточном количестве присутствуют пищевые волокна, которые способны выполнять функции пребиотиков. С.Я. Корячкиной с соавторами в исследовании на лабораторных животных доказана безопасность и перспективность применения тонкодисперсных фруктово-овощных порошков в питании. Отмечено, что введение в рацион порошка моркови способствует активации иммунной составляющей крови. Введение в рацион порошка из яблок и тыквы также способствует улучшению основных биохимических показателей крови лабораторных животных; при потреблении порошка из тыквы повышалась физическая выносливость животных на 37,9% по сравнению с показателем контрольных животных.

Особенности химического состава зерна амаранта, клубней чуфы, тонкодисперсных овощных и фруктовых порошков, в частности, из тыквы, яблока и моркови, а также результаты проведенных нами исследований в условиях in vivo позволяют рассматривать данные виды сырья в качестве рецептурных компонентов для производства безглютеновых и геродиетических мучных изделий.

Нами установлено, что благодаря наличию сквалена и токоферолов введение амарантовой муки способствует повышению антиоксидантой емкости продукции. На основании комплексного исследования функционально-технологических свойств амарантовой муки нами осуществлена разработка технологических решений, а также сформулированы рекомендации по ее использованию при создании нового ассортимента хлебобулочных изделий, в том числе плетенки «Магия», сдобной булки «Лецитиночка».

Плетенка «Магия» содержит в своем составе амарантовую и люпиновую муку, а также пребиотик и относится к группе функциональных продуктов по содержанию фосфолипидов, фосфора, β-каротина и лактулозы. Булочка «Лецитиночка» с лактулозой может входить в рацион для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний, заболеваний печени.

Об улучшении характеристик качества белков сдобных булочных изделий при введении в рецептуру 40% амарантовой муки (от общей массы муки в тесте) свидетельствуют данные, полученные с помощью лабораторных животных: коэффициент эффективности белка и биологическая ценность белка изделий с амарантовой мукой выше, чем у изделий из пшеничной муки высшего сорта на 17,4 и 5,4% соответственно. Отмечено, что регулярное потребление изделий из смеси пшеничной и амарантовой муки способствует повышению физической выносливости животных на 12,6–16,8% по сравнению с животными интактной группы (находились на стандартном рационе вивария). При этом у животных, регулярно потреблявших изделие из пшеничной муки высшего сорта, зафиксировано снижение физической выносливости на 7,2% относительно животных интактной группы. Благодаря наличию в рецептуре сдобных булочек не только амарантовой муки, но и лецитина у животных, потреблявших эти изделия, отмечено снижение уровня холестерина в сыворотке крови на 19,4% и увеличение концентрации триглицеридов на 39% по сравнению с интактными животными. Индекс атерогенности крови при этом не претерпевал существенных изменений. Получены результаты, позволяющие предположить, что изделия с нативной амарантовой мукой и лецитином в рецептуре обладают гипотензивными свойствами.

Отдельным направлением исследований, проводимых в Воронежском государственном университете инженерных технологий, является решение задачи профилактики развития остеопороза с помощью коррекции рациона питания. Доказана возможность повышения биодоступности минеральных веществ хлеба из целого зерна за счет его приготовления из предварительно пророщенной пшеницы. Положительный эффект достигается благодаря воздействию эндогенных фитаз на фитин зерна, активность которых значительно повышается в процессе его проращивания [5]. Кроме того, в эксперименте на мышах отмечена более высокая активность супероксиддисмутазы и наименьший уровень малонового альдегида в организме животных, потреблявших хлеб из пророщенного зерна пшеницы. Объяснить данный эффект можно тем, что при биоактивации зерна пшеницы образуются эффективные антиоксиданты – биофлаваноиды, витамин Е, цинк, способствующие активации антиоксидантной системы организма животных.

Благодаря комплексным исследованиям, осуществляемым совместно сотрудниками технологических и медицинских вузов, расширяется ассортимент мучной продукции, направленной на сохранение и укрепление здоровья населения страны.

ЛИТЕРАТУРА

1 Miranda J., Lasa A., Bustamante M.A., Churruca I. et al. Nutritional Differences Between a Gluten-free Diet and a Diet Containing Equivalent Products with Gluten // Plant Foods Hum Nutr. 2014. V. 69. № 2. P. 182–187. doi: 10.1007/s11130-014-0410-4

2 Жаркова И.М., Звягин А.А., Мирошниченко Л.А. и др. Оптимизация безглютеновой диеты новыми продуктами // Вопросы детской диетологии. 2017. Т. 15. № 6. С. 59–65.

3 Bavykina I.A., Miroshnichenko L.A., Zvyagin A.A., Burkovsky V.L. Amaranth products in the gluten-free diet and their impact on patients' physical development // Acta Medica Mediterranea. 2018. V. 34. № 6. P. 2001–2006.

4 Черных В.Я., Митин В.Ю., Родичева Н.В., Годунов О.А. Технологии производства хлебобулочных изделий на основе овощных порошков // Хлебопечение России. 2014. № 4. С. 32–36.

5 Alekhina N.N., Ponomareva E.I., Zharkova I.M., Grebenshchikov A.V. Assessment of the bioavailability of minerals and antioxidant activity of the grain bread in the in vivo experiment // Russian Open Medical Journal. 2018. V. 7. № 4. P. 409-413.

6 Brites L.T.G.F., Schmiele M., Steel C.J. Gluten-Free Bakery and Pasta Products // Alternative and Replacement Foods. 2018. P. 385–410. doi: 10.1016/B978-0-12-811446-9.00013-7

7 Scazzina F. Dall'Asta M., Pellegrini N., Brighenti F. Glycaemic index of some commercial gluten-free foods // European journal of nutrition. 2015. V. 54. № 6. P. 1021–1026. doi: 10.1007/s00394-014-0783-z

8 Schoenlechner R. Pseudocereals in Gluten-Free Products // Pseudocereals: chemistry and technology. 2017. P. 193–216.

9 Bustamante M.A., Fernandez-Gil M.P., Churruca I., Miranda J. et al. Evolution of gluten content in cereal-based gluten-free products: An overview from 1998 to 2016 // Nutrients. 2017. V. 9. № 1. P. 21. doi: 10.3390/nu9010021

10 Arslan M., Rakha A., Xiaobo Z., Mahmood M.A. Complimenting gluten free bakery products with dietary fiber: Opportunities and constraints // Trends in Food Science & Technology. 2018. doi: 10.1016/ j.tifs.2018.11.011

REFERENCES

1 Miranda J., Lasa A., Bustamante M.A., Churruca I. et al. Nutritional Differences Between a Gluten-free Diet and a Diet Containing Equivalent Products with Gluten. Plant Foods Hum Nutr. 2014. vol. 69. no. 2. pp. 182–187. doi: 10.1007/s11130-014-0410-4

2 Zharkova I.M., Zvyagin A.A., Miroshnichenko L.A. et al. Optimization of a gluten-free diet with new products. *Voprosy detskoy diyetologii* [Children's nutrition issues]. 2017. vol. 15. no. 6. pp. 59–65. (in Russian).

3 Bavykina I.A., Miroshnichenko L.A., Zvyagin A.A., Burkovsky V.L. Amaranth products in the gluten-free diet and their impact on patients' physical development. Acta Medica Mediterranea. 2018. vol. 34. no. 6. pp. 2001–2006.

4 Chernykh V.Ya., Mitin V.Yu., Rodicheva N.V., Godunov O.A. Bakery products production technologies based on vegetable powders. *Khlebopecheniye Rossii* [Russian bakery]. 2014. no. 4. pp. 32–36. (in Russian).

5 Alekhina N.N., Ponomareva E.I., Zharkova I.M., Grebenshchikov A.V. Assessment of the bioavailability of minerals and antioxidant activity of the grain bread in the in vivo experiment. Russian Open Medical Journal. 2018. vol. 7. no. 4. pp. 409–413.

6 Brites L.T.G.F., Schmiele M., Steel C.J. Gluten-Free Bakery and Pasta Products. Alternative and Replacement Foods. 2018. pp. 385–410. doi: 10.1016/B978-0-12-811446-9.00013-7

7 Scazzina F. Dall'Asta M., Pellegrini N., Brighenti F. Glycaemic index of some commercial gluten-free foods. European journal of nutrition. 2015. vol. 54. no. 6. pp. 1021–1026. doi: 10.1007/s00394-014-0783-z

8 Schoenlechner R. Pseudocereals in Gluten-Free Products. Pseudocereals: chemistry and technology. 2017. pp. 193–216.

9 Bustamante M.A., Fernandez-Gil M.P., Churruca I., Miranda J. et al. Evolution of gluten content in cereal-based gluten-free products: An overview from 1998 to 2016. Nutrients. 2017. vol. 9. no. 1. pp. 21. doi: 10.3390/nu9010021

10 Arslan M., Rakha A., Xiaobo Z., Mahmood M.A. Complimenting gluten free bakery products with dietary fiber: Opportunities and constraints. Trends in Food Science & Technology. 2018. doi: 10.1016/j.tifs.2018.11.011

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ирина М. Жаркова д.т.н., доцент, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, zharir@mail.ru

Александр А. Самохвалов старший преподаватель, кафедра управления организации производства и отраслевой экономики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, samokhvalov-36@yandex.ru

Василий Г. Густинович соискатель, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производства, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, vasili.gustinivich@gmail.com

Светлана Я. Корячкина д.т.н., профессор, кафедра технологии продуктов питания и организации ресторанного дела, Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, ул. Комсомольская, 95, г. Орел, 302026, Россия, koryachkinas@mail.ru

Юрий Ф. Росляков д.т.н., профессор, кафедра техникии и технологии хлебопродуктов, Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Россия, lizaveta_ros@mail.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Irina M. Zharkova Dr. Sci. (Engin.), associate professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, zharir@mail.ru

Alexander A. Samokhvalov senior lecturer, management, organization of production and branch economy department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, samokhvalov-36@yandex.ru

Vasiliy G. Gustinovich applicant, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state university of engineering technologies Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, vasili.gustinivich@gmail.com

Svetlana Ya. Koryachkina Dr. Sci. (Engin.), professor, food technology and catering department, Orel state university named after I.S. Turgenev, Komsomolskaya st., 95, 302026, Russia, koryachkinas@mail.ru

Yuri F. Roslyakov Dr. Sci. (Engin.), professor, technology and technology of bread products department, Kuban State Technological University, Moskovskaya st., 2, Krasnodar, 350072, Russia, lizaveta_ros@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

CONTRIBUTION

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

ПОСТУПИЛА 10.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.02.2019

RECEIVED 1.10.2019

ACCEPTED 2.18.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 6634.73:624.524.663.952.2

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-218-224

Влияние СВЧ-нагрева на оптические характеристики ягодных экстрактов

Людмила П. Нилова [1] nilova_l_p@mail.ru
Руслан А. Икрамов [1] ruslan_ikramov@mail.ru
Светлана М. Малютенкова [1] malutesha66@mail.ru

[1] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул., Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 195251, Россия

Аннотация. В работе представлены оптические характеристики экстрактов, полученных из выжимок ягод семейства вересковых – брусники, клюквы, черники и голубики. Для получения экстрактов проводили отжим ягод электромеханическим способом. Из полученных выжимок ягод получали водные экстракты в микроволновой печи мощностью 800 Вт, частотой генерации 2450 мГц при разных режимах воздействия от 288 Вт до 800 Вт. Гидромодуль 1:10. Продолжительность СВЧ-нагрева 60 с. Контролем служили экстракты, полученные с использованием горячей воды и настаиванием в течение 10 мин. Оптические характеристики соков и экстрактов из выжимок ягод снимали спектрофотометрически в диапазоне длин волн 410-630 нм. Максимальные значения оптических спектров зафиксированы при D_{520} независимо от использованных ягод. Увеличение мощности СВЧ воздействия приводило к возрастанию оптических значений спектров экстрактов: черника > голубика > брусника > клюква. Оптические характеристики СВЧ экстрактов достигали значений контроля при воздействии 464 Вт для черники и голубики, 648 Вт для брусники и 800 Вт для клюквы, что отразилось на интенсивности цвета и координатах цвета, но не оказывало существенного влияния на оттенок, за исключением черники. Координаты цвета экстрактов черники были наиболее приближены к координатам цвета соков, оттенок был более интенсивным, чем в соках, но находился в пределах, характерных для формирования цвета под влиянием антоцианов. Экстракты голубики имели большую интенсивность окраски, чем экстракты черники, но меньшие значения оттенка. Оптические характеристики ягодных экстрактов можно использовать для оптимизации гидромодуля и режимов экстракции.

Ключевые слова: ягодные экстракты, СВЧ нагрев, интенсивность цвета, координаты цвета

The effect of microwave heating on the optical characteristics of berry extracts

Liudmila P. Nilova [1] nilova_l_p@mail.ru
Ruslan A. Ikramov [1] ruslan_ikramov@mail.ru
Svetlana M. Malyutenkova [1] malutesha66@mail.ru

[1] Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, Politechnicheskaya St., 29, Saint-Petersburg, 195251, Russia

Abstract. The paper presents the optical characteristics of extracts obtained from marc berries of the heather family - lingonberries, cranberries, blueberries and blueberries. To obtain extracts, the berries were pressed by electromechanical method. From the obtained marc berries, water extracts were obtained in a microwave oven with a power of 800 W and a generation frequency of 2450 MHz for different exposure modes from 288 W to 800 W. Hydraulic module 1:10. The duration of the microwave heating 60 seconds. Controls were extracts obtained using hot water and infusion for 10 minutes. The optical characteristics of the juices and extracts from the marc berries were measured spectrophotometrically in the wavelength range of 410-630 nm. The maximum values of the optical spectra were recorded at D520, regardless of the berries used. An increase in the power of the microwave effect led to an increase in the optical values of the spectra of the extracts: bilberry > blueberry> lingonberry> cranberry. The optical characteristics of microwave extracts reached control values when exposed to 464 W for bilberries and blueberries, 648 W for lingonberries and 800 W for cranberries, which affected the color intensity and color coordinates, but did not significantly affect the shade, with the exception of bilberries. The color coordinates of bilberry extracts were closest to the color coordinates of the juices, the hue was more intense than in the juices, but was within the limits characteristic of the formation of color under the influence of anthocyanins. Bilberry extracts had a higher color intensity than blueberry extracts, but smaller shade values. Optical characteristics of berry extracts can be used to optimize the hydronic module and extraction modes.

Keywords: berry extracts, microwave heating, color intensity, color coordinates

Введение

Ягоды являются ценным сырьевым ресурсом, содержащим биологически активные вещества (БАВ) антиоксидантного действия. Однако в ягодах, как и в плодах, БАВ распределены неравномерно с преобладанием их в кожице [1–5]. После отжима соков фактически ценные компоненты уходят в отходы, а их утилизация из-за высокой кислотности может привести к загрязнению окружающей среды. Выжимки, образующиеся после отжима соков, содержат комплекс БАВ, обусловливающий антиоксидантные и антимикробные свойства [6–10]. Традиционно выжимки используют только в технологии морсов, которые повышают их антиоксидантную активность (АОА) по сравнению с соками [11].

Для цитирования

Нилова Л.П., Икрамов Р.А., Малютенкова С.М. Влияние СВЧ-нагрева на оптические характеристики ягодных экстрактов // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 218–224. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-218-224

For citation

Nilova L.P., Ikramov R.A., Malyutenkova S.M. The effect of microwave heating on the optical characteristics of berry extracts. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 218–224. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-218-224

В последние годы началось массовое исследование химического состава и АОА выжимок ягод с целью их использования в медицине, биотехнологии и пищевой промышленности [6–8, 12, 13]. Из выжимок получают порошки и экстракты в сухом или жидком виде. Получение экстрактов и их дальнейшее использование зависит от вида экстрагентов, способа экстрагирования и дальнейшей обработки. Экстрагирование БАВ из выжимок осуществляют как методом настаивания, так и более эффективными для извлечения БАВ методами – ультразвуком, СВЧ, токами высокой частоты, ИК-облучением, ферментными препаратами [7, 8, 12, 14–16]. Все инновационные методы экстракции позволяют увеличить выход БАВ, в частности фенольных соединений, флавоноидов, антоцианов, что повышает АОА полученных экстрактов по сравнению с использованием традиционных методов. Эффективность метода определяется гидромодулем, режимами воздействия при условии использования одинакового экстрагента [12, 15, 16]. При использовании жидких экстрактов в пищевых целях в качестве экстрагента должна выступать вода, что обычно проигрывает по сравнению с водно-спиртовыми экстрагентами. В работах [12, 15, 17, 18] показано, что СВЧ-энергия позволяет увеличить выход экстрактивных веществ, БАВ, обеспечить микробиологическую безопасность экстракта. При этом возможна деструкция исходного материала с образованием низкомолекулярных веществ, что облегчает их экстрагирование [18]. Хорошая растворимость в воде гликозидных форм флавоноидов и антоцианов способствует их переходу в водные экстракты, а положительный заряд молекул антоцианов повышает их растворимость в кислых водных экстрактах [4]. Комплекс БАВ и их природный синергизм позволяют затормозить деградацию антоцианов при переработке ягод, что было исследовано Roidoung [19]. Галловая кислота и витамин С в обогащенных соках предотвращали потерю антоцианов и изменение интенсивности окраски.

Эффективность экстрагирования и переход БАВ в водный экстракт можно охарактеризовать по оптическим спектрам, что используют в виноделии, а также для оценки подлинности вин, соков, нектаров и сокосодержащих напитков [20, 21]. Червяк С.Н. с соавторами [21, 22] установили, что значения оптической плотности D_{420} и D_{520} тесно взаимосвязаны с количеством антоцианов, с коэффициентами корреляции 0,89 и 0,90 соответственно. Диапазон оттенка в пределах от 0,4 до 0,7, измеряемый отношением значений оптической плотности D_{420}/D_{520}, также свидетельствует о преобладающей роли антоцианов в формировании цвета.

Цель работы – изучение влияния СВЧ-нагрева на переход растительных пигментов в экстракт из выжимок ягод по их оптическим характеристикам.

Материалы и методы

Объектами исследований были сок и экстракты дикорастущих ягод семейства вересковых – брусника, клюква, черника и голубика, произрастающих в условиях северо-западного региона. Ягоды были собраны на территории Выборгского района Ленинградской области. Из ягод получали сок с использованием электромеханической машины для отжима сока «ЭКМ-3», АО «Электросила» (Санкт-Петербург). Полученный сок отфильтровывали для отделения мякоти. Экстракты получали из выжимок ягод в микроволновой печи мощностью 800 Вт, частотой генерации 2450 мГц при разных режимах воздействия от 288 до 800 Вт. Гидромодуль 1:10. Продолжительность СВЧ-нагрева 60 с. Контролем служили экстракты, полученные с использованием горячей воды и настаиванием в течение 10 мин.

Оптические характеристики соков и экстрактов из выжимок ягод определяли спектрофотометрически в диапазоне длин волн 410–630 нм, используя в качестве раствора сравнения дистиллированную воду [23]. Перед проведением исследований соки и экстракты цетрифугировали в течение 10 мин при 3500 об/мин. Интенсивность окраски ($И_{520}$) объектов рассчитывали как сумму оптической плотности при длинах волн D_{420} и D_{520}; оттенок (Т) – как отношение значений оптической плотности D_{420}/D_{520}.

Для расчета координат цвета X, Y, Z использовали метод Сюдро–Марека–Кортеса с целью приведения их в соответствие с международной колориметрической системой XYZ [23]. Расчет координат проводили с учетом значений оптической плотности при длинах волн 445, 495, 550 и 625 нм по следующим формулам:

$$X = 0,42D_{625} + 0,35D_{550} + 0,21D_{445},$$

$$Y = 0,20D_{625} + 0,63D_{550} + 0,17D_{495},$$

$$Z = 0,24D_{495} + 0,94D_{445}.$$

Долю цвета рассчитывали как отношение значений отдельных координат X, Y, Z к их сумме, принимая во внимание, что сумма всех цветов равна единице, характерной для белого цвета.

Исследования проводились в трехкратной повторности. Достоверность экспериментальных данных оценивали методами математической статистики с помощью приложения Microsoft Excel для Windows 2010. Полученные данные приведены с доверительной вероятностью $P < 0,02$.

Результаты и обсуждение

Цвет соков и экстрактов ягод формируют растительные пигменты, в большей степени антоцианы, которых в настоящее время насчитывают более 500 [4]. Максимум оптической плотности приходится на 520 нм с изменением интенсивности пика в зависимости от значений pH [21, 22]. Исследуемые соки и экстракты характеризовались различными значениями оптической плотности в зависимости от использованных ягод и мощности СВЧ-нагрева (таблица 1).

Таблица 1.

Оптические характеристики соков и экстрактов из дикорастущих ягод

Table 1.

Optical characteristics of juices and extracts from wild berries

Показатели Indicators	Сок Juice	Экстракты | Extracts				
		Контроль Control	Полученные при разных СВЧ-режимах, Вт Obtained at different microwave modes, W			
			288	464	648	800
Брусника | Lingonberry						
D_{420}	8,39	0,76	0,50	0,52	0,77	1,52
D_{520}	19,46	1,87	1,20	1,25	1,89	3,64
$И_{520}$	27,85	2,63	1,70	1,77	2,66	5,16
Т	0,43	0,41	0,42	0,42	0,41	0,42
Клюква | Cranberry						
D_{420}	4,09	0,81	0,47	0,60	0,78	1,26
D_{520}	8,71	1,99	1,17	1,48	1,85	3,10
$И_{520}$	12,8	2,80	1,64	2,08	2,63	4,36
Т	0,47	0,41	0,40	0,41	0,42	0,41
Черника | Bilberry						
D_{420}	9,01	1,02	0,96	1,22	1,75	3,33
D_{520}	17,42	1,96	1,85	2,29	3,18	5,94
$И_{520}$	26,43	2,98	2,81	3,51	4,93	6,27
Т	0,52	0,52	0,52	0,53	0,55	0,56
Голубика | Blueberry						
D_{420}	9,28	0,89	0,84	1,09	1,59	2,58
D_{520}	17,07	1,76	1,61	2,09	3,05	4,93
$И_{520}$	26,15	2,65	2,45	3,18	4,64	7,51
Т	0,54	0,51	0,52	0,52	0,52	0,52

Соки из ягод имели насыщенный густой цвет, характерный для использованного вида ягод. Значения оптической плотности соков темно-сине-фиолетовой окраски из ягод черники и голубики находились в близких пределах, формируя близкую интенсивность цвета. Но оттенок (Т) у сока голубики имел более высокие значения. Это не оказало влияния на формирование оттенка экстрактов из выжимок ягод, значения которого преобладали для экстрактов из ягод черники независимо от мощности СВЧ. Соки с окраской красноватых оттенков из ягод брусники и клюквы имели насыщенный густой цвет разных оттенков, но значения оптической плотности сильно различались с преобладанием в соке брусники. Интенсивность сока брусники была выше, чем клюквы, более чем в 2 раза и приближалась к значениям соков черники и голубики. Но значения оттенка сока брусники были самыми низкими среди всех исследованных соков.

Экстракция выжимок как горячей водой, так и СВЧ-нагревом, резко изменила значения оптической плотности, не изменив при этом характер оптического спектра с максимумом при D_{520}, что подтверждает влияние антоцианов на формирование окраски экстрактов. Увеличение мощности СВЧ-нагрева приводило к получению экстрактов с более высокими значениями оптической плотности. При этом вид ягод оказывал влияние на оптические характеристики цвета при использовании одинакового гидромодуля и режима экстрагирования. Максимальные значения оптической плотности D_{420} и D_{520} имели экстракты из выжимок ягод черники при всех режимах экстракции. Их значения постепенно возрастали, достигая максимума, при СВЧ-нагреве мощностью 800 Вт за 60 с. При мощности 464 Вт значения оптической плотности экстрактов черники достигли значений контроля. В результате интенсивность цвета превысила

значения контрольного экстракта в 1,2 раза, но значения оттенка (Т) не имели статистически значимых различий. Только при СВЧ-нагреве мощностью 648 Вт различия в оттенке достигли статистической значимости. Для экстрактов голубики значения оттенка не изменялись при возрастании интенсивности цвета и оптических характеристик. При мощности СВЧ-нагрева 464 Вт оптические характеристики экстракта голубики превысили значения контроля. Независимо от этого оттенок экстрактов не изменялся, но попадал в диапазон 0,4–0,7, свидетельствующий о преобладающей роли антоцианов в формировании окраски экстрактов и об отсутствии влияния продуктов конденсации фенольных соединений [22].

В отличие от исследуемых экстрактов из черники и голубики экстракты из выжимок брусники и клюквы имели меньшие значения оптических характеристик в спектре. Значения D_{420} и D_{520} достигли значений контрольного экстракта, полученного экстрагированием горячей водой, только при максимальной мощности СВЧ 800 Вт. Различия между значениями D_{420} и D_{520} этих экстрактов были близкими, несмотря на то что в соках они существенно отличались. Для получения экстрактов из выжимок брусники и клюквы необходимо использовать другой гидромодуль, увеличив количество навески выжимок при таком же количестве воды.

В целом оптические спектры экстрактов из выжимок ягод носили одинаковый характер с максимальными значениями при D_{520} (рисунок 1).

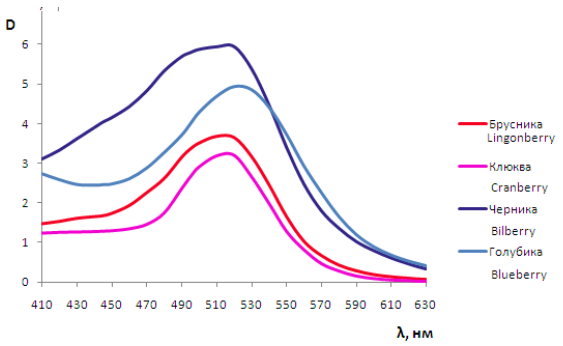


Рисунок 1. Оптические спектры экстрактов из выжимок ягод, полученных при СВЧ-нагреве мощностью 800 Вт

Figure 1. Optical spectra of extracts from marc berries obtained by microwave heating with a power of 800 W

Спектры экстрактов из выжимок черники и голубики имели небольшое смещение в область более 520 нм, а для экстрактов голубики – более изогнутый вид в области 410–430 нм, что отразилось в значениях координат цвета (таблица 2).

Таблица 2.
Координаты цвета соков и экстрактов из дикорастущих ягод

Table 2.
Color coordinates of juices and extracts from wild berries

Ягоды Berries	Вид Type	Координаты цвета Color coordinates		
		X	Y	Z
Брусника Lingonberry	Сок Juice	5,73	9,25	13,53
	Экстракт Extract	0,96	1,62	2,37
Клюква Cranberry	Сок Juice	3,27	4,86	6,18
	Экстракт Extract	0,73	1,27	1,85
Черника Bilberry	Сок Juice	5,96	9,41	11,54
	Экстракт Extract	2,21	3,21	5,19
Голубика Blueberry	Сок Juice	8,43	9,35	10,79
	Экстракт Extract	2,01	3,11	3,26

Координаты цвета соков благодаря своей насыщенности могут составлять десятки, а иногда сотни единиц, например, для сока ягод бузины. Разбавление соков, как при приготовлении коктейлей, уменьшает их значения в 5–6 раз и более в зависимости от вида сока [24]. При экстрагировании выжимок в экстракт переходит незначительная часть экстрактивных сухих веществ по сравнению с их содержанием в соках.

В результате значения координат цвета экстрактов уменьшаются. Если в соках они составляют от 3,27 до 13,53, варьируя в этом диапазоне в зависимости от вида ягодных соков и координат XYZ, то в экстрактах уменьшаются от 2 и более 5 раз. Координаты цвета экстрактов черники были наиболее приближены к координатам цвета соков, значения которых были меньше всего лишь в 2–3 раза.

Причем координата Z, которая условно может быть отнесена к координате, ответственной за синий цвет, у экстракта черники меньше в 2,2 раза по сравнению с соком. Можно предположить, что при СВЧ-нагреве происходит более интенсивный переход антоцианов, чем других растительных пигментов. Изменение координат X и Y происходит более значительно – в 2,69 и 2,93 раза соответственно.

Формирование координат цвета в экстрактах из выжимок голубики происходит по-другому, что может быть связано с отличиями в качественном составе антоциановых пигментов [1]. Координаты цвета имеют другое соотношение,

хотя преобладают значения координаты Z как в соках, так и экстрактах голубики. Но доля координаты X в 1,3 раза больше в соке и в 1,14 раз – в экстракте, что уменьшает долю цвета, обусловленного координатой Z. При экстрагировании происходит уменьшение значений координат, в большей степени координаты X – в 4,2 раза, что почти в 2 раза превышает изменение координаты в экстракте из выжимок черники.

Координаты цвета соков и экстрактов брусники и клюквы, несмотря на схожесть окраски, имеют различные значения и соотношения. В соке бруснике координаты XYZ имеют значения, превышающие их в соке клюквы в среднем в 2 раза. Но при экстрагировании происходит сближение их значений и отличия не превышают 30%. Уменьшение значений координат XYZ в экстрактах брусники по сравнению с соками происходит в среднем в 5 раз, а в экстрактах клюквы – от 3,3 до 4,5 раз. Наибольшее сокращение значений происходит для координаты X и наименьшее – для координаты Z. В совокупности белого цвета координаты XYZ составляют одинаковую долю для экстрактов из выжимок брусники и клюквы. Это говорит о том, что из выжимок брусники экстракция растительных пигментов происходит менее интенсивно, чем из выжимок клюквы. По сравнению с экстрактами из выжимок голубики и черники СВЧ-экстрагирование оказывает меньшую эффективность на формирование окраски экстрактов из выжимок брусники и клюквы. Вероятно, используемый гидромодуль недостаточен для получения экстрактов с оптимальным количеством растительных пигментов.

Заключение

Экстракты из выжимок дикорастущих ягод можно получить, используя СВЧ-нагрев разной мощности. Полученные экстракты имеют характерные оптические спектры с максимумом D_{520}, обусловленным переходом антоцианов. При повышении мощности СВЧ происходит увеличение значений оптической плотности, формируя интенсивность окраски и ее оттенок. Максимальные значения оптической плотности D_{420} и D_{520} имели экстракты из выжимок ягод черники при всех режимах экстракции. Их значения постепенно возрастали, достигая максимума при СВЧ-нагреве мощностью 800 Вт за 60 с. Уже при мощности СВЧ 464 Вт значения оптической плотности экстрактов черники достигли значений экстрактов, полученных с помощью горячей воды с настаиванием в течение 10 мин. Экстракты голубики имели большую интенсивность окраски, чем экстракты черники, но меньшие значения оттенка при одинаковом гидромодуле и мощности СВЧ-воздействия. Экстракты из выжимок брусники и клюквы имели меньшие значения оптических характеристик в спектре. Значения D_{420} и D_{520} достигали значений контрольного экстракта только при максимальной мощности СВЧ 800 Вт. Оптические спектры экстрактов сформировали координаты цвета XYZ, которые различались значениями в зависимости от вида ягод. Наиболее приближены к координатам цвета соков были координаты цвета экстрактов черники, что может позволить снизить гидромодуль при экстрагировании или режим СВЧ-нагрева. Напротив координаты цвета экстрактов брусники и клюквы были минимальными, занимающими одинаковую долю цвета в белом спектре. Оптические характеристики ягодных экстрактов можно использовать для оптимизации гидромодуля и режимов экстракции.

ЛИТЕРАТУРА

1 Pertuzatti P.B., Barcia M.T., Jacques A.C., Vizzotto M. et al. Quantification of Several Bioactive Compounds and Antioxidant Activities of Six Cultivars of Brazilian Blueberry // The Natural Products Journal. 2012. № 2. P. 188–195.

2 Zaki Sh.A., Abdelatif S.H., Abdelmohsen N.R., Ismail F.A. Phenolic Compounds and Antioxidant Activities of Pomegranate Peels // International Journal of Food Engineering. 2015. V. 1. № 2. P. 73–76.

3 Нилова Л.П., Икрамов Р.А., Малютенкова С.М., Веряскина А.С. Исследование минерального состава в процессе переработки дикорастущих ягод // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 1 (75). С. 151–156. doi: 10.20914/2310–1202–2018–1–151–156.

4 Тараховский Ю.С., Ким Ю.А., Абдрасилов Б.С., Музафарова Е.Н. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина. Пущино: Synchrobook. 2013. 306 с.

5 Mayer-Miebach E., Adamiuk M., Behsnilian D. Stability of Chokeberry Bioactive Polyphenols during Juice Processing and Stabilization of a Polyphenol-Rich Material from the By-Product // Agriculture. 2012. № *2*. P. 244–258. doi: 10.3390/agriculture203024

6 Замдулаева Н.Д., Жамсаранова С.Д. Исследование антиоксидантных и антимикробных свойств биопротекторов из отходов соковых производств как ингредиентов для обогащения продуктов питания // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2018. Т. 8. № 1. С. 51–58. doi: 10.21285/2227–2925–2018–8–1–51–58

7 Макаров С.С., Панасюк А.Л. Влияние различных способов мацерации ягодной мезги на состав биологически активных веществ сусла // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2019. № 1 (54). С. 59–64.

8 Еремеева Н.Б. Макарова Н.В. Влияние технологии экстракции на антиоксидантную активность экстрактов плодов черноплодной рябины // Вестник Мурманского государственного технического университета. 2017. Т. 20. № 3. С. 600–608. doi: 10.21443/1560–9278–2017–20–3–600–608.

9 Ye Tian, Puganen A., Alakomi H.-L., Uusitupa A. et al. Antioxidative and antibacterial activities of aqueous ethanol extracts of berries, leaves, and branches of berry plants // Food Research International. 2018. № 106. P. 291–303. doi: 10.1016/j.foodres.2017.12.071

10 Bujor O.-C., Ginies Ch., Popa V.I., Dufour C. Phenolic compounds and antioxidant activity of lingonberry (Vaccinium vitisidaea L.) leaf, stem and fruit at different harvest periods // Food Chemistry. 2018. V. 252. P. 356–365.

11 Нилова Л.П., Выговтов А.А., Малютенкова С.М. Растительное сырье в формировании антиоксидантных свойств сокосодержащих напитков // Международный научный журнал. 2017. № 4. С. 83–87.

12 Гусейнова Б.М. Экстракты, полученные из плодов дикорастущих растений с использованием СВЧ-энергии, и их применение при изготовлении наливок // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2015. № 1 (343). С. 45–48.

13 Khramtsov A.G., Evdokimov I.A., Lodygin A.D., Budkevich R.O. Technology development for the food industry: a conceptual model // Foods and Raw Materials. 2014. V. 2. № 1. P. 22–26. doi: 10.12737/4121

14 Nowacka M., Fijalkowska A., Dadan M., Rybak K. et al. Effect of ultrasound treatment during osmotic dehydration on bioactive compounds of cranberries // Ultrasonics. 2018. № 83. P. 18–25.

15 Трапезникова С.В. Сравнение методов экстракционного извлечения биологически активных веществ из плодов боярышника // Научно-методический электронный журнал Концепт. 2016. Т. 11. С. 3266–3270.

16 Klavins L., Kviesis J., Klavins M. Comparison of methods of extraction of phenolic compounds from American cranberry (Vaccinium macrocarpon L.,) pres residues // Agronomy Research. 2017. V. 15 (S2). P. 1316–1329.

17 Осипова Л.А., Бурдо О.Г., Лозовская Т.С., Термезан Е.Ф. Влияние обработки ягод черной смородины токами СВЧ на физико-химические и микробиологические показатели соков // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2013. № 2 (20). С. 5–10.

18 Ушакова Н.Ф., Копысова Т.С., Касаткин В.В., Кудряшова А.Г. Опыт применения СВЧ энергии при производстве пищевых продуктов // Пищевая промышленность. 2013. № 10. С. 30–32.

19 Roidoung S., Dolan K.D., Siddiq M. Gallic acid as a protective antioxidant against anthocyanin degradation and color loss in vitamin-C fortified cranberry juice // Food Chemistry. 2016. № 210. P. 422–427.

20 Платов Ю.Т., Платова Р.А., Бобожонова Г.А. Колориметрическая идентификация апельсиновой соковой продукции // Пиво и напитки. 2016. № 6. С. 14–16.

21 Червяк С.Н., Погорелов Д.Ю., Ермихина М.В., Михеева Л.А. Исследование физико-химических показателей подлинных и фальсифицированных красных вин // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2018. № 49 (1). С. 152–161.

22 Червяк С.Н., Погорелов Д.Ю., Ермихина М.В., Михеева Л.А. Исследование физико-химических показателей природных и синтетических красителей // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2017. № 3. С. 31–33.

23 Гержикова В.Г. Методы технохимического контроля в виноделии. Симферополь: Таврида, 2009. 304 с.

24 Lee J., Durst R., Wrolstad R. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants and wines by the pH differential method: collaborative study // J. of AOAC International. 2005. V. 88. № 5. P. 1269–1278.

REFERENCES

1 Pertuzatti P.B., Barcia M.T., Jacques A.C., Vizzotto M. et al. Quantification of Several Bioactive Compounds and Antioxidant Activities of Six Cultivars of Brazilian Blueberry. The Natural Products Journal. 2012. no. 2. pp. 188–195.

2 Zaki Sh.A., Abdelatif S.H., Abdelmohsen N.R., Ismail F.A. Phenolic Compounds and Antioxidant Activities of Pomegranate Peels. International Journal of Food Engineering. 2015. vol. 1. no. 2. pp. 73–76.

3 Nilova L.P, Ikramov R.A., Malyutenkova S.M., Veryaskina A.S. Investigation of mineral composition during processing of wild berries. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 1. pp. 151–156. doi: 10.20914/2310–1202–2018–1–151–156 (in Russian).

4 Tarakhovsky Yu.S., Kim Yu.A., Abdrasilov B.S., Muzafarova E.N. Flavonoidy: biokhimiya, biofizika, meditsina [Flavonoids: biochemistry, biophysics, medicine]. Pushchino, Sunchrobook, 2013. 306 p. (in Russian).

5 Mayer-Miebach E., Adamiuk M., Behsnilian D. Stability of Chokeberry Bioactive Polyphenols during Juice Processing and Stabilization of a Polyphenol-Rich Material from the By-Product. Agriculture. 2012. no. 2. pp. 244–258. doi: 10.3390/agriculture203024

6 Zamdulaeva N.D., Zhamsaranova S.D. Study of the antioxidant and antimicrobial properties of bioprotectors from waste juice production as ingredients for food enrichment. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya* [Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology]. 2018. vol. 8. no. 1. pp. 51–58. doi: 0.21285/2227–2925–2018–8–1–51–58 (in Russian).

7 Makarov S.S., Panasyuk A.L. The influence of various methods of maceration of berry pulp on the composition of biologically active substances of wort. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovacionnyh pishchevyh produktov* [Technology and the study of merchandise of innovative foodstuffs]. 2019. no. 1 (54). pp. 59–64. (in Russian).

8 Eremeeva N.B., Makarova N.V. The effect of extraction technology on antioxidant activity of black chokeberry. *Vestnik Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Vestnik of MSTU]. 2017. vol. 20. no. 3. pp. 600–608. doi: 10.21443/1560–9278–2017–20–3–600–608 (in Russian).

9 Ye Tian, Puganen A., Alakomi H.-L., Uusitupa A. et al. Antioxidative and antibacterial activities of aqueous ethanol extracts of berries, leaves, and branches of berry plants. Food Research International. 2018. no. 106. pp. 291–303. doi: 10.1016/j.foodres.2017.12.071

10 Bujor O.-C., Ginies Ch., Popa V.I., Dufour C. Phenolic compounds and antioxidant activity of lingonberry (Vaccinium vitisidaea L.) leaf, stem and fruit at different harvest periods. Food Chemistry. 2018. vol. 252. pp. 356–365.

11 Nilova L.P., Vytovtov A.A., Malyutenkova S.M. Plant materials in the formation of the antioxidant properties of juice drinks. *Mezhdunarodnyi nauchnyi zhurnal* [International scientific journal]. 2017. no. 4. pp. 83–87. (in Russian).

12 Huseynova B.M. Extracts obtained from the fruits of wild plants using microwave energy, and their use in the manufacture of liqueurs. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya* [Proceedings of higher educational institutions. Food technology] 2015. no. 1 (343). pp. 45–48. (in Russian).

13 Khramtsov A.G., Evdokimov I.A., Lodygin A.D., Budkevich R.O. Technology development for the food industry: a conceptual model. Foods and Raw Materials. 2014. vol. 2. no. 1. pp. 22–26. doi: 10.12737/4121

14 Nowacka M., Fijalkowska A., Dadan M., Rybak K. et al. Effect of ultrasound treatment during osmotic dehydration on bioactive compounds of cranberries. Ultrasonics. 2018. no. 83. pp.18–25.

15 Trapeznikova S.V. Comparison of methods of extraction extraction of biologically active substances from hawthorn fruit. *Nauchno-metodicheskiy elektronnyy zhurnal Kontsept* [Scientific-methodical electronic journal Concept]. 2016. vol. 11. pp. 3266–3270. (in Russian).

16 Klavins L., Kviesis J., Klavins M. Comparison of methods of extraction of phenolic compounds from American cranberry (Vaccinium macrocarpon L.,) pres residues. Agronomy Research. 2017. vol. 15 (S2). pp. 1316–1329.

17 Osipova L.A., Burdo O.G., Lozovskaya T.S., Termezan E.F. The influence of the processing of black currant berries by microwave currents on the physico-chemical and microbiological indicators of juices. *Pishchevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii* [Food Industry: Science and Technology]. 2013. no. 2 (20). pp. 5–10. (in Russian)

18 Ushakova N.F., Kopysova T.S., Kasatkin V.V., Kudryashova A.G. Experience of using microwave energy in food production. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry]. 2013. no. 10. pp. 30–32. (in Russian).

19 Roidoung S., Dolan K.D., Siddiq M. Gallic acid as a protective antioxidant against anthocyanin degradation and color loss in vitamin-C fortified cranberry juice. Food Chemistry. 2016. no. 210. pp. 422–427.

20 Platov Yu.T., Platov R., Bobozhonova G. Colorimetric identification of orange juice products. *Pivo i napitki* [Beer and beverages]. 2016. no. 6. pp. 14–16. (in Russian).

21 Chervyak S.N., Pogorelov D.Yu., Ermikhina M.V., Mikheeva L.A. Study of the physico-chemical indicators of genuine and falsified red wines. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii* [Fruit growing and viticulture of the South of Russia]. 2018. no. 49 (1). pp. 152–161. (in Russian).

22 Chervyak S.N., Pogorelov D.Yu., Ermikhina M.V., Mikheeva L.A. Investigation of the physico-chemical indicators of natural and synthetic dyes. *Magarach. Vinogradarstvo i vinodeliye* [Magarach. Viticulture and winemaking]. 2017. no. 3. pp. 31–33. (in Russian).

23 Gerzhikova V.G. Metody tekhnokhimicheskogo kontrolya v vinodelii [Methods of techno-chemical control in winemaking]. Simferopol, Tavrida, 2009. 304 p. (in Russian).

24 Lee J., Durst R., Wrolstad R. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants and wines by the pH differential method: collaborative study. J. of AOAC International. 2005. vol. 88. no. 5. pp. 1269–1278.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Людмила П. Нилова к.т.н., доцент, Высшая школа сервиса и торговли, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 195251, Россия, nilova_l_p@mail.ru

Руслан А. Икрамов аспирант, Высшая школа сервиса и торговли, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 195251, Россия, ruslan_ikramov@mail.ru

Светлана М. Малютенкова к.т.н., доцент, Высшая школа сервиса и торговли, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 195251, Россия, malutesha66@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 10.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 07.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Liudmila P. Nilova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Graduate School of Service and Trade, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Politechnicheskaya St., 29, Saint-Petersburg, 195251, Russia, nilova_l_p@mail.ru

Ruslan A. Ikramov graduate student, Graduate School of Service and Trade, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Politechnicheskaya St., 29, Saint-Petersburg, 195251, Russia, ruslan_ikramov@mail.ru

Svetlana M. Malyutenkova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Graduate School of Service and Trade, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Politechnicheskaya St., 29, Saint-Petersburg, 195251, Russia, malutesha66@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.10.2019

ACCEPTED 2.7.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 644

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-225-231

Продукты из мяса кроликов для здорового питания: создание ассортиментных линеек, пищевая и биологическая ценность

Людмила В. Антипова [1] antipova.l54@yandex.ru
Яна А. Попова [1] bimine@yandex.ru
Анна В. Черкасова [1] anna2016cherkasova@yandex.ru

[1] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Представлены результаты исследований по рациональному использованию различных анатомических участков тушки кролика. Рассмотрено современное состояние кролиководства в мировом масштабе. Представлены данные по составу тканей различных анатомических участков тушек кроликов. Доказано соответствие мяса различных частей тушек кроликов формуле сбалансированного питания по содержанию аминокислот, в том числе незаменимых. Разработаны рекомендации по выделению отрубов, а также их использованию для производства продуктов здорового питания. Представлены усовершенствованные схемы разделки тушек кроликов для приготовления вторых блюд, различных наименований запеченных, копчено-вареных и копченых продуктов. Предложены технологии производства окорочков кроличьих «Праздничных» из тазобедренного и лопаточного отрубов, медальонов из длиннейшей мышцы спины, котлет «По-Воронежски» из тазобедренного отруба, а также копченых ребрышек и ребрышек в соусе для вторых блюд. представлены рецептуры эмульгированных и фаршевых продуктов из мяса механической обвалки. Определены показатели качества готовых изделий, их аминокислотный состав, перевариваемость. Доказано, что рациональное и целенаправленное использование различных частей тушек кроликов при глубокой разделке позволяет максимально удовлетворить запросы покупателей всех социальных слоев. Показано отсутствие в России продуктов из мяса кроликов глубокой разделки при широком ассортименте таких продуктов из свинины и говядины. Отмечено, что мясо различных анатомических участков тушек кроликов удовлетворяет более, чем на 50% суточной норме потребления животных белков, что позволяет отнести продукты из крольчатины к продуктам функционального назначения без добавления дополнительных сырьевых источников.

Ключевые слова: мясо кроликов, крольчатина, продукты из крольчатины, продукты здорового питания, функциональные продукты, длиннейшая мышца спины, тазобедренный отруб, лопаточно-плечевой отруб, мясо механической обвалки, копченые продукты, варено-копченые продукты, запеченные продукты

Products from rabbit meat for a healthy diet: the creation of assortment lines, nutritional and biological value

Lyudmila V. Antipova [1] antipova.l54@yandex.ru
Yana A. Popova [1] bimine@yandex.ru
Anna V. Cherkasova [1] anna2016cherkasova@yandex.ru

[1] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract.The results of studies on the rational use of various anatomical sites of the rabbit carcass are presented. The current state of rabbit breeding on a global scale is considered. The data on the composition of tissues of various anatomical sites of rabbit carcasses are presented. It is proved that the meat of various parts of rabbit carcasses corresponds to the formula of a balanced diet in terms of amino acids, including essential ones. Recommendations on the allocation of cuts, as well as their use for the production of healthy foods. The improved schemes of cutting rabbit carcasses for the preparation of second courses, various types of baked, smoked and boiled and smoked products are presented. The technologies of production of hams rabbit " Holiday "of the hip and shoulder cuts, medallions of the longest back muscles, cutlets" Voronezh " of the hip, as well as smoked ribs and ribs in sauce for the second course. presented of the formulation emulsified and minced meat products mechanically separated meat. Indicators of quality of finished products, their amino acid composition, digestibility are defined. It is proved that the rational and purposeful use of different parts of rabbit carcasses in deep cutting allows to satisfy the needs of customers of all social strata. The absence of products from rabbit meat of deep cutting with a wide range of such products from pork and beef is shown in Russia. Noted that meat of different anatomic sites of the carcasses of rabbits covers more than 50% of the daily norm of consumption of animal protein, which can be attributed to the products of rabbit meat products of functional purpose without adding additional raw material sources.

Keywords: rabbit meat, rabbit, rabbit products, plant components, sprouted lentils, functional and technological properties, recipe optimization

Введение

Кролиководство – традиционная подотрасль сельскохозяйственного животноводства в мире, где наметились тенденции наращивания объемов, в том числе и в России. Это связано с плодовитостью и скороспелостью этих животных, а также с ориентацией промышленности на производство продуктов здорового питания. Мясо кроликов – диетическое, богато высокоценными белками, содержащими полный набор протеиногенных аминокислот, включая незаменимые. Оно высокоусвояемо организмом человека, жировая часть имеет в составе значительную долю незаменимых и ненасыщенных жирных кислот, что в совокупности дает возможность отнести его к сырьевым источникам для производства продуктов здорового питания, в том числе специализированного и функционального назначения [1–5].

Для цитирования

Антипова Л.В., Попова Я.А., Черкасова А.В. Продукты из мяса кроликов для здорового питания: создание ассортиментных линеек, пищевая и биологическая ценность // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 225–231. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-225-231

For citation

Antipova L.V., Popova Ya.A., Cherkasova A.V. Products from rabbit meat for a healthy diet: the creation of assortment lines, nutritional and biological value. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 225–231. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-225-231

Однако в сложившихся экономических условиях мировая торговля крольчатиной слабо развита и составляет всего лишь 12% объема. Несмотря на имеющийся положительный опыт, в настоящее время кролиководство и производство крольчатины в России значительно уступают многим зарубежным странам, что связано с малым числом крупных кролиководческих хозяйств, отсутствием устойчивого интереса предпринимателей и малым инвестированием. Немаловажное значение имеет и слабое научно-техническое обеспечение получения и применения продуктов кролиководства при глубокой и максимальной переработке имеющихся и потенциальных ресурсов [6].

Авторы статьи показали, что продукция кролиководства может быть использована для создания самостоятельного производства: мясо и мясопродукты широкого ассортимента и целевого назначения; формовочные материалы из кишок для колбасок, сосисок и сарделек; топленые жиры для кулинарных и технологических нужд; кератиновые гидролизаты – источники метионина из обработанных пуха и меха; кожевенные материалы из шкурок; спиртосодержащие жидкости, биогаз, биоэтанол из помета; удобрения и кормовые добавки из технических зачисток и отходов переработки [7].

В перечне возможных направлений переработки продукции кролиководства мясо представляет наибольший интерес, так как обладает лечебными свойствами и рекомендовано для детского питания, при ожирении, диабете, сердечно-сосудистых заболеваниях и т.д. [8].

Практическое отсутствие соединительных тканей, малое содержание жира, приятные органолептические свойства (нежность, приятный розовый цвет, выраженный специфический вкус) создают хороший потребительский спрос [11–14].

Однако в торговой сети и на рынках крольчатина представлена в основном в форме тушки, что не позволяет покупателям использовать сырье для быстрого приготовления в домашних условиях, рационально использовать части тушек для приготовления различных блюд и продуктов, так как требуется предварительная обработка и разделка, что приводит к потерям сырья. К тому же тушка имеет непростое анатомическое строение, что требует специального навыка для выделения отдельных частей тушки.

Цель работы – разработка альтернативных схем производственной разделки тушек кроликов для создания широкого ассортимента полуфабрикатов и кулинарных изделий для торговли и системы общепита.

Материалы и методы

В ходе экспериментальных исследований использовали современные методы анализа: физико-химические показатели [9], массу путем взвешивания на технических весах с точностью 0,01 г, аминокислотный состав [10], перевариваемость [11], качественные показатели готовых продуктов в соответствии с действующей документацией в отрасли на аналогичный ассортимент.

В качестве объектов исследования использовали кроликов породы Калифорнийский, выращенных и подвергнутых убою и первичной переработке в условиях ООО «Воронежский кролик». Животных забивали в возрасте 90 дней, для эксперимента брали тушки по ГОСТ 27747.

Свойства мяса определяются прижизненными и технологическими факторами. В решении поставленных задач оценивали морфологические особенности анатомических участков тушек. Соотношение тканей определяет вкусоароматические свойства после кулинарной обработки, пищевую и биологическую ценность.

Результаты и обсуждение

В таблице 1 представлен тканевый состав анатомических участков и частей тушек, формируемых на первом этапе разработки альтернативных схем разделки для производства полуфабрикатов и кулинарных изделий.

Таблица 1.

Состав тканей в частях тушек кроликов

Table 1.

The composition of the tissue in parts of the carcasses of rabbits

Отрубы и части тушек Cuts and pieces of carcasses	Выход к массе туш, % Yield to carcass weight, %	Жилованное мясо, % Trimmed meat, %	Жировая ткань, % Adipose tissue, %	Кость, % Bone, %	Сухожилия, хрящи, % Tendons, cartilage, %	Технические зачистки и потери, % Technical Stripping and losses, %
Шейно-грудная Cervical-thoracic	23,8 ± 0,42	32,3 ± 1,67	1,2 ± 0,16	64,5 ± 1,68	1,3 ± 0,1	0,7 ± 0,18
Лопаточно-плечевая Shoulder-shoulder	13,0 ± 0,87	68,9 ± 1,15	2,8 ± 0,55	26,3 ± 0,70	1,2 ± 0,26	0,8 ± 0,04
Пояснично-крестцовая Lumbosacral	22,5 ± 0,24	43,5 ± 1,41	3,5 ± 0,30	51,1 ± 1,78	1,2 ± 0,22	0,7 ± 0,02
Тазобедренная Coxofemoral	34,0 ± 0,59	74,7 ± 1,81	1,3 ± 0,19	22,3 ± 2,6	1,0 ± 0,21	0,7 ± 0,02

Как видно из данных, выделенные отрубы (части) тушек неравноценны по содержанию и соотношению тканей. Так, например, соотношение жилованного мяса (мышечная ткань) и кости в шейно-грудном отрубе 1:2, а в лопаточно-плечевом это соотношение составляет 2,6:1,0 в пояснично-крестцовом оно приближается к 1,00:1,06 и в тазобедренном – почти 3,4:1,0.

Просматривая современный ассортимент на рынке полуфабрикатов и кулинарных изделий, следует констатировать достаточно широкий ассортиментный перечень из говядины и свинины, птицы при полном отсутствии таких продуктов из кроликов. Опыт показывает, что части, богатые костной тканью, предпочтительно использовать для приготовления первых, вторых блюд типа рагу, так как эти ткани придают продуктам выраженный аромат и вкус, дают прозрачные бульоны при варке. Отрубы и анатомические участки с высокой долей мышечной ткани максимально используются в качестве самостоятельных продуктов для пластических функций организма. При этом мышечная ткань может входить в состав продуктов из цельных отрубов в сочетании с костной и жировой тканью, а также может быть выделена из отруба и использоваться самостоятельно.

В ходе исследования мышечной системы тушек кроликов для расширения ассортимента полуфабрикатов целесообразно формировать стейки путем отделения мышц задних ног от кости, а также отделять длиннейшую мышцу спины.

Анализ аминокислотного состава анатомических участков (таблица 2) показал, что мясо исследуемых частей удовлетворяет более, чем 50% суточной нормы животных белков и во много раз превосходит этот показатель по отдельным аминокислотам.

Таблица 2.

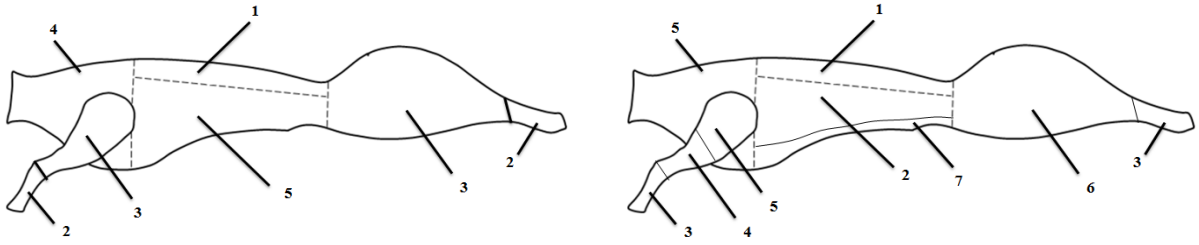
Соответствие мяса различных частей тушек кроликов формуле сбалансированного питания по содержанию аминокислот

Table 2.

Compliance of meat of various parts of carcasses of rabbits to the formula of the balanced food on the content of amino acids

Показатели Indicators	Среднесуточная потребность, г Average daily requirement	Процент удовлетворения при потреблении 100 г мяса Percentage of satisfaction with consumption of 100 g of meat		
		Тазобедренная часть Part of the hip	Лопаточно-плечевая часть Shoulder and shoulder parts	Длиннейшая мышца спины Back longest muscle
Белки | Proteins	90–10	20	19	20
в том числе животные including animal proteins	50	10	34	37
Незаменимые аминокислоты: | Essential amino acids:				
Валин | Valine	3,5 ± 0,5	26	25	25
Изолейцин | Isoleucine	3,5 ± 0,5	24	22	23
Лейцин | Leucine	5,0 ± 1,0	32	30	32
Лизин | Lysine	4,0 ± 1,0	46	42	47
Метионин | Methionine	3,0 ± 0,5	14	14	13
Треонин | Threonine	2,5 ± 0,5	33	34	34
Триптофан | Tryptophan	1,0 ± 0,0	23	20	23
Фенилаланин | Phenylalanine	3,0 ± 1,0	31	30	32
Заменимые аминокислоты: | Nonessential amino acid:				
Аланин | Alanine	3,0 ± 0,0	35	32	35
Аргинин | Arginine	5,5 ± 0,5	28	27	29
Аспарагиновая к-та | Aspartic acid	6,0 ± 0,0	25	23	27
Гистидин | Histidine	1,75	24	22	25
Глицин | Glycine	3,0 ± 0,0	26	26	28
Глутаминовая к-та | Glutamic acid	16,0 ± 0,0	17	16	17
Пролин | Proline	5,0 ± 0,0	11	12	11
Серин | Serine	3,0 ± 0,0	22	20	21
Тирозин | Tyrosine	3,5 ± 0,5	23	21	24
Цистин | Cystine	2,5 ± 0,5	17	16	16

Продукты из крольчатины могут быть функционального назначения без дополнительных сырьевых источников и комбинаций. Экспериментально установлено, что соотношение триптофана к оксипролину как белково-качественный показатель в крольчатине составляет в тазобедренном отрубе 3,1, в лопаточно-плечевом – 2,4, длиннейшей мышце спины – 3,7. Белки мяса кроликов полноценны и качественны, лимитирующих аминокислот в составе не имеют. На основании проведенной оценки отрубов и анатомических участков и с учетом современных технологических подходов рекомендуются альтернативные схемы промышленной разделки тушек кроликов (рисунок 1).



a *b*

Рисунок 1. Альтернативные схемы промышленной разделки тушек кроликов: *a*: 1 – длиннейшая мышца спины (для приготовления медальонов); 2 – голень (для приготовления первых блюд); 3 – передние и задние ножки (для приготовления вторых блюд и копчения); 4 – шейно-грудной отдел (для получения котлетного мяса); 5 – каркас (для получения мяса механической обвалки); *b*: 1 – длиннейшая мышца спины; 2 – ребра (для вторых блюд и копчения); 3 – голень (для приготовления первых блюд); 4 – голень (для приготовления рагу); 5 – стейки; 6 – котлеты «По-Воронежски»; 7 – фарш

Figure 1. Alternative schemes for industrial cutting of rabbit carcasses: *a*: 1 – the longest back muscle (for the preparation of medallions); 2 – Shin (for the preparation of the first dishes); 3 – front and rear legs (for the preparation of the second dishes and Smoking); 4 – cervical-thoracic section (for cutlet meat); 5 – frame (for meat mechanical boning); *b*: 1 – the longest muscle of a back; 2 – edges (for main dishes and Smoking); 3 – the shank (for preparation of first course); 4 – drumstick (for making stew); 5 – steaks; 6 – cutlets “Voronezh”; 7 – ground beef

Разработаны рекомендации по использованию выделенных отрубов для производства здоровых продуктов питания (рисунок 2). При выработке копчено-вареных и запеченных продуктов производили разделку тушек по схеме рисунок 1, *a, b* и использовали тазобедренный и лопаточный отрубы с последующим шприцеванием рассолом, состоящим из воды, фосфатов, сахара-песка, соли поваренной, нитрита натрия и аскорбиновой кислоты и массировали. После термической обработки окорочка кроличьи «Праздничные» варено-копченые и запеченные имели соответственно выход 85 и 93%, массовую долю белков 19,8 и 18,8%, энергетическую ценность 716 и 775 кДж. Продукты высоко оценены дегустационными комиссиями.



a *b* *c* *d* *e*

Рисунок 2. Полуфабрикаты для вторых блюд и копчения: *a* – медальоны из мяса кролика; *b* – рагу из мяса кролика; *c* – ребра для вторых блюд и копчения; *d* – мясо для колбасных изделий и вторых блюд; *e* – бедро кролика

Figure 2. Semi-finished products for second courses and smoking: *a* – rabbit meat medallions; *b* – rabbit meat stew; *c* – ribs for second courses and smoked; *d* – meat for sausages and main dishes; *e* – rabbit thigh

Аналогичную технологическую проработку прошли медальоны из длиннейшей мышцы спины при изготовлении запеченных продуктов и натуральных бифштексов для вторых блюд. Положительный отзыв дегустаторов получили котлеты «По-Воронежски», изготовленные по технологической карте, аналогичной котлетам «По-Киевски», а также копченые ребрышки и ребрышки в соусе для вторых блюд.

Особый интерес вызвало мясо механической обвалки при обработке каркасов с последующим использованием в технологии эмульгированных и фаршевых продуктов. Установлено, что в крольчатине механической обвалки содержится 0,4% костных включений размером 0,46 мм. Это открывает реальные возможности его использования в рецептурно-компонентных решениях без предварительной подготовки.

Сырье использовалось в технологии сосисок в соответствии с рецептурой.

Показатели качества готовых изделий (таблица 3), их аминокислотный состав (таблица 4) и перевариваемость (рисунок 3) свидетельствуют не только о высоких качественных показателях, но и биологической ценности, соответствующей продуктам здорового питания, в том числе функционального назначения.

Таблица 3.

Рецептура сосисок «Кроличьи»

Table 3.

Recipe sausages “Rabbit”

Сырье несоленое, кг на 100 кг: | Unsalted raw materials, kg per 100 kg:	
Мясо кролика обваленное | Rabbit meat, boneless	55
Мясо кролика механической обвалки | Rabbit meat, mechanical boning	30
Шпик боковой | Side fat	13
Эмульсия свиной шкурки | Pork skin emulsion	2
Пряности и материалы, г на 100 кг несоленого сырья: | Spices and materials, g per 100 kg unsalted raw's:	
Соль поваренная пищевая | Table salt	2500
Сахар песок | Granulated sugar	87
Натрия нитрит | Sodium nitrite	6,0
Перец черный молотый | Ground black pepper	57
Перец душистый молотый | Ground allspice	56
Чеснок свежий очищенный, измельченный | Garlic fresh peeled minced	100
Смесь пряностей № 2 вместо сахара и отдельных пряностей | Mixture of spices № 2 instead of sugar and individual spices	200

Таблица 4.

Аминокислотный состав сосисок «Кроличьи»

Table 4.

Amino acid composition of sausages «rabbits»

Аминокислота Aminoacid	Массовая доля аминокислоты, г в 100 г белка Mass fraction of amino acid, g per 100 g of protein		Аминокислотный скор, % Amino acid, %
	Идеальный белок Perfect protein	Опыт Experiment	
Валин | Valine	5,0	6,08	121,6
Изолейцин | Isoleucine	4,0	5,35	133,7
Лейцин | Leucine	7,0	9,83	140,0
Лизин | Lysine	5,5	6,08	110,5
Метионин + цистин | Methionine + cystine	3,5	2,49	71,1
Треонин | Threonine	4,0	3,96	99,0
Триптофан | Tryptophan	1,0	1,96	196,0
Фенилаланин | Phenylalanine	6,0	5,53	92,2

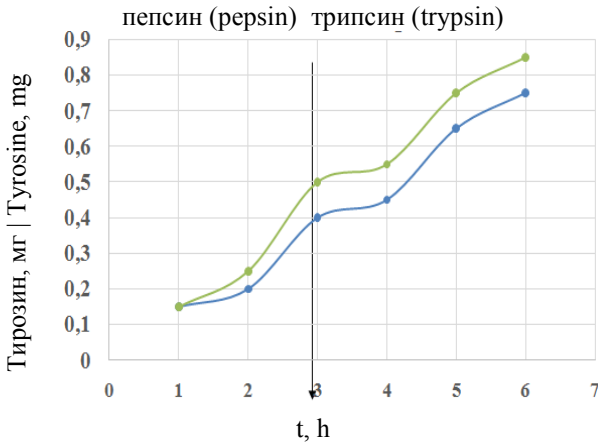


Рисунок 3. Перевариваемость опытного и контрольного образцов (in vitro)

Figure 3. Digestibility of test and control samples (in vitro)

Заключение

Глубокая разделка позволяет максимально удовлетворить запросы покупателей, обеспечить рациональное и целенаправленное использование в промышленном производстве полуфабрикатов, колбасных и кулинарных изделий, быстро приготовить блюда в домашних условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1 Антипова Л.В., Сторублевцев С.А., Успенская М.Е., Попова Я.А. и др. Комплексная переработка кроликов: традиции и инновации: монография. Воронеж, 2017. 377 с.

2 Антипова Л.В., Глотова И.А., Рогов И.А. Методы исследования мяса и мясных продуктов: учебник. М.: КолосС, 2004. 571 с.

3 Кенийз Н.В., Нестеренко А.А., Шхалахов Д.С. Оптимизация рецептур колбасных изделий в условиях реального времени // Научный журнал КубГАУ. 2014. № 102. С. 1113–1126.

4 Лисицын А.Б., Чернуха И.М., Лунина О.И., Федулова Л.В. Законодательные основы и научные принципы создания функциональных пищевых продуктов на мясной основе // Вестник АГАУ. 2016. № 12 (146). С. 151–158.

5 Запорожский А.А., Запорожская С.П., Ковтун Т.В., Ревенко М.Г. Перспективы научных исследований в области разработки продуктов геродиетического назначения // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2012. № 2–3. С. 5–9.

6 Лисицын А.Б., Чернуха А.М., Протопопов И.И. Применение информационных технологий при производстве и контроле качества и безопасности мясных продуктов // Все о мясе. 2007. № 5. С. 6–10.

7 Попов В.Г., Федорова О.С., Белина С.А. Совершенствование технологии производства специализированных продуктов из мяса кролика // Ползуновский вестник. 2017. № 3. С. 37–42.

8 Царегородцева Е.В., Бойкова Е.В. Диетическая привлекательность крольчатины // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: материалы Международной научно-практической конференции. 2011. С. 309–311.

9 Царегородцева Е.В., Бойкова Е.В. Динамика физико-химических свойств крольчатины в процессе автолиза // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: материалы региональной научно-практической конференции. 2009. С. 364–366.

10 Паршина Т.С. Использование бобовых в производстве мясорастительной продукции // Стратегия развития индустрии гостеприимства и туризма: материалы четвертой Международной Интернет-конференции. 2011. С. 602–605.

11 Pereira M., Malfeito-Ferreira M. A simple method to evaluate the shelf life of refrigerated rabbit meat // Food control. 2015. V. 49. P. 70–74.

12 Dabbou S., Gai F., Renna M., Rotolo L. et al. Inclusion of bilberry pomace in rabbit diets: Effects on carcass characteristics and meat quality // Meat science. 2017. V. 124. P. 77–83.

13 Dal Bosco A., Castellini C., Martino M., Mattioli S., Marconi O. et al. The effect of dietary alfalfa and flax sprouts on rabbit meat antioxidant content, lipid oxidation and fatty acid composition // Meat science. 2015. V. 106. P. 31–37.

14 Nakyinsige K., Sazili A.Q., Aghwan Z.A., Zulkifli I., Goh Y.M. et al. Development of microbial spoilage and lipid and protein oxidation in rabbit meat // Meat science. 2015. V. 108. P. 125–131.

REFERENCES

1 Antipova L.V., Storublevtsev S.A., Uspenskaya M.E., Popova Ya.A. et al. Kompleksnaya pererabotka krolikov: traditsii i innovatsii [Complex processing of rabbits: traditions and innovations: a monograph]. Voronezh, 2017. 377 p. (in Russian).

2 Antipova L.V., Glotova I.A., Rogov I.A. Metody issledovaniya myasa i myasnykh produktov [Methods of research of meat and meat products]. Moscow, KolosS, 2004. 571 p. (in Russian).

3 Keniyz N.V., Nesterenko A.A., Shkhalakhov D.S. Optimization of the sausage recipes in real time. *Nauchnyy zhurnal KubGAU* [Scientific Journal of KubSAU]. 2014. no. 102. pp. 1113–1126. (in Russian).

4 Lisitsyn A.B., Chernukha I.M., Lunina O.I., Fedulova L.V. Legislative bases and scientific principles of creating functional foods based on meat. *Vestnik AGAU* [Vestnik of ASAU]. 2016. no. 12 (146). pp. 151–158. (in Russian).

5 Zaporozhskiy A.A., Zaporozhskaya S.P., Kovtun T.V., Revenko M.G. Prospects for research in the field of the development of products for gerodietic purposes. *Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya* [University news. Food technology]. 2012. no. 2–3. pp. 5–9. (in Russian).

6 Lisitsyn A.B., Chernukha A.M., Protopopov I.I. The use of information technology in the production and quality control and safety of meat products. *Vse o myase* [All about meat]. 2007. no. 5. pp. 6–10. (in Russian).

7 Popov V.G., Fedorova O.S., Belina S.A. Improving the production technology of specialized products from rabbit meat. *Polzunovskiy vestnik* [Polzunovsky messenger]. 2017. vol. 1. no. 3. pp. 37–42. (in Russian).

8 Tsaregorodtseva E.V., Boykova E.V. Dietary attractiveness of rabbit meat. Aktual'nyye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktsii sel'skogo khozyaystva [Actual issues of improving the technology of production and processing of agricultural products: materials of the International scientific-practical conference]. 2011. pp. 309–311. (in Russian).

9 Tsaregorodtseva E.V., Boykova E.V. Dynamics of physical and chemical properties of rabbit meat in the process of autolysis. Aktual'nyye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktsii sel'skogo khozyaystva [Actual issues of improving the technology of production and processing of agricultural products: materials of the regional scientific-practical conference]. 2009. pp. 364–366. (in Russian).

10 Parshina T.S. The use of legumes in the production of meat and plant products. Strategiya razvitiya industrii gostepriimstva i turizma [Strategy for the development of the hospitality industry and tourism: materials of the fourth International Internet conference]. 2011. pp. 602–605. (in Russian).

11 Pereira M., Malfeito-Ferreira M. A simple method to evaluate the shelf life of refrigerated rabbit meat. Food control. 2015. vol. 49. pp. 70–74.

12 Dabbou S., Gai F., Renna M., Rotolo L. et al. Inclusion of bilberry pomace in rabbit diets: Effects on carcass characteristics and meat quality. Meat science. 2017. vol. 124. pp. 77–83.

13 Dal Bosco A., Castellini C., Martino M., Mattioli S., Marconi O. et al. The effect of dietary alfalfa and flax sprouts on rabbit meat antioxidant content, lipid oxidation and fatty acid composition. Meat science. 2015. vol. 106. pp. 31–37.

14 Nakyinsige K., Sazili A.Q., Aghwan Z.A., Zulkifli I., Goh Y.M. et al. Development of microbial spoilage and lipid and protein oxidation in rabbit meat. Meat science. 2015. vol. 108. pp. 125–131.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Людмила В. Антипова д.т.н., профессор, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, antipova.l54@yandex.ru

Яна А. Попова аспирант, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, bimine@yandex.ru

Анна В. Черкасова младший научный сотрудник, научно-образовательный центр «Живые системы», Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, anna2016cherkasova@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 22.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 11.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Lyudmila V. Antipova Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of animal products department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, antipova.l54@yandex.ru

Yana A. Popova graduate student, technology of animal products department, Voronezh state university of engineering technologies,, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, bimine@yandex.ru

Anna V. Cherkasova junior research assistant, scientific and educational center “Living systems”, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, anna2016cherkasova@yandex.ru

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.22.2019

ACCEPTED 2.11.2019

Обзорная статья/Review article

УДК 664.63

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-232-237

Конструктивные и технологические приемы интенсификации замеса теста и повышения качества хлеба

Газибег О. Магомедов [1] mmg@inbox.ru
Валерий Л. Чешинский [2] mmg@inbox.ru
Юлия Н. Труфанова [1] julia.trufanova@gmail.com
Магомед Г. Магомедов [1] mmg@inbox.ru
Владимир А. Исаев [1] isaev@vptb.org

[1] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19 г. Воронеж, 394036, Россия
[2] АО «Русская продовольственная компания», ул. Кржижановского, 6 г. Москва, 117292, Россия

Аннотация. Замес теста оказывает большое влияние на протекание последующих технологических операций при производстве хлебобулочных изделий и качество продукции. При механическом воздействии на тесто при замесе изменяются его реологические свойства, происходят глубокие преобразования белковых веществ и изменения свойств крахмала, ускоряющие процесс созревания теста и способствующие улучшению показателей качества хлеба по удельному объему, структуре пористости и сжимаемости мякиша. По окончании замеса образуется однородная упругопластическая капиллярно-пористая масса, содержащая муку, воду, дрожжи и прочие компоненты; в ней активно протекают физические, коллоидные, микробиологические и ферментативные процессы. На стадии замеса формируются реологические свойства теста, от которых в значительной степени зависит интенсивность процесса брожения, поведение теста при разделке. В научно-технической литературе нет единой точки зрения на вопрос путей интенсификации процесса замеса теста. Преимущественно рассматриваются в различных комбинациях следующие параметры: геометрическая форма емкости тестомесильной машины, форма месильных лопастей и их расположение, частота вращения рабочего органа, периодичность механического воздействия на замешиваемую массу, контроль температуры теста. Приемы комплексной интенсификации процесса замеса теста, основанные на взаимосвязи основных параметров тестомесильной машины и изменений реологических свойств теста, в научной литературе практически не рассмотрены. Одним из путей интенсификации процесса замеса теста является применение усиленной механической обработки. При применении усиленной механической обработки повышается гидратационная способность клейковины, в результате поглощение воды тестом увеличивается на 1,0 – 1,5 %, что улучшает его реологические свойства, качество и выход хлеба.

Ключевые слова: тесто, сбивное тесто, замес теста, тестомесильные машины, интенсивный замес

Constructive and technological methods of intensification of kneading and improving the quality of bread

Gazibeg O. Magomedov [1] mmg@inbox.ru
Valery L. Cheshinsky [2] mmg@inbox.ru
Julia N. Trufanova [1] julia.trufanova@gmail.com
Magomed G. Magomedov [1] mmg@inbox.ru
Vladimir A. Isaev [1] isaev@vptb.org

[1] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia
[2] JSC Russian food company, Krzhizhanovskogo str., 6, Moscow, 117292, Russia

Abstract. Kneading dough has a great influence on the processing of subsequent technological operations of the bakery production and products quality. The rheological properties change by mechanical action on the dough during kneading, and deep transformations of protein substances and changes in the properties of starch occurred. These changes cause accelerating the process of dough maturation and improvement of the bread quality in terms of specific volume, porosity structure and compressibility of the crumb. At the end of the dough kneading, a homogeneous elastoplastic capillary-porous mass containing flour, water, yeast and other components is formed and physical, colloidal, microbiological and enzymatic processes actively proceed in it. At the kneading stage, rheological properties of the dough are formed, on which the intensity of the fermentation process, the behavior of the dough during cutting depends. In the scientific and technical literature, there is absent the common point of view on the question about ways to intensify the process of dough kneading. The following parameters are mainly considered in various combinations: the geometric shape of the kneading machine capacity, the shape of the kneading blades and their location, the speed of the working body, the frequency of mechanical action on the kneading mass, the control of the test temperature. Methods of the complex intensification of the kneading process, based on the relationship of the main kneading machine parameters and changes in the rheological properties of the dough, are practically not considered in the scientific literature. One of the ways to intensify the process of dough kneading is the using of reinforced machining treatment. In the application of reinforced mechanical treatment the hydration capacity of the gluten increases, as a result, the water absorption by dough is increased by 1.0 to 1.5 %, which improves its rheological properties, quality and yield of bread.

Keywords: dough, whipped pastry, dough mixers, heavy kneading

Для цитирования

Магомедов Г.О., Чешинский В.Л., Труфанова Ю.Н., Магомедов М.Г., Исаев В.А. Конструктивные и технологические приемы интенсификации замеса теста и повышения качества хлеба // Вестник ВГУИТ. 2019. тТ. 81. № 1. С. 232–237. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-232-237

For citation

Magomedov G.O., Cheshinsky V.L., Trufanova Ju.N., Magomedov M.G., Isaev V.A. Constructive and technological methods of intensification of kneading and improving the quality of bread. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 232–237. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-232-237

Введение

Замес теста оказывает большое влияние на протекание последующих технологических операций при производстве хлебобулочных изделий и качество продукции. При механическом воздействии на тесто при замесе изменяются его реологические свойства, происходят глубокие преобразования белковых веществ и изменения свойств крахмала, ускоряющие процесс созревания теста и способствующие улучшению показателей качества хлеба по удельному объему, структуре пористости и сжимаемости мякиша [1, 2].

По окончании замеса образуется однородная упругопластическая капиллярно-пористая масса, содержащая муку, воду, дрожжи и прочие компоненты; в ней активно протекают физические, коллоидные, микробиологические и ферментативные процессы. На стадии замеса формируются реологические свойства теста, от которых в значительной степени зависит интенсивность процесса брожения, поведение теста при разделке [3].

Замес пшеничного теста отличается от ржаного и является более сложным. В пшеничной муке содержится 7–26% белковых веществ, которые в основном определяют физические и хлебопекарные свойства теста, а также качество выпеченного хлеба. В пшеничном тесте образуется губчатый, упругий клейковинный каркас, тесто становится эластичным и упругим. Для ржаного теста характерны высокая вязкость, пластичность, слабые упругость и растяжимость. Наибольшее влияние механическая проработка при замесе оказывает на качество пшеничного теста [1, 3].

При классическом проведении замеса можно выделить три характерные стадии: 1 – механическое смешивание и аэрация, в результате которых достигается равномерное распределение компонентов по всей массе; 2 – гидролитическое воздействие влаги на сухие компоненты смеси, сопровождающееся когезией; 3 – структуррообразование, заключающееся в формировании белкового каркаса теста, который в дальнейшем определяет его газо- и формоудерживающую способность. На скорость и характер течения отдельных стадий процесса влияют свойства муки, рецептурные добавки (жир, сахар, окислители и др.), специфика механического воздействия месильных органов, интенсивность и длительность замеса, обусловленные конструкцией машины [4-7].

Замес теста осуществляется в тестомесильных машинах различных конструкций в течение 1–20 мин в зависимости от интенсивности механического воздействия. Для получения высококачественного теста замес необходимо осуществлять при оптимальных интенсивности, длительности, температуре и частоте воздействия месильной лопасти.

Интенсивность замеса определяется удельной работой, затраченной на замес 1 г теста. На эту величину непосредственно влияет и длительность замеса.

По интенсивности воздействия рабочего органа на обрабатываемую массу тестомесильные машины делятся на три группы:

- обычные тихоходные – рабочий процесс не сопровождается заметным нагревом теста, удельный расход энергии 5–12 Дж/г;
- быстроходные (машины для интенсивного замеса теста) – рабочий процесс сопровождается нагревом теста на 5–7 °С, удельный расход энергии 15–30 Дж/г;
- супербыстроходные (суперинтенсивные) – замес сопровождается нагревом теста на 10–20 °С, что требует устройства водяного охлаждения корпуса месильной камеры, либо предварительного охлаждения воды, используемой для замеса теста, удельный расход энергии 30–45 Дж/г [5].

Цель работы – исследование влияния технологических факторов и конструктивных особенностей тестомесильных машин на повышение интенсивности процесса замеса теста и качества хлебобулочных изделий; определение дальнейших путей их совершенствования.

Обсуждение

Величина удельной работы является ориентировочной и не имеет строго разделенного ряда, поскольку может на одной и той же машине изменяться в зависимости от длительности замеса, определяемой качеством муки [5].

В научно-технической литературе нет единой точки зрения по вопросу путей интенсификации процесса замеса теста. Преимущественно рассматриваются в различных комбинациях следующие параметры: геометрическая форма емкости тестомесильной машины, форма месильных лопастей и их расположение, частота вращения рабочего органа, периодичность механического воздействия на замешиваемую массу, контроль температуры теста [4–12]. Приемы комплексной интенсификации процесса замеса теста, основанные на взаимосвязи основных параметров тестомесильной машины и изменений реологических свойств теста, в научной литературе практически не рассмотрены.

Одним из путей интенсификации процесса замеса теста является применение усиленной механической обработки. Такое тесто по окончании процесса брожения имеет более упругие свойства по сравнению с тестом без обработки,

и процесс его разжижения затормаживается, вероятно, из-за частичного восстановления структуры [1, 3]. Значительная роль в этом явлении отводится окислительно-восстановительным процессам с участием кислорода воздуха, механически захваченного тестом в процессе замеса. Так, при окислении – SH-групп глиадина и глютенина происходит образование дополнительных дисульфидных связей и, как следствие, упрочнение структуры белка, а окисление – SH-групп протеолитических ферментов и их активаторов приводит к снижению степени протеолиза белков в тесте. В результате повышается его вязкость и упругость [1–3].

При применении усиленной механической обработки повышается гидратационная способность клейковины, в результате поглощение воды тестом увеличивается на 1,0–1,5%, что улучшает его реологические свойства, качество и выход хлеба [3].

При интенсивном замесе тесто осветляется по сравнению с тестом, полученным при обычном замесе, из-за аэрации его составных частей – включения кислорода воздуха в массу теста и участия его в окислении около 31% пигментов муки – ксантофилловых, каротиноидных и хлорофилловых [1–3].

Физико-химические свойства крахмальных зерен при интенсивном замесе также изменяются: повышается их атакуемость амилазами муки, увеличивается доля водорастворимых углеводов и восстанавливающих сахаров. Газообразующая и газоудерживающая способность теста, замешенного с усиленной механической обработкой, улучшается, и эта тенденция сохраняется в тестовой заготовке в период расстойки [1, 3, 8, 11].

В ряде работ показано, что при замесе в результате частичного перехода механической энергии в тепловую температура теста повышается. Чрезмерный перегрев теста может привести к ухудшению его структурно-механических свойств, нарушению технологического режима. В связи с этим в конструкциях быстроходных тестомесильных машин необходимо предусматривать емкости, снабженные водяной рубашкой для охлаждения теста [6, 8–11].

Общее повышение удельного расхода энергии, вызывающее интенсификацию процесса замеса и созревания теста и повышение его качества, нельзя считать объективным технологическим критерием. Интенсивность замеса характеризуется количеством работы, расходуемой на единицу рабочего времени, на которую влияют одновременно интенсивность и длительность замеса, а интенсивность, в свою очередь, зависит от частоты вращения месильной лопасти и механизма ее воздействия на тесто, т. е. конструкции тестомесильной машины. Следовательно, при одной и той же интенсивности можно получить различную удельную работу путем изменения длительности замеса. При этом важно определить оптимальный расход энергии, так как тесто становится более растяжимым и менее упругим при излишней механической обработке [5, 11]. Разработчики чорливудского способа производства хлеба считают, что для качества готовых изделий лучше, если одна и та же работа при замесе теста совершается с более высокой скоростью [12, 13].

Количество энергии, передаваемой тесту во время замеса, также зависит от геометрической формы дежи и лопасти месильного органа. Для интенсификации процесса передачи механической энергии тесту в конструкциях тестомесильных машин предусматривают неподвижную штангу или перегородку, двойной месильный орган.

Оптимальное значение удельной работы при замесе теста зависит от множества факторов: вида, сорта и свойств муки, влажности теста, рецептуры (дозировки соли, сахара, жировых продуктов и др.), применения улучшителей окислительно-восстановительного действия и др.

Различные способы интенсификации процесса замеса теста и результаты работ по совершенствованию конструкций тестомесильных машин рассмотрены в многочисленных публикациях отечественных и зарубежных ученых [12–19].

Для интенсификации процесса замеса теста N. Larsen предложено увеличение мощности электродвигателей и площади рабочих органов тестомесильной машины [20].

Разработана конструкция тестомесильной машины с вертикально расположенным по центру цилиндрической дежи рабочим органом, представляющим собой полый вращающийся вал, на котором равномерно установлены три пары месильных лопастей различной длины, размещенных под углом 60° относительно друг друга. Так как тестомесильные лопасти выполнены полыми, то по внутренней поверхности вала в них поступают жидкие компоненты, которые через отверстия в лопастях равномерно распределяются по всему объему дежи. Данная конструкция рабочего органа тестомесильной машины позволяет интенсифицировать процесс замеса, сократить его длительность и повысить производительность [21].

Для снижения энергозатрат и улучшения качества теста предложена конструкция тестомесильной машины периодического действия с объемно-винтовым рабочим органом. В результате придания замешиваемой массе

дополнительного вертикального перемещения достигается непрерывное перемещение массы теста по всему объему месильной емкости за счет создания разноскоростных потоков движения замешиваемой массы одновременно в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Предлагаемая конструкция рабочего органа тестомесильной машины позволяет интенсифицировать процесс замеса теста, повысить производительность и снизить энергозатраты [22, 23].

Разработан способ, предусматривающий подачу замешенного теста в аэратор для насыщения его сжатым воздухом. Данный прием позволяет интенсифицировать процесс замеса, добиться равномерного распределения компонентов, повысить качество готовых изделий с увеличенным сроком годности [24].

Наиболее перспективным способом является механический способ разрыхления структуры теста под избыточным давлением воздуха, который позволяет резко сократить длительность технологического процесса, повысить качество и выход готовых хлебобулочных изделий, увеличить срок их годности. Это достигается благодаря одновременной реализации двух физических факторов: интенсивности замеса теста и высокой скорости растворения в нем газа [3, 14, 25].

Предложен способ приготовления бездрожжевого теста и конструкция тестомеса. Механическое разрыхление теста производится за счет перемешивания рецептурных компонентов с газированной водой в герметизированной емкости при избыточном давлении диоксида углерода 0,4 – 0,5 МПа. Данный способ позволяет повысить качество диетических хлебобулочных изделий, расширить ассортимент бездрожжевых изделий, интенсифицировать технологический процесс и снизить потребность в производственных площадях [26].

Разработана конструкция месильно-сбивальной машины с герметичной месильной камерой, оборудованной двухконтурной водяной рубашкой, установленной под углом 60° к горизонту. Месильный орган выполнен в виде рамной мешалки, закрепленной на валу, состоящей из четырех скоб, расположенных под углом 90° относительно друг друга. Скорость вращения рабочего органа 8,3–13,3 $с^{-1}$. Месильно-сбивальная машина снабжена компрессором и ресивером. В месильную камеру подается сжатый воздух под давлением 0,4 МПа. Предлагаемая конструкция позволяет повысить качество бездрожжевого хлеба за счет более эффективного перемешивания, интенсифицировать процесс замеса теста, снизить энергозатраты, сократить потребность в производственных площадях, увеличить выход хлеба [27].

Предложена конструкция месильно-сбивальной машины, включающая месильную камеру с крышкой, месильный орган с электродвигателем, устройство для выгрузки готового продукта, компрессор и ресивер. Месильная камера выполнена герметичной и снабжена рубашкой охлаждения. При этом нижняя часть камеры выполнена в форме полусферы и в ее верхней части проходит вал с насаженным на него месильным органом. Месильный орган установлен горизонтально с минимальным зазором относительно днища и представляет собой четыре полукольца, расположенных под углом 90° относительно друг друга. В крышку месильной камеры вмонтирован золотник для сброса избыточного давления, месильная камера сообщается с компрессором и ресивером. Такая конструкция месильно-сбивальной машины позволяет интенсифицировать процесс перемешивания рецептурных компонентов, повысить качество сбивного бездрожжевого теста и снизить энергозатраты на его приготовление [28].

Заключение

Анализ существующих тестомесильных машин и способов замеса теста показал, что необходимо дальнейшее совершенствование конструкции тестомесильных машин в направлении обеспечения высокоинтенсивного воздействия на структуру теста в среде сжатых газов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства: учеб.; 9-е изд., перераб. и доп.; под общ. ред. Л.И. Пучковой. СПб.: Профессия, 2005. 416 с.

2 Пащенко Л.П. Физико-химические основы технологии хлебобулочных изделий: учеб. пособие. Воронеж, 2006. 311 с.

3 Пучкова Л.И., Поландова Р.Д., Матвеева И.В. Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий. Ч. 1. Технология хлеба. СПб.: ГИОРД, 2005. 557 с.

4 Хромеенков В.М. Технологическое оборудование хлебозаводов и макаронных фабрик. СПб.: ГИОРД, 2008. 480 с.

5 Лисовенко А.Т., Литовченко И.Н., Зирнис И.В. и др. Смесительные машины в хлебопекарной и кондитерской промышленности; под ред. А.Т. Лисовенко. К.: Урожай, 1990. 192 с.

6 Магомедов Г.О., Пономарева Е.И., Рыжов В.В. Влияние формы месильной лопасти на энергетические характеристики сбивания и качество бездрожжевого полуфабриката // Хлебопродукты. 2011. № 10. С. 48–49.

7 Байрамов Э.Э. Анализ эффективности работы и основных критериев выбора тестомесильных машин // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. 2014. № 7–8. С. 72–76.

8 Литовченко И.Н., Сидоренко С.И., Клементенко В.Л., Лисовенко А.Т. Воздействие интенсивного замеса на длительность брожения полуфабрикатов и качество хлеба // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. 1984. № 11. С. 23–24.

9 Верболоз Е.И., Антуфьев В.Т., Савченко Р.Н. Совершенствование технологии и оборудования для интенсификации производства мучных кондитерских изделий // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2015. № 3(25). С. 58–63.

10 Литовченко И.Н., Лисовенко А.Т. Определение расхода энергии на нагрев при замесе теста // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. 1983. № 8. С. 28–29.

11 Литовченко И.Н. Интенсификация процесса замеса и совершенствование тестомесильных машин периодического действия. Киев, 1984. 213 с.

12 Cauvain S.P., Young L.S. et al. Technology of Breadmaking; 2nd edn. New York: Springer Science + Business Media, 2007. 397 p.

13 Cauvain S.P., Young L.S. The Chorleywood Bread Process. Cambrige: Woodhead Publishing Ltd., 2006. 192 p.

14 Магомедов Г.О., Пономарева Е.И. Научные и практические основы технологии сбивных функциональных хлебобулочных изделий. Воронеж: ВГТА, 2010. 241 с.

15 Мацкевич И.В. Совершенствование технологического процесса производства теста для хлебобулочных изделий. Красноярск, 2016. 122 с.

16 Федотьин И.М. Физико-математические основы интенсификации процессов и аппаратов пищевой и химической технологии; под. ред. А.А. Доменского. Кишинёв: Штиница, 1987. 262 с.

17 Boularias A. Predictive representations for sequential decision making under uncertainty. 2010.

18 Faubion J.M., Dresse P.C., Diehl K.C. Dynamic Theological testing of wheat flour doughs. St. Paul: MN, 1985. P. 91–116.

19 Alava J.M., Millar S.J., Salmon S.E. The Determination of Wheat Breadmaking Performance and Bread Dough Mixing Time by NIR Spectroscopy for High Speed Mixers // Journal of Cereal Science. 2001. V. 33 (1). P. 71–81.

20 Larsen N., Halgh K., Wilson A., Higgins P. Comparison of industrial and laboratory dough mixers and development. 2004. 57 p.

21 Пат. № 2475027, RU, A21C 1/02. Тестомесильная машина / Самойлов В.А., Ярум А.И.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет». № 2011136498/13; Заявл. 01.09.2011; Опубл. 20.02.2013, Бюлл. № 5.

22 Мацкевич И.В., Невзоров В.Н., Братилова Н.П. Определение технологических параметров тестомесильной машины с объемно-винтовым рабочим органом // Вестник КрасГАУ. 2015. № 1. С. 76–81.

23 Пат. № 2571907, RU, A21C1/02. Тестомесильное устройство / Мацкевич И.В., Невзоров В.Н., Холопов В.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет»; № 2014125969/13; Заявл. 26.06.2014; Опубл. 27.12.2015., Бюлл. № 36.

24 Пат. № 2376766, RU, A21D 8/02, 13/08. Способ замеса теста / Акульчев С.Н.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Акульчев». № 2008114104/13; Заявл. 09.04.2008; Опубл. 27.12.2009, Бюлл. № 36.

25 Магомедов Г.О., Крутских С.Н., Косинов В.Н., Рыжов В.В. Разработка рациональной конструкции сбивальной машины для приготовления хлебопекарного теста механическим способом разрыхления в промышленных условиях // Вестник Воронежской Государственной Технологической Академии. 2011. № 3. С. 86–88.

26 Пат. № 2454865, RU, A21D 8/02, A21C 1/00. Способ приготовления бездрожжевого теста для выпечки хлебобулочных изделий и тестомес для его осуществления / Арсланов Т.А, Меджидов З.М. № 2010151252/13; Заявл. 13.12.2010; Опубл. 10.07.2012, Бюлл. № 19.

27 Пат. № 2462036, RU, A21C 1/00. Месильно-сбивальная машина / Магомедов Г.О., Рыжов В.В., Крутских С.Н., Косинов В.Н.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Воронежская государственная технологическая академия». № 2011111075/13; Заявл. 23.03.2011; Опубл. 27.09.2012, Бюлл. № 27.

28. Пат. № 2457681, RU, A21C 1/06. Месильно-сбивальная машина / Магомедов Г.О., Рыжов В.В., Крутских С.Н., Косинов В.Н., Пономарева Е.И.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Воронежская государственная технологическая академия». № 2010143952/12; Заявл. 26.10.2010; Опубл. 10.05.2012, Бюлл. № 22.

REFERENCES

1 Auerman L.Ya. Tekhnologiya khlebopekarnogo proizvodstva [Technology of baking production]. St. Petersburg, Professiya, 2005. 416 p. (in Russian).

2 Pashchenko L.P. Fiziko-khimicheskiye osnovy tekhnologii khlebobulochnykh izdeliy [Physical and chemical bases of technology of bakery products]. Voronezh, 2006. 311 p. (in Russian).

3 Puchkova L.I., Polandova R.D., Matveeva I.V. Tekhnologiya khleba, konditerskikh i makaronnykh izdeliy. Chast' 1. Tekhnologiya khleba [Technology of bread, confectionery and pasta. Part 1. The technology of bread]. St. Petersburg, GIORD, 2005. 557 p. (in Russian).

4 Hromenkov V.M. Tekhnologicheskoye oborudovaniye khlebozavodov i makaronnykh fabrik [Technological equipment bakeries and pasta factories]. St. Petersburg, GIORD, 2008. 480 p. (in Russian).

5 Lisovenko A.T., Litovchenko I.N., Zirnis V.I. et al. Smesitel'nyye mashiny v khlebopekarnoy i konditerskoy promyshlennosti [The mixing machines in the bakery and confectionery industry]. Urozhay, 1990. 192 p. (in Russian).

6 Magomedov G.O., Ponomareva E.I., Ryzhov V.V. The influence of the kneading blade shape on the energy characteristics of the churning and the quality of the yeast-free semi-finished product. *Khleboprodukty* [Bakery products]. 2011. no. 10. pp. 48–49. (in Russian).

7 Bayramov E.E. Analysis of the efficiency and the main criteria for the selection of kneading machines. Austrian journal of technical and natural sciences. 2014. no. 7–8. pp. 72–76. (in Russian).

8 Litovchenko I.N., Sidorenko S.I., Clementina V.L., Lisovenko A.T. The effect of intensive mixing on the duration of fermentation of semi-finished products and the quality of bread. *Khlebopekarnaya i konditerskaya promyshlennost'* [Bakery and confectionery industry]. 1984. no. 11. pp. 23–24. (in Russian).

9 Verboloz E.I., Antufiev V.T., Savchenko R.N. Improvement of technology and equipment for intensification of production of flour confectionery products. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya: Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv* [Scientific journal ITMO. Series: processes and apparatus of food production]. 2015. no. 3 (25). pp. 58–63. (in Russian).

10 Litovchenko I.N., Lisovenko A.T. Determination of energy consumption for heating when kneading dough. *Khlebopekarnaya i konditerskaya promyshlennost'* [Bakery and confectionery industry]. 1983. no. 8. pp. 28–29. (in Russian).

11 Litovchenko I.N. Intensifikatsiya protsessa zamesa i sovershenstvovaniye testomesil'nykh mashin periodicheskogo deystviya [Intensification of the kneading process and improvement of dough mixing machines of periodic action]. Kiev, 1984. 213 p. (in Russian).

12 Cauvain S.P., Young L.S. et al. Technology of Breadmaking; 2nd edn. New York, Springer Science + Business Media, 2007. 397 p.

13 Cauvain S.P., Young L.S. The Chorleywood Bread Process. Cambrige, Woodhead Publishing Ltd., 2006. 192 p.

14 Magomedov G.O., Ponomareva E.I. Nauchnyye i prakticheskiye osnovy tekhnologii sbivnykh funktsional'nykh khlebobulochnykh izdeliy [Scientific and practical bases of technology of whipped functional bakery products]. Voronezh, VSTA, 2010. 241 p. (in Russian).

15 Matskevich I.V. Sovershenstvovaniye tekhnologicheskogo protsessa proizvodstva testa dlya khlebobulochnykh izdeliy [Improvement of technological process of dough production for bakery products]. Krasnoyarsk, 2016. 122 p. (in Russian).

16 Fedot'in I.M. Fiziko-matematicheskiye osnovy intensifikatsii protsessov i apparatov pishchevoy i khimicheskoy tekhnologii [Physical and mathematical bases of intensification of processes and devices of food and chemical technology]. Kishinev, Stinitsa, 1987. 262 p. (in Russian).

17 Boularias A. Predictive representations for sequential decision making under uncertainty. 2010.

18 Faubion J.M., Dresse P.C., Diehl K.C. Dynamic Theological testing of wheat flour doughs. St. Paul, MN, 1985. pp. 91–116.

19 Alava J.M., Millar S.J., Salmon S.E. The Determination of Wheat Breadmaking Performance and Bread Dough Mixing Time by NIR Spectroscopy for High Speed Mixers. Journal of Cereal Science. 2001. vol. 33 (1). pp. 71–81.

20 Larsen N., Halgh K., Wilson A., Higgins P. Comparison of industrial and laboratory dough mixers and development. 2004. 57 p.

21 Samoilov V.A., Yarum A.I. Testomesil'naya mashina [Kneading machine]. Patent RF, no. 2475027, 2013.

22 Matskevich I.V., Nevzorov V.N., Bratilova N.P. Determination of technological parameters of kneading machine with volumetric-screw working body. *Vestnik KrasGAU* [Herald KrasSAU]. 2015. no. 1. pp. 76–81. (in Russian).

23 Matskevich I.V., Nevzorov V.N., Slaves V.N. Testomesil'noye ustroystvo [A mixer device]. Patent RF, no. 2571907, 2015.

24 Akulchev S.N. Sposob zamesa testa [Method of kneading dough]. Patent RF, no. 2376766, 2009.

25 Magomedov G.O., Krutskikh S.N., Kosinov V.N., Ryzhov V.V. Development of a rational design compactors & chocolate melting machine for making bakery pastry mechanically loosening in industrial conditions. *Vestnik Voronezhskoy Gosudarstvennoy Tekhnologicheskoy Akademii* [Herald Of The Voronezh State Technological Academy]. 2011. no. 3. pp. 86–88. (in Russian).

26 Arslanov T.A, Medzhidov Z.M. Sposob prigotovleniya bezdrozhzhevogo testa dlya vypechki khlebobulochnykh izdeliy i testomes dlya yego osushchestvleniya [Method of preparation of non-yeasted dough for baking bakery products and dough mixer for its implementation]. Patent RF, no. 2454865, 2012.

27 Magomedov G.O., Ryzhov V.V., Krutskikh S.N., Kosinov V.N. Mesil'no-sbival'naya mashina [Kneading machine]. Patent RF, no. 2462036, 2012.

28 Magomedov G.O., Ryzhov V.V., Krutskikh S.N., Kosinov V.N., Ponomareva E.I. Mesil'no-sbival'naya mashina [Kneading machine]. Patent RF, no. 2457681, 2012.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Газибег О. Магомедов д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, mmg@inbox.ru

Валерий Л. Чешинский к.т.н., председатель совета директоров, АО «Русская продовольственная компания», ул. Кржижановского, 6, г. Москва, 117292, Россия, mmg@inbox.ru

Юлия Н. Труфанова к.т.н., доцент, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, julia.trufanova@gmail.com

Магомед Г. Магомедов д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, mmg@inbox.ru

Владимир А. Исаев аспирант, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, isaev@vptb.org

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 27.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Gazibeg O. Magomedov Dr. Sci. (Engin.), professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state University of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, mmg@inbox.ru

Valery L. Cheshinsky Cand. Sci. (Engin.), chairman of the board, JSC "Russian food company", Krzhizhanovsky str., 6 Moscow, 117292, Russia, mmg@inbox.ru

Julia N. Trufanova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state University of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, julia.trufanova@gmail.com

Magomed G. Magomedov Dr. Sci. (Engin.), professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state University of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, mmg@inbox.ru

Vladimir A. Isaev graduate student, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state University of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, isaev@vptb.org

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.27.2019

ACCEPTED 2.18.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 544.77.032.1 + 544.77.052.2.

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-238-246

Получение наноразмерных частиц серебра, стабилизированных продуктами гидролиза дрожжевых биополимеров

Алексей Л. Бычков [1,2] bychkov.a.l.@gmail.com
Елена И. Рябчикова [3] lenryab@yandex.ru
Кирилл Г. Королёв [4] kirill.korolev@catalysis.ru
Владимир А. Бухтояров [1] buh@solid.nsc.ru

[1] Институт химии твёрдого тела и механохимии СО РАН ул. Кутателадзе 18, г. Новосибирск, 630128, Россия
[2] Новосибирский государственный технический университет, пр-т К.Маркса, 20, г. Новосибирск, 630073, Россия
[3] Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН пр-т Лаврентьева, 8, г. Новосибирск, 630090, Россия
[4] Институт катализа им. Борескова СО РАН пр-т Лаврентьева, 5, г. Новосибирск, 630090, Россия

Аннотация. В работе представлены данные о получении наночастиц серебра и их стабилизации продуктами механоферментативного гидролиза дрожжевой биомассы. Изучено образование наночастиц серебра восстановлением при помощи глюкозы без добавления стабилизаторов. Полученные частицы имеют сферическую форму и узкое распределение по размерам. Однако полученный коллоид неустойчив и спустя 3–5 часов выпадает в осадок из-за агрегации не стабилизированных частиц. В соответствии с механизмом зародышеобразования частиц серебра были выбраны полимеры, содержащиеся в дрожжевых гидролизатах. Белковые молекулы этих гидролизатов участвуют в образовании солей и стабилизации полученных дендритов, а низкомолекулярные углеводы играют роль восстанавливающего реагента. Пик на спектре поглощения в области 420 нм, приписываемый частицам с размерами около 50 нм, свидетельствует о том, что данные дендритные образования являются наноструктурированными. Показано, что механическая активация совместно с ферментативным гидролизом способствует увеличению концентрации карбонильных групп углеводов, приводящих к повышению восстанавливающей способности клеточной стенки. А варьируя условия обработки можно получать частицы серебра в диапазоне 15–80 нм. Обнаружены изменения в восстановлении серебра в жидкой фазе в присутствии продуктов гидролиза клеток. Часть углеводов в результате гидролиза становится водорастворимыми и экстрагируется в раствор. Это приводит к тому, что в межклеточном пространстве тоже проходят процессы восстановления. В целом, образцы механически обработанного и гидролизованного ферментом продукта обладают большей восстанавливающей способностью по сравнению с исходными клетками. Количество пространственно стабилизированных наночастиц больше, чем при обработке нативных клеток *S. cerevisiae*.

Ключевые слова: дрожжи, биомасса, нано частицы серебра, клеточная стенка, механоферментативный гидролиз

Synthesis of silver nanoparticles stabilized by the products of mechanically assisted hydrolysis of yeast biopolymers

Aleksey L. Bychkov [1,2] bychkov.a.l.@gmail.com
Elena I. Ryabchikova [3] lenryab@yandex.ru
Kirill G. Korolev [4] kirill.korolev@catalysis.ru
Vladimir A. Bukhtoyarov [1] buh@solid.nsc.ru

[1] Institute of Solid State Chemistry and Mechanochemistry SB RAS, Kutateladze 18, Novosibirsk, 630128, Russia
[2] Novosibirsk State Technical University, Prospekt K. Marksa 20, Novosibirsk, 630073, Russia
[3] Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine SB RAS, Lavrentiev Ave. 8, Novosibirsk, 630128, Russia
[4] Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, Lavrentiev Ave. 5, Novosibirsk, 630128, Russia

Abstract. The paper presents data on the production of silver nanoparticles and their stabilization by products of the mechanoenzymatic hydrolysis of yeast biomass. The formation of silver nanoparticles by reduction using glucose without the addition of stabilizers was studied. The particles obtained have a spherical shape and a narrow size distribution. The resulting colloid is unstable and precipitates after 3-5 hours due to aggregation of unstabilized particles. Polymers contained in yeast hydrolyzates were selected taking into account silver particles nucleation mechanism. The protein molecules of these hydrolysates are involved in the formation of salts and the stabilization of the resulting dendrites. Low-molecular carbohydrates play the role of a reducing reagent. The peak on the Vis spectrum at 420 nm attributed to particles with dimensions of about 50 nm gives evidence that these dendritic formations are nanostructured. It was shown that mechanical activation together with enzymatic hydrolysis promotes an increase in the concentration of carbonyl groups of carbohydrates leading to an increase in the regenerating ability of the cell wall. The varying the processing conditions one can get silver particles in the range of 15-80 nm. Changes in silver reduction in the liquid phase in the presence of cell hydrolysis products were detected. Part of the carbohydrates as a result of hydrolysis becomes water soluble and is extracted into the solution. This leads to the fact that in the extracellular space also undergo reduction processes. In general, samples of the mechanically processed and hydrolyzed enzyme product have a greater reducing ability compared with the original cells. The quantity of spatially stabilized nanoparticles is larger than when processing native S. cerevisiae cells.

Keywords: silver nanoparticles, yeast cell wall, biopolymers, mechanoenzymatic hydrolysis.

Для цитирования

Бычков А.Л., Рябчикова Е.И., Королёв К.Г., Бухтояров В.А. Получение наноразмерных частиц серебра, стабилизированных продуктами гидролиза дрожжевых биополимеров // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 238–246. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-238-246

For citation

Bychkov A.L., Ryabchikova E.I., Korolev K.G., Bukhtoyarov V.A. Synthesis of silver nanoparticles stabilized by the products of mechanically assisted hydrolysis of yeast biopolymers. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 238–246. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-238-246

Введение

Серебро в ионной форме и в виде наночастиц обладает широким спектром противомикробного действия. Повышенный интерес к использованию серебра в качестве биоцида обусловлен его высокой токсичностью по отношению ко многим микроорганизмам и отсутствием у большинства микроорганизмов устойчивости к этому элементу.

Во многих работах для препаратов, содержащих коллоидные и наноразмерные частицы металла, отмечается большая эффективность в отношении микроорганизмов нежели у ионного серебра [1–3]. Утверждается, что значительная доля ионного серебра при попадании в желудочно-кишечный тракт образует нерастворимые соли и теряет биоцидную активность. Наноразмерное серебро, в тех случаях когда оно стабилизировано, обладает большей устойчивостью и может сохранять активность длительное время. Но стоит отметить, что существуют работы, показывающие обратный биологический эффект [4], а наночастицы рассматриваются как стабилизированный (но менее активный) источник ионного серебра [5].

Системы, содержащие наночастицы серебра, эффективны в борьбе с различными бактериями (кишечной палочкой, сальмонеллой, стафилококком, энтерококком, синегнойной палочкой) [6–8]. Гели с наночастицами серебра, стабилизированные органическими высокомолекулярными веществами, используют для лечения воспалительных заболеваний, вызванных *Propionibacterium acne, Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus*, при этом отмечается большая активность по сравнению с ионными формами серебра. К настоящему времени предложено множество способов получения систем, содержащих коллоидное и нанодисперсное серебро [2, 9, 10–12]. Большинство исследований посвящено композициям, в которые для предотвращения самопроизвольного слипания наночастиц серебра вводятся поверхностно-активные вещества. Устойчивые коллоидные растворы серебра могут быть получены путем восстановления его солей гидразином и боргидридами в растворах, содержащих поверхностно-активные вещества, например, додецилсульфат натрия, полиоксиэтилен сорбитан моноолеат (Tween-20), бромид цетилтриметиламмония, поливиниловый спирт [13, 14].

Особый интерес представляют методы, в которых для восстановления серебра и стабилизации образующихся наночастиц используют соединения природного происхождения. В частности, привлекает внимание возможность использования полисахаридных и белковых матриц в качестве стабилизирующего компонента. Удачные примеры использования растительных и дрожжевых экстрактов для синтеза сферических наночастиц серебра приведены в обзоре [9] и работах [15, 16].

Простой метод получения композитов, содержащих наночастицы серебра, основан на процессах, протекающих в водно-щелочных растворах аммиачных комплексов серебра в присутствии природного полисахарида – арабиногалактана [17, 18]. Образование зародышей металлического серебра происходит за счёт восстановления комплексных ионов концевыми альдегидными группами полисахарида. Добавление щёлочи приводит к частичному гидролизу полисахарида и накоплению в растворе восстановителя – олигосахаридов, чем и обеспечивается оптимальный рост зародышей серебра.

Предложены способы, в которых для восстановления серебра в водных растворах используют микроорганизмы [9]. Считается, что ионизованные карбоксильные группы аминокислот, а также амидные группы ответственны за начальный этап образования наночастиц – сорбцию ионных форм серебра. Восстанавливающие группы в составе альдегидов и кетонов вовлекаются в процесс взаимодействия с ионами серебра и обеспечивают рост зародышей [19]. Например, при использовании для биосинтеза живой культуры *Saccharomyces cerevisiae* отмечается образование наночастиц не только внутри клеток, в среде богатой восстановителями, но и внутри клеточной стенки, повреждаемой во время гибели микроорганизмов [20].

Показано, что введением некоторого количества щёлочи в растворы ионного серебра, содержащие погибшую культуру клеток бактерий *Aeromonas* sp. SH10, можно ускорить образование металлических наночастиц на поверхности клеток и вблизи неё [21]. Характеристики получаемых наночастиц зависят от концентрации аммиачных комплексов серебра и pH раствора. Следует отметить, что растущие зародыши зафиксированы матрицей полимеров клеточной стенки и не имеют возможности агрегировать.

Сорбировать серебро способны многие микроорганизмы. Максимальная сорбционная ёмкость составляет 15–25 мг серебра на 1 г сухой биомассы [22]. Способность клеточной стенки микроорганизмов поглощать ионы тяжелых металлов с последующим образованием металлических гранул используется в химической технологии, в частности для извлечения металлов из промышленных растворов [23].

Цель работы – получение стабилизированных наночастиц серебра с использованием в качестве восстановителя и стабилизатора продуктов частичного гидролиза дрожжевой клеточной стенки.

Материалы и методы

В работе использованы следующие реактивы и материалы: аммиак марки х.ч., нитрат серебра марки х.ч. («Реахим»), D-(+) – глюкоза (99%, «Acros organics»), дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* ГОСТ 171-81 (Новосибирский дрожжевой завод), ферментативный препарат «Целлолюкс 2000» 2000 ед./г (ПО «Сиббиофарм», г. Бердск, Новосибирской обл.).

Механоферментативный гидролиз дрожжей проводили согласно ранее опубликованной методике [24]. Для этого воздушно-сухую биомассу дрожжей с добавлением ферментного препарата «ЦеллоЛюкс 2000» механически активировали в планетарной мельнице АГО-2. Для протекания реакции гидролиза образовавшийся композит разрушенных дрожжевых клеток и ферментов прессовали в таблетки и прогревали при температуре действия ферментов.

Восстановление аммиачных комплексов серебра

К 200 мг исходных дрожжей или дрожжей, подвергнутых механической и ферментативной обработке, добавляли 1 мл рабочего раствора, содержащего 10 мл воды, 1 мл 1 мМ раствора $AgNO_3$, 300 мкл концентрированного раствора аммиака. Препараты выдерживали при комнатной температуре в течение суток, после чего готовили образцы для электронно-микроскопического исследования.

В случае восстановления ионного серебра глюкозой (эксперимент без стабилизатора) или в присутствии водорастворимых дрожжевых полимеров к 10 мл рабочего раствора на магнитной мешалке медленно добавляли по 1 мл раствора глюкозы (25 мг/мл) или дрожжевого экстракта.

Дрожжевой экстракт, содержащий растворимые полимеры, готовили, центрифугируя суспензию (200 г/л) механоферментативно гидролизованной дрожжевой биомассы (суспензия перемешивалась на магнитной мешалке при 120 об./мин при комнатной температуре в течение 15 мин).

Приготовление препаратов для просвечивающей электронной микроскопии

Каплю (20 мкл) образца помещали на плёнку «Парафильм», сверху накладывали медную сеточку с формваровой пленкой. Через 60 с сеточку снимали, излишек жидкости оттягивали фильтровальной бумагой, высушивали на воздухе и помещали в чашку Петри. Высушенные образцы исследовали с помощью электронного просвечивающего микроскопа Н-600 (Хитачи, Япония).

Приготовление препаратов для просвечивающей электронной микроскопии ультратонких срезов

Образцы дрожжей фиксировали 4%-ным раствором параформальдегида на растворе Хенкса в течение 16 ч, затем отмывали в растворе Хенкса и проводили обезвоживание в растворах этилового спирта возрастающей концентрации и ацетоне. После обезвоживания образцы пропитывали в течение 12 ч в смеси ацетона и эпона-аралдита (1:1), затем полимеризовали в течение 48 ч. Ультратонкие срезы готовили на ультратоме Райхерт-Янг (Австрия) и изучали в электронном микроскопе Н-600 (Хитачи, Япония).

Результаты и обсуждение

Для корректного достижения поставленной цели был проведён ряд экспериментов по постепенному усложнению системы «наночастицы серебра – стабилизатор». В основу способа получения наночастиц была положена классическая реакция восстановления аммиачного комплекса нитрата серебра. Далее при усложнении восстановителя/стабилизатора от мономерной глюкозы до частично гидролизованных клеточных стенок при помощи UV-Vis-спектроскопии и просвечивающей электронной микроскопии установлено образование наночастиц серебра, изучены их размер, форма и стабильность.

Образование наночастиц, стабилизированных растворимыми биополимерами

В качестве самого простого случая изучено образование наночастиц серебра восстановлением при помощи глюкозы без добавления стабилизаторов. Из данных электронной микроскопии видно, что полученные частицы имеют сферическую форму и узкое распределение по размерам (рисунок 1). Однако полученный коллоид неустойчив и спустя 3–5 ч выпадает в осадок из-за агрегации ничем не стабилизированных частиц (рисунок 2).

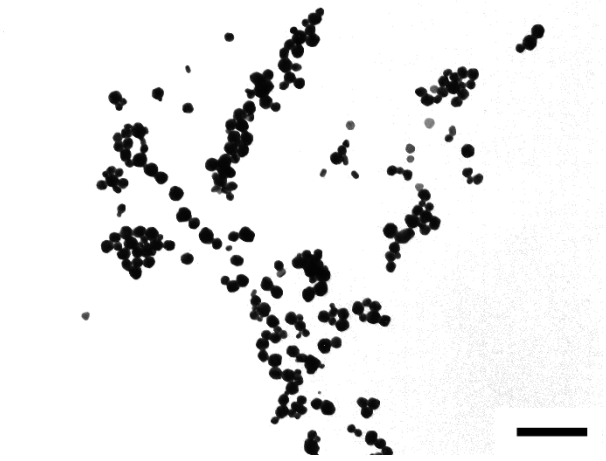


Рисунок 1. Электронная микрофотография наночастиц серебра, полученных восстановлением глюкозой без стабилизатора (масштаб – 0,3 мкм)

Figure 1. Electron microphotograph of the silver nanoparticles obtained through reduction with glucose in absence of stabilizing agent (scale bar – 0.3 μm)

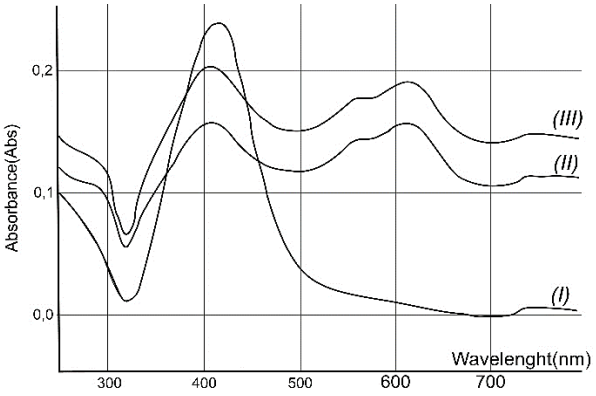


Рисунок 2. UV-Vis-спектр исходного коллоидного раствора *(I)*, раствора через 3 ч (*II*) и через 5 ч *(III)*

Figure 2. UV spectrum of the initial colloid solution *(I)*, solution after 3 hours (*II*) and after 5 hours *(III)*

Из литературы известно, что для наночастиц серебра в диапазоне их диаметров от 20 до 100 нм наблюдается линейная зависимость между их размером и положением пика на спектре. Например, увеличение размеров частиц с 25 (390 нм) до 50 нм приводит к смещению пика к длине волны 420 нм [17, 25–28]. Проведённые эксперименты подтверждают литературные данные (рисунок 2). Первоначально образование агрегатов проявляется на спектре в виде уширения исходного пика в длинноволновой области, а в последствии – в виде образования дополнительных широких пиков в области 500–600 нм.

Известно, что молекулы биополимеров влияют на рост наночастиц и способствуют образованию сложных дендритных структур, обладающих хорошей устойчивостью. Так, в литературе отмечалось образование наноструктурированных дендритных структур при синтезе в присутствии синтетических полимеров [29, 30].

Согласно механизму образования зародышей элементного серебра [19] в подобных системах необходимо, чтобы биополимеры имели в своём составе не только восстанавливающие функциональные группы, но и группы, отвечающие за первичное образование солей. Наиболее подходящими для данной цели веществами являются полимеры, содержащиеся в дрожжевых гидролизатах. Входящие в их состав белковые молекулы участвуют в образовании солей и стабилизации полученных дендритов, а низкомолекулярные углеводы играют роль восстанавливающего реагента.

На рисунке 3 продемонстрирована микрофотография дендритных структур, синтезированных в присутствии растворимых биополимеров, выделенных из клеточной стенки дрожжей механически активированным ферментативным гидролизом.

Пик на UV-Vis-спектре в области 420 нм, приписываемый частицам с размерами около 50 нм, свидетельствует о том, что данные дендритные образования являются наноструктурированными (рисунок 4). Отсутствие уширения и дополнительных пиков в длинноволновой области спектра свидетельствует об отсутствии агрегатов, а следовательно, о стабильности полученных частиц.

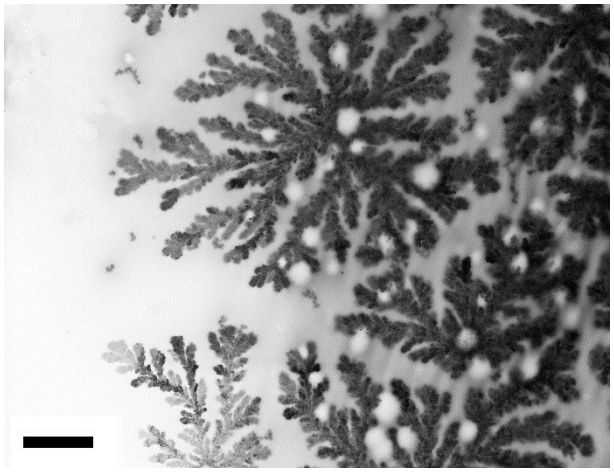


Рисунок 3. Наноструктурированные дендритные образования серебра, полученные в растворе биополимеров, электронная микрофотография образований (масштаб – 2 мкм)

Figure 3. Nano-structured dendritic formations of silver obtained in the solutions of biopolymers, electron microphotograph of the formations (scale bar – 2 μm)

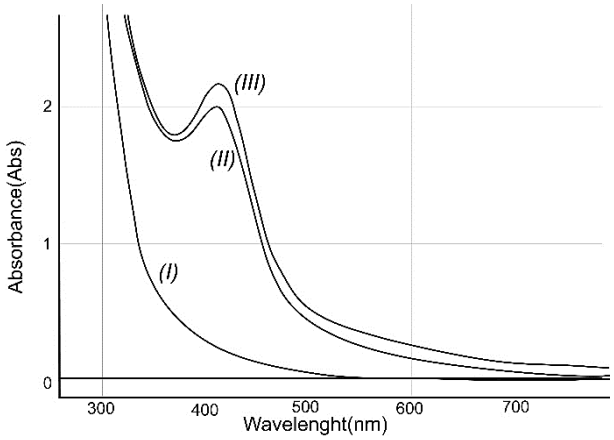


Рисунок 4. Наноструктурированные дендритные образования серебра, полученные в растворе биополимеров: UV-Vis-спектр исходного раствора наноструктурированных образований *(I)*, раствора через 3 ч (*II*) и через 5 ч *(III)*

Figure 4. Nano-structured dendritic formations of silver obtained in the solutions of biopolymers: UV spectra of the initial solution of nanostructured formations *(I)*, solution after 3 hours (*II*) and after 5 hours *(III)*.

Использование полимеров, входящих в состав дрожжевой биомассы, позволяет получать стабилизированные наноструктурированные образования серебра. Это позволяет предполагать перспективность использования частично гидролизованных дрожжевых клеточных стенок в качестве стабилизирующей матрицы.

Образование наночастиц, стабилизированных полимерами клеточных стенок

Для оценки эффективности проведения механоферментативной обработки, как подготовки клеточных стенок к восстановлению и стабилизации наночастиц, были проведены эксперименты с нативной, механически активированной и механоферментативно гидролизованной дрожжевой биомассой.

В случае обработки исходных клеток *S. cerevisiae* аммиачным раствором нитрата серебра наблюдается лишь незначительное восстановление серебра. На микрофотографии (рисунок 5–6) отчётливо видны две различные по составу части исходной клетки: слабо контрастированная клеточная стенка и сильно контрастированная внутриклеточная часть. Также в околоклеточном пространстве зафиксированы наноразмерные (15–25 нм) частицы серебра, полученные, по-видимому, восстановлением углеводами, которые присутствуют в исходном препарате дрожжей.

Отмеченная низкая способность исходных клеточных стенок восстанавливать серебро, по-видимому, связана с незначительным количеством доступных групп, способных служить центрами зародышеобразования. В нативной стенке полисахариды формируют устойчивые структуры, в которых содержание свободных восстанавливающих концов невелико [31, 32]. В этом случае часть растворенного серебра способна только проникнуть по каналам клеточной стенки внутрь клетки и восстанавливаться внутриклеточными компонентами.

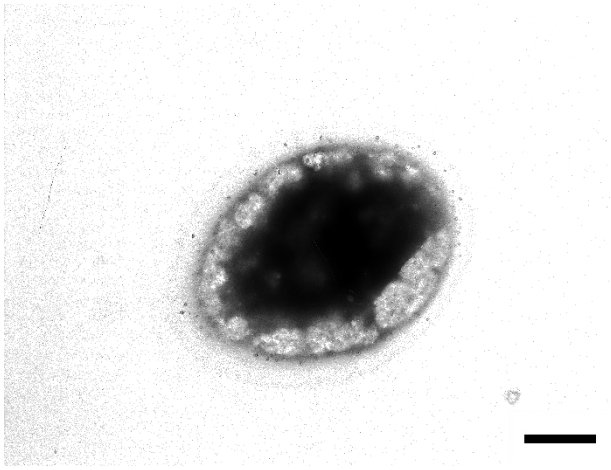


Рисунок 5. Микрофотография исходных дрожжей, обработанных аммиачным раствором нитрата серебра: снимок целой клетки на формваровой пленке (масштаб – 1 мкм)

Figure 5. Microphotograph of initial yeast treated with ammonia solution of silver nitrate: image of the intact cell adsorbed on the formvar film (scale bar – 1 μm)

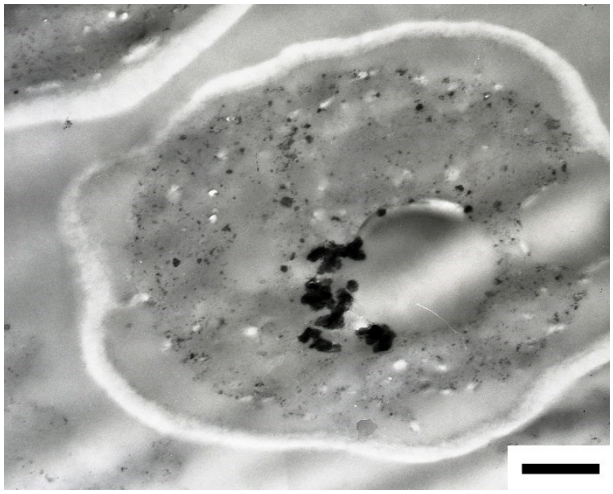


Рисунок 6. Микрофотография исходных дрожжей, обработанных аммиачным раствором нитрата серебра (ультратонкий срез клетки, масштаб – 1 мкм)

Figure 6. Microphotograph of initial yeast treated with ammonia solution of silver nitrate (ultrathin section of a cell, scale bar – 1 μm)

Как показано ранее [33], после механической обработки неразрушенные клетки имеют искажённую форму, целостность большинства клеток нарушается, супрамолекулярная структура разупорядочивается. Стенки разрушенных

клеток имеют вид лент, слабо контрастированных при обработке аммиачным раствором нитрата серебра (рисунок 7). Как и в случае исходных дрожжей, можно предположить, что низкая реакционная способность связана с недостаточным содержанием необходимых восстанавливающих функциональных групп.

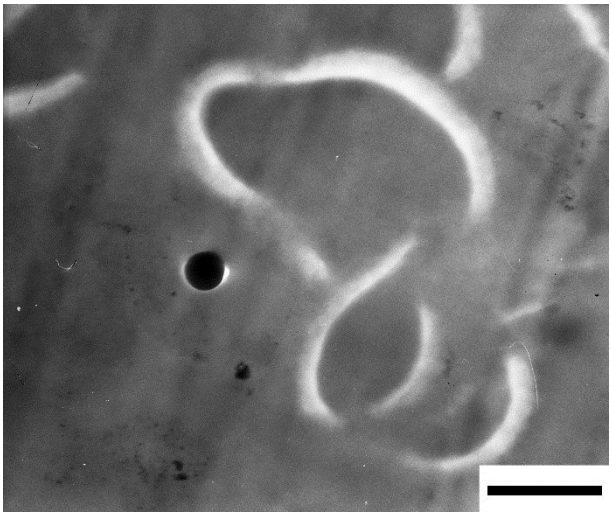


Рисунок 7. Дрожжевые клеточные стенки после механической активации и обработки аммиачным раствором нитрата серебра (ультратонкий срез, масштаб – 0,5 мкм)

Figure 7. Yeast cell walls after mechanical activation and treatment with the ammonia solution of silver nitrate (ultrathin section; scale bar – 0.5 μm)

В сравнительных экспериментах установлено, что в ходе механической обработки реакционная способность компонентов клеточной стенки по отношению к ферментативному гидролизу значительно увеличивается. По-видимому, имеет место нарушение взаимодействий между структурными элементами клеточной стенки (глюкан, гликопротеины, хитин), но этого нарушения недостаточно для образования и роста зародышей серебра. Таким образом, наблюдаемые изменения морфологии клеток слабо затрагивают надмолекулярную организацию структурных полимеров клеточной стенки, но создают условия для взаимодействия структурных элементов с растворами ферментов.

В аналогичных условиях исследованы образцы, подвергнутые механической обработке и последующему ферментативному гидролизу. Данные электронной микроскопии (рисунок 8–9) показывают, что продукты механоферментативного гидролиза более активны в процессе получения наноразмерных частиц серебра, чем исходные дрожжевые клетки и клетки, подвергнутые механической активации.

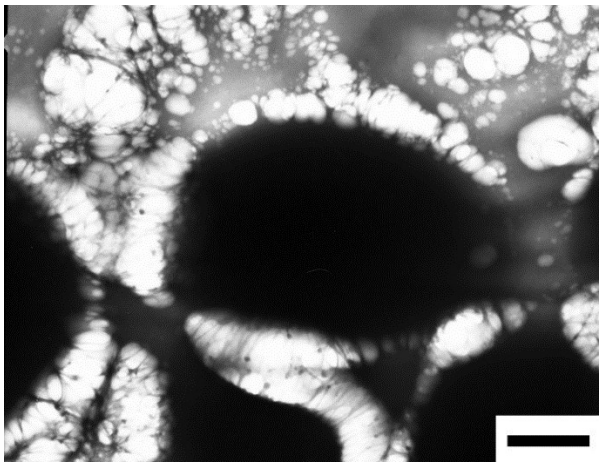


Рисунок 8. Препарат дрожжей, подвергнутых механоферментативному гидролизу и обработанный аммиачным раствором нитрата серебра: снимок целой клетки на формваровой пленке (масштаб – 1 мкм)

Figure 8. Yeast after mechanoenzymatic hydrolysis and treated with the silver nitrate: cells on formvar film (scale bar – 1 μm)

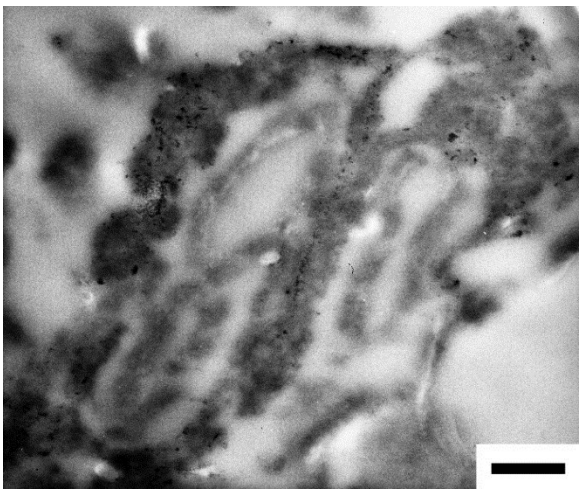


Рисунок 9. Препарат дрожжей, подвергнутых механоферментативному гидролизу и обработанный аммиачным раствором нитрата серебра: электроноплотные частицы на фрагментах разупорядоченных клеточных стенок (ультратонкий срез, масштаб – 0,4 мкм)

Figure 9. Yeast after mechanoenzymatic hydrolysis and treated with the silver nitrate small electron dense silver nanoparticles are seen on fragments of cell walls, ultrathin section (scale bar – 0.4 μm)

Фрагменты клеточных стенок в препаратах после механической и ферментативной обработки покрыты частицами серебра, что говорит о повышении восстанавливающей способности клеточной стенки, по-видимому, за счет увеличения концентрации концевых карбонильных групп углеводов (рисунок 9). Размеры образующихся частиц серебра не превышают 65–75 нм, варьируя условия обработки можно получать частицы в диапазоне 15–80 нм.

В ходе механической и ферментативной обработки полисахариды клеточной стенки гидролизуются (общее содержание полисахаридов в сухой клеточной стенке – около 70%), понижается степень их полимеризации, и клеточная стенка приобретает дополнительные карбонильные группы, необходимые для восстановления серебра.

Обнаружены изменения в восстановлении серебра в жидкой фазе в присутствии продуктов гидролиза клеток. Часть углеводов в результате гидролиза становится водорастворимой и экстрагируется в раствор. Это приводит к тому, что в межклеточном пространстве тоже проходят процессы восстановления. Присутствуют отдельные наночастицы (60–75 нм), полученные восстановлением из водного раствора углеводами с более низкой степенью полимеризации. Показано, что при механической обработке и ферментативном гидролизе образуется 7,8% (от массы клетки) растворимых сахаров, способных принять участие в образовании частиц такого размера.

В целом образцы механически обработанного и гидролизованного ферментом продукта обладают большей восстанавливающей способностью по сравнению с исходными клетками. Количество пространственно стабилизированных наночастиц больше, чем при обработке нативных клеток *S. cerevisiae*.

Заключение

Полученные результаты показывают, что восстановление солей серебра продуктами механоферментативного гидролиза клеточной стенки дрожжей представляется перспективным способом получения стабилизированных препаратов наноразмерных частиц серебра. Образование зародышей частиц серебра начинается на нарушенных стенках клеток дрожжей, а рост осуществляется за счет восстановления солей серебра на зародышах растворенными углеводными продуктами гидролиза клеточной стенки.

ЛИТЕРАТУРА

1 Yang Y., Gajaraj S., Wall J.D., Hu Z. A comparison of nanosilver and silver ion effects on bioreactor landfill operations and methanogenic population dynamics // Water Reseach. 2013. V. 47. № 10. P. 3422–3430. doi: 10.1016/j.watres.2013.03.040

2 Lemire J.A., Harrison J.J., Turner R.J. Antimicrobial activity of metals: mechanisms, molecular targets and applications // Nat. Rev. Microbiol. 2013. V. 11. P. 371–384. doi: 10.1038/nrmicro3028

3 Ульберг З.Р., Подольская В.И., Войтенко Е.Ю. и др. Формирование и биологическая активность препаратов на основе микроорганизмов и коллоидного серебра // Коллоидный журнал. 2010. Т. 72. №. 1. С. 70–77.

4 Kvitek L., Panacek A., Prucek R., Soukupova J. et al. Antibacterial activity and toxicity of silver – nanosilver versus ionic silver // Journal of Physics: Conference Series. 2011. V. 304. № 1.

5 Hadrup N., Lam H.R. Oral toxicity of silver ions, silver nanoparticles and colloidal silver – A review // Regulatory Toxicology and Pharmacology. 2014. V. 68. № 1. P. 1–7. doi: 10.1016/j.yrtph.2013.11.002

6 Титова М.А., Шкиль Н.А., Коптев В.Ю. и др. Оценка антибактериальной и терапевтической эффективности препарата, включающего наночастицы серебра при мастите крупного рогатого скота // Ветеринарная медицина. 2011. № 3–4. С. 103–104.

7 Prabhu S., Poulose E.K. Silver nanoparticles: mechanism of antimicrobial action, synthesis, medical applications, and toxicity effects // International Nano Letters. 2012. V. 2. № 1. doi: 10.1186/2228-5326-2-32

8 Zarei M., Jamnejad A., Khajehali E. Antibacterial effect of silver nanoparticles against four foodborne pathogens // Jundishapur Journal of Microbiology. 2014. V. 7. № 1. e8720. doi: 10.5812/jjm.8720

9 Крутяков Ю.А., Кудринский А.А., Оленин А.Ю., Лисичкин Г.В. Синтез и свойства наночастиц серебра: достижения и перспективы // Успехи химии. 2008. Т. 77. № 3. С. 242–269.

10 Darroudi M., Zak A.K., Muhamad M.R., Huang N.M. et al. Green synthesis of colloidal silver nanoparticles by sonochemical method // Materials Letters. 2012. V. 66. № 1. P. 117–120. doi: 10.1016/j.matlet.2011.08.016

11 Sun Y. Controlled synthesis of colloidal silver nanoparticles in organic solutions: empirical rules for nucleation engineering // Chemical Society Reviews. 2013. V. 42. № 7. P. 2497–2511. doi: 10.1039/C2CS35289C

12 Shin Y., Bae I.-T., Arey B.W., Exarhos, G.J. Facile stabilization of gold-silver alloy nanoparticles on cellulose nanocrystal // The Journal of Physical Chemistry. C. 2008. V. 112. № 13. P. 4844–4848. doi: 10.1021/jp710767w

13 Высоцкий В.В., Урюпина О.Я. Ролдугин В.И., Плачев Ю.А. Формирование наночастиц серебра в водных растворах карбоксимецилцеллюлозы и эволюция их размеров // Коллоидный журнал. 2009. Т. 71. № 2. Р. 164–170.

14 Chakraborty M., Hsiao F.W., Naskar B., Chang C.H. et al. Surfactant-assisted synthesis and characterization of stable silver bromide nanoparticles in aqueous media // Langmuir. 2012. V. 28. № 18. P. 7282–7290. doi: 10.1021/la300615b

15 Kaler A., Jain S., Banerjee U.C. Green and Rapid Synthesis of Anticancerous Silver Nanoparticles by *Saccharomyces boulardii* and Insight into Mechanism of Nanoparticle Synthesis // BioMed Research International. 2013. V. 2013. doi: 10.1155/2013/872940

16 Roy K., Sarkar C.K., Ghosh C.K. Photocatalytic activity of biogenic silver nanoparticles synthesized using yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) extract // Applied Nanoscience. 2015. V. 5. № 8. P. 953–959. doi: 10.1007/s13204-014-0392-4

17 Mouxing F.U., Qingbiao L.I., Daohua S.U.N., Yinghua L.U. et al. Rapid Preparation Process of Silver Nanoparticles by Bioreduction and Their Characterizations // Chinese Journal of Chemical Engineering. 2006. V. 14. № 1. P. 114–117. doi: 10.1016/S1004-9541(06)60046-3

18 Гагенко Т.В., Танцырев А.П., Сапожников А.Н., Хуцишвили С.С. и др. Нанокомпозиты серебра и сульфата арабиногалактана: синтез, строение и антимикробная активность // Журнал общей химии. 2015. Т. 85. № 2. С. 305–313.

19 Стрижко Л.С., Захарова В.И., Кореневский А.А., Калмыков Ю.М. и др. Биосорбенты для извлечения благородных металлов из промышленных растворов // Цветные металлы. 2003. № 2. С. 40–44.

20 Korbekandi H., Mohseni S., Jouneghani M.R., et al. Biosynthesis of silver nanoparticles using *Saccharomyces cerevisiae* // Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology. 2016. V. 44. P. 235–239. doi: 10.3109/21691401.2014.937870

21 Wang J., Chen C. Biosorption of heavy metals by Saccharomyces cerevisiae: a review // Biotechnology. Advances. 2006. V. 24. № 5. P. 427–451. doi: 10.1016/j.biotechadv.2006.03.001

22 Kierans M., Staines A.M., Bennett H., Gadd G.M. Silver tolerance and accumulation in yeasts // Biology of Metals. 1991. V. 4. № 2. P. 100–106.

23 Won S.W., Kotte P., Wei W., Lim A. et al. Biosorbents for recovery of precious metals // Bioresource Technology. 2014. V. 160. P. 203–212.

24 Bychkov A.L., Korolev K.G., Lomovsky O.I. Obtaining Mannanoligosaccharide Preparations by Means of the Mechanoenzymatic Hydrolysis of Yeast Biomass // Applied Biochemistry and Biotechnology. 2010. V. 162. № 7. P. 2008–2014.

25 Wiley B.J., Im S.H., Li Z.Y., McLellan J. et al. Maneuvering the surface plasmon resonance of silver nanostructures through shape-controlled synthesis // The Journal of Physical Chemistry. B. 2006. V. 110. № 32. P. 15666–15675. doi: 10.1021/jp0608628

26 Chandran S.P., Chaudhary M., Pasricha R., Ahmad A. et al. Synthesis of Gold Nanotriangles and Silver Nanoparticles Using Aloe veraplant Extract // Biotechnology Progress. 2006. V. 22. P. 577–583. doi: 10.1021/bp0501423

27 Ramanauskaite L., Snitka V. The synthesis of controlled shape nanoplasmonic silver-silica structures by combining sol-gel technique and direct silver reduction // Nanoscale Research Letters. 2015. V. 10. № 133. doi: 10.1186/s11671–015–0839-x

28 Panacek A., Kvitek L., Prucek R., Kolar M. et al. Silver colloid nanoparticles: synthesis, characterization, and their antibacterial activity // The Journal of Physical Chemistry. B. 2006. V. 110. P. 16248–16253. doi: 10.1021/jp063826h

29 He R., Qian X., Yin J., Zhu Z. Formation of silver dendrites under microwave irradiation // Chemical Physics Letters. 2003. V. 369. № 3–4. P. 454–458. doi: 10.1016/S0009-2614(02)02036-5

30 Agrawal V.V., Kulkarni G.U., Rao C.N. Surfactant-promoted formation of fractal and dendritic nanostructures of gold and silver at the organic–aqueous interface // Journal of Colloid and Interface Science. 2008. V. 318. № 2. P. 501–506. doi: 10.1016/j.jcis.2007.10.013

31 Klis F.M., Mol P., Hellingwerf K. Dynamics of cell wall structure in Saccharomyces cerevisiae.// FEMS microbiology reviews. 2002. V. 26. P. 239–256. doi: 10.1111/j.1574-6976.2002.tb00613.x

32 Orlean P. Architecture and Biosynthesis of the *Saccharomyces cerevisiae* Cell Wall // Genetics. 2012. V. 192. № 3. P. 775–818. doi: 10.1534/genetics.112.144485

33 Бычков А.Л., Рябчикова Е.И. Королёв К.Г., Ломовский О.И. Изменение супрамолекулярной структуры клеточной стенки *Saccharomyces cerevisiae* при механоферментативной обработке// Химия в интересах устойчивого развития. 2009. Т. 17. № 5. С. 479–486.

REFERENCES

1 Yang Y., Gajaraj S., Wall J.D., Hu Z. A comparison of nanosilver and silver ion effects on bioreactor landfill operations and methanogenic population dynamics. Water Reseach. 2013. vol. 47. no. 10. pp. 3422–3430. doi: 10.1016/j.watres.2013.03.040

2 Lemire J.A., Harrison J.J., Turner R.J. Antimicrobial activity of metals: mechanisms, molecular targets and applications. Nat. Rev. Microbiol. 2013. vol. 11. pp. 371–384. doi: 10.1038/nrmicro3028

3 Ul'berg Z.R., Podol'skaya V.I., Vojtenko E.Yu. et al. Formation and biological activity of preparations based on microorganisms and colloidal silver. *Kolloidnyy zhurnal* [Colloid Journal]. 2010. vol. 72. no. 1. pp. 70–77. (in Russian).

4 Kvitek L., Panacek A., Prucek R., Soukupova J. et al. Antibacterial activity and toxicity of silver – nanosilver versus ionic silver. Journal of Physics: Conference Series. 2011. vol. 304. no. 1.

5 Hadrup N., Lam H.R. Oral toxicity of silver ions, silver nanoparticles and colloidal silver – A review. Regulatory Toxicology and Pharmacology. 2014. vol. 68. no. 1. pp. 1–7. doi: 10.1016/j.yrtph.2013.11.002

6 Titova M.A., Shkil' N.A., Koptev V.Yu. et al. Evaluation of the antibacterial and therapeutic efficacy of the drug, including silver nanoparticles with bovine mastitis. *Veterinarnaya meditsina* [Veterinary medicine]. 2011. no. 3–4. pp. 103–104. (in Russian).

7 Prabhu S., Poulose E.K. Silver nanoparticles: mechanism of antimicrobial action, synthesis, medical applications, and toxicity effects. International Nano Letters. 2012. vol. 2. no. 1. doi: 10.1186/2228-5326-2-32

8 Zarei M., Jamnejad A., Khajehali E. Antibacterial effect of silver nanoparticles against four foodborne pathogens. Jundishapur Journal of Microbiology. 2014. vol. 7. no. 1. e8720. doi: 10.5812/jjm.8720

9 Krutyakov Yu.A., Kudrinsky A.A., Olenin A.Yu., Lisichkin G.V. Synthesis and properties of silver nanoparticles: achievements and prospects. *Uspekhi khimii* [Successes of Chemistry]. 2008. vol. 77. no. 3. pp. 242–269. (in Russian).

10 Darroudi M., Zak A.K., Muhamad M.R., Huang N.M. et al. Green synthesis of colloidal silver nanoparticles by sonochemical method. Materials Letters. 2012. vol. 66. no. 1. pp. 117–120. doi: 10.1016/j.matlet.2011.08.016

11 Sun Y. Controlled synthesis of colloidal silver nanoparticles in organic solutions: empirical rules for nucleation engineering. Chemical Society Reviews. 2013. vol. 42. no. 7. pp. 2497–2511. doi: 10.1039/C2CS35289C

12 Shin Y., Bae I.-T., Arey B.W., Exarhos, G.J. Facile stabilization of gold-silver alloy nanoparticles on cellulose nanocrystal. The Journal of Physical Chemistry. C. 2008. vol. 112. no. 13. pp. 4844–4848. doi: 10.1021/jp710767w

13 Gagenko T.V., Tantsyrev A.P., Sapozhnikov A.N., Khutsishvili S.S. et al. Nanocomposites of silver and arabinogalactan sulfate: synthesis, structure and antimicrobial activity. *Zhurnal obshchey khimii* [Journal of General Chemistry]. 2015. vol. 85. no. 2. pp. 305–313. (in Russian).

14 Chakraborty M., Hsiao F.W., Naskar B., Chang C.H. et al. Surfactant-assisted synthesis and characterization of stable silver bromide nanoparticles in aqueous media. Langmuir. 2012. vol. 28. no. 18. pp. 7282–7290. doi: 10.1021/la300615b

15 Kaler A., Jain S., Banerjee U.C. Green and Rapid Synthesis of Anticancerous Silver Nanoparticles by *Saccharomyces boulardii* and Insight into Mechanism of Nanoparticle Synthesis. BioMed Research International. 2013. vol. 2013. doi: 10.1155/2013/872940

16 Roy K., Sarkar C.K., Ghosh C.K. Photocatalytic activity of biogenic silver nanoparticles synthesized using yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) extract. Applied Nanoscience. 2015. vol. 5. no. 8. pp. 953–959. doi: 10.1007/s13204-014-0392-4

17 Mouxing F.U., Qingbiao L.I., Daohua S.U.N., Yinghua L.U. et al. Rapid Preparation Process of Silver Nanoparticles by Bioreduction and Their Characterizations. Chinese Journal of Chemical Engineering. 2006. vol. 14. no. 1. pp. 114–117. doi: 10.1016/S1004-9541(06)60046-3

18 Gagenko T.V., Tantsyrev A.P., Sapozhnikov A.N., Khutsishvili S.S. et al. Nanocomposites of silver and arabinogalactan sulfate: synthesis, structure and antimicrobial activity. *Zhurnal obshchey khimii* [Journal of General Chemistry]. 2015. vol. 85. no. 2. pp. 305–313. (in Russian).

19 Strizhko L.S., Zakharova V.I., Korenevsky A.A., Kalmykov Yu.M. Biosorbents for the Extraction of Noble Metals from Industrial Solutions. *Tsvetnyye metally* [Non-Ferrous Metals]. 2003. no. 2. pp. 40–44. (in Russian).

20 Korbekandi H., Mohseni S., Jouneghani M.R., et al. Biosynthesis of silver nanoparticles using *Saccharomyces cerevisiae*. Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology. 2016. vol. 44. pp. 235–239. doi: 10.3109/21691401.2014.937870

21 Wang J., Chen C. Biosorption of heavy metals by Saccharomyces cerevisiae: a review. Biotechnology. Advances. 2006. vol. 24. no. 5. pp. 427–451. doi: 10.1016/j.biotechadv.2006.03.001

22 Kierans M., Staines A.M., Bennett H., Gadd G.M. Silver tolerance and accumulation in yeasts. Biology of Metals. 1991. vol. 4. no. 2. pp. 100–106.

23 Won S.W., Kotte P., Wei W., Lim A. et al. Biosorbents for recovery of precious metals. Bioresource Technology. 2014. vol. 160. pp. 203–212.

24 Bychkov A.L., Korolev K.G., Lomovsky O.I. Obtaining Mannanoligosaccharide Preparations by Means of the Mechanoenzymatic Hydrolysis of Yeast Biomass. Applied Biochemistry and Biotechnology. 2010. vol. 162. no. 7. pp. 2008–2014.

25 Wiley B.J., Im S.H., Li Z.Y., McLellan J. et al. Maneuvering the surface plasmon resonance of silver nanostructures through shape-controlled synthesis. The Journal of Physical Chemistry. B. 2006. vol. 110. no. 32. pp. 15666–15675. doi: 10.1021/jp0608628

26 Chandran S.P., Chaudhary M., Pasricha R., Ahmad A. et al. Synthesis of Gold Nanotriangles and Silver Nanoparticles Using Aloe veraplant Extract. Biotechnology Progress. 2006. vol. 22. pp. 577–583. doi: 10.1021/bp0501423

27 Ramanauskaite L., Snitka V. The synthesis of controlled shape nanoplasmonic silver-silica structures by combining sol-gel technique and direct silver reduction. Nanoscale Research Letters. 2015. vol. 10. no. 133. doi: 10.1186/s11671–015–0839-x

28 Panacek A., Kvitek L., Prucek R., Kolar M. et al. Silver colloid nanoparticles: synthesis, characterization, and their antibacterial activity. The Journal of Physical Chemistry. B. 2006. vol. 110. pp. 16248–16253. doi: 10.1021/jp063826h

29 He R., Qian X., Yin J., Zhu Z. Formation of silver dendrites under microwave irradiation. Chemical Physics Letters. 2003. vol. 369. no. 3–4. pp. 454–458. doi: 10.1016/S0009-2614(02)02036-5

30 Agrawal V.V., Kulkarni G.U., Rao C.N. Surfactant-promoted formation of fractal and dendritic nanostructures of gold and silver at the organic–aqueous interface. Journal of Colloid and Interface Science. 2008. vol. 318. no. 2. pp. 501–506. doi: 10.1016/j.jcis.2007.10.013

31 Klis F.M., Mol P., Hellingwerf K. Dynamics of cell wall structure in Saccharomyces cerevisiae. FEMS microbiology reviews. 2002. vol. 26. pp. 239–256. doi: 10.1111/j.1574-6976.2002.tb00613.x

32 Orlean P. Architecture and Biosynthesis of the *Saccharomyces cerevisiae* Cell Wall. Genetics. 2012. vol. 192. no. 3. pp. 775–818. doi: 10.1534/genetics.112.144485

33 Bychkov A.L., Ryabchikova E.I. Korolev K.G., Lomovsky O.I. Changes in the supramolecular structure of the Saccharomyces cerevisiae cell wall during enzyme processing. *Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya* [Chemistry for Sustainable Development]. 2009. vol. 17. no. 5. pp. 479–486. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Алексей Л. Бычков к.х.н., лаборатория химии твердого тела, институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук, ул. Кутателадзе, 18, г. Новосибирск, 630128, Россия, bychkov.a.l.@gmail.com

Елена И. Рябчикова д.б.н., профессор, группа микроскопических исследований, институт химической биологии и фундаментальной медицины Сибирского отделения Российской академии наук, пр-т ак. Лаврентьева, 8, г. Новосибирск, 630090, Россия, lenryab@yandex.ru

Кирилл Г. Королёв к.х.н., лаборатория каталитических методов преобразования солнечной энергии, институт катализа им. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук, пр-т ак. Лаврентьева, 5, г. Новосибирск, 630090, Россия, kirill.korolev@catalysis.ru

Владимир А. Бухтояров ведущий инженер, лаборатория химии твердого тела, Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук, ул. Кутателадзе, 18, г. Новосибирск, 630128, Россия, buh@solid.nsc.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 12.12.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 11.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Aleksey L. Bychkov Cand. Sci. (Chem.), laboratory of solid state chemistry, institute of solid state chemistry and mechanochemistry SB RAS, Kutateladze str., 18, Novosibirsk, 630128, Russia, bychkov.a.l.@gmail.com

Elena I. Ryabchikova Dr. Sci. (Biol.), professor, microscopic research group, institute of chemical biology and fundamental medicine SB RAS, Lavrentiev Av. 8, Novosibirsk, 630128, Russia, lenryab@yandex.ru

Kirill G. Korolev Cand. Sci. (Chem.), laboratory of catalytic methods of solar energy conversion, boreskov institute of catalysis SB RAS, Lavrentiev Av., 5, Novosibirsk, 630128, Russia, kirill.korolev@catalysis.ru

Vladimir A. Bukhtoyarov lead engineer, laboratory of solid state chemistry, institute of solid state chemistry and mechanochemistry SB RAS, Kutateladze str., 18, Novosibirsk, 630128, Russia, buh@solid.nsc.ru

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 12.12.2018

ACCEPTED 2.11.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 644

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-247-251

Применение принципов здорового питания в сети предприятий быстрого обслуживания г. Астрахани

Ольга Д. Сергазиева [1] ahiles-7575@mail.ru

Елена В. Першина [1] pershina-1972@mail.ru

Ольга Н. Кривонос [1] kryvonos.olga@mail.ru

[1] Астраханский Государственный Технический Университет, ул. Татищева, 16, г. Астрахань, Россия

Аннотация. Рынок ресторанов быстрого обслуживания (фаст-фудов) в России растет более чем на 5% каждый год, несмотря на спад экономики. Но новые тренды в питании диктуют фастфуду поменять подход к своей продукции. Мода на правильное питание и здоровый образ жизни особо захватила молодое поколение, которое составляет основную группу потребителей фудсервиса. Эту тенденцию продвигают информационные ресурсы, увеличивающееся количество фитнес-клубов, популяризация спорта и красивого тела, а также крупные государственные проекты. Для повышения конкурентоспособности и привлечения широкого круга потребителей у предпринимателя возникла необходимость разработки новых рецептур с применением принципов здорового питания (правильного питания). Были проведены маркетинговые исследования методом анкетного опроса. Проанализировав вкусовые предпочтения, факторы, влияющие на выбор блюд, приверженность к здоровому образу жизни населения, привлекательность блюд здорового питания гостей сети предприятия общественного питания индивидуального предпринимателя г. Астрахани, сделали вывод, что в ассортимент (меню) данного предприятия необходимо включить блюда с концепцией здорового питания и внедрить формат FAST CASUAL (фаст-кэжуал), основа которого свежие продукты высшего качества, щадящая термическая обработка, сбалансированный состав, без усилителей вкуса и консервантов, при этом быстрота обслуживания и оригинальная подача. Изучив ассортимент продукции, проанализировав концепцию здорового питания применительно к данному направлению общепита, были разработаны рецептуры и технико-технологические карты сэндвичей с учетом принципов здорового и сбалансированного питания. Данные нововведения на предприятии должны повысить доходность и конкурентную позицию среди подобных предприятий общественного питания города Астрахани.

Ключевые слова: сэндвичи, фаст-фуд, здоровое питание, разработка рецептур

Application of the principles of healthy nutrition in the network of fast food service enterprises of Astrakhan

Olga D. Sergazieva [1] ahiles-7575@mail.ru

Elena V. Pershina [1] pershina-1972@mail.ru

Olga N. Krivonos [1] kryvonos.olga@mail.ru

[1] Astrakhan State Technical University, Tatischeva str., 16, Astrakhan, Russia

Abstract. The market of fast food restaurants in Russia is growing by more than 5 % every year, despite the economic downturn. But new trends in nutrition dictate fast food to change the approach to their products. Fashion for proper nutrition and a healthy lifestyle especially captured the younger generation, which is the main group of consumers of food service. This trend is promoted by information resources, an increasing number of fitness clubs, popularization of sports and beautiful body, as well as major government projects. To improve the competitiveness and attraction of a wide circle of consumers from the entrepreneur necessitated the development of new formulations with the application of the principles of a healthy diet (proper nutrition). Marketing research was conducted by questionnaire survey. After analyzing the taste preferences, the factors influencing the choice of dishes, a commitment to a healthy way of living, the attractiveness of healthy dishes are served guests a network of public catering enterprises individual entrepreneur G. Astrakhan, concluded that the range (menu) of the company must include dishes with the concept of a healthy diet and implement the format of FAST CASUAL (fast casual), the basis of which is fresh products of the highest quality, gentle heat treatment, balanced composition, without flavor enhancers and preservatives, with the speed of service and original supply. Having studied the range of products, having analyzed the concept of a healthy diet in relation to this area of catering, recipes and technical and technological maps of sandwiches were developed taking into account the principles of a healthy and balanced diet. These innovations at the enterprise should increase profitability and competitive position among similar catering enterprises of the city of Astrakhan

Keywords: sandwiches, fast food, healthy food, formulation development

Для цитирования

Сергазиева О.Д., Першина Е.В., Кривонос О.Н. Применение принципов здорового питания в сети предприятий быстрого обслуживания г. Астрахани // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 247–251. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-247-251

For citation

Sergazieva O.D., Pershina E.V., Krivonos O.N. Application of the principles of healthy nutrition in the network of fast food service enterprises of Astrakhan. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 247–251. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-247-251

Введение

В современном мире фаст-фуд – это глобальная индустрия, которую критикуют за меню или продукцию, имеющую высокое содержание калорий и низкую пищевую ценность [1, 2]. Плюсы фаст-фуда (быстрота, низкая стоимость, высококалорийные блюда, доступность, экономия времени) держат данное направление общепита на лидирующих позициях [3]. Можно свести к минимуму вред фаст-фуда, используя принципы сбалансированного питания, минимальную термическую обработку продукта.

Характер питания влияет на все биологические характеристики организма человека, в первую очередь на его физическое и психическое здоровье [1, 2]. Пищевые продукты являются источниками энергии, участвуют во всех процессах обмена веществ, служат пластическим материалом для построения тканей организма человека [4, 5].

Цель работы – разработать новые рецептуры закрытых бутербродов (сэндвичей) с применением принципов здорового питания (правильного питания), увеличить привлекательность продукции сети предприятий быстрого обслуживания за счет привлечения сторонников здорового образа жизни, что повысит доходность и конкурентную позицию среди подобных предприятий общественного питания города Астрахани.

Объекты и методы

Исследования и разработки были проведены по заказу индивидуального предпринимателя города Астрахани, который имеет сеть предприятий быстрого обслуживания. Основным ассортиментом данной сети являются: классические закрытые бутерброды; напитки покупные и собственного производства.

Был разработан план исследований.

1. Маркетинговые исследования предпочтений потребителей предприятий быстрого обслуживания (вкусовые предпочтения, факторы, влияющие на выбор блюд, приверженность к здоровому образу жизни, привлекательность блюд здорового питания в общепите).

2. Разработка рецептур закрытых бутербродов (сэндвичей) как основного блюда предприятия быстрого обслуживания с учетом принципов здорового питания.

Здоровое питание – рациональное, сбалансированное питание, обеспечивающее поступление пищевых, биологически активных веществ в соответствии с физиологическими потребностями, поддерживающее функциональное состояние организма на высоком уровне, организованное с учетом принципов щадящего питания [4-6].

Для сэндвичей используют преимущественно мелкоштучный пшеничный хлеб (городские, школьные и другие булочки). Допускается использование батонов, а также формового пшеничного и ржаного хлеба. Мелкоштучный хлеб (булочки) разрезают вдоль на две половины. Формовой хлеб и батоны нарезают по два ломтика на бутерброд.

Существует множество начинок и ингредиентов для приготовления сэндвичей. Есть уже готовые сэндвичи, которые собираются по специальным стандартам без вмешательства потребителя. Но и существуют такие, где человек сам может выбрать себе начинку и добавить дополнительные ингредиенты.

Были проведены маркетинговые исследования методом анкетного опроса [7]. Проведенное исследование относится к разряду полевых, а выбранный метод способствует сбору больших объемов данных за сравнительно короткий период времени.

Цель маркетинговых исследований – выявление вкусовых предпочтений, факторов, влияющих на выбор блюд, приверженность к здоровому образу жизни, привлекательность блюд здорового питания.

Решали следующие задачи:

- разработка анкеты для опроса;
- определение выборки;
- проведение опроса;
- составление выводов и рекомендаций.

Метод и место сбора данных: очное анкетирование гостей сети предприятий быстрого обслуживания заказчика.

Предмет исследования: вкусовые предпочтения в данной сети предприятий, определяющие факторы при выборе блюд, отношение гостей к здоровому образу жизни и здоровому питанию.

Сроки: исследование проводилось с 6 по 25 октября 2018 г.

Количество респондентов (объем выборки): 200 человек, гостей сети предприятий быстрого обслуживания (заказчика исследований).

Статистическая обработка результатов исследования: Microsoft Excel.

Случайность выборки была обеспечена случайным характером отбора респондентов

из гостей сети предприятий заказчика и подтверждается полученной структурой выборки. В ходе анкетирования респондентам предлагалось ответить на 10 вопросов и оставить некоторые сведения о себе. В результате первичной обработки анкет была отбракована 1 анкета. Результаты ответов и комментарии приведены ниже.

Результаты и обсуждение

Результаты маркетинговых исследований.

78% потребителей данной сети предпочитают блюда с мясом, в том числе с куриным, 14% – с рыбой, и 8% – только с овощами. 86% обращают внимание из какой муки выпекается булка и ее калорийность, 14% – не обращают внимание на данный факт. 100% потребителей считают, что овощей в данном блюде должно быть много. 94% гостей предпочитают заправку к сэндвичу, 6% – потребляют блюдо без заправок.

При ответе на вопрос о влиянии факторов, определяющих выбор при заказе блюда, 28% ответили, что выбор зависит от настроения, восприятия блюда на картинке в меню или на табло в заведении, 40% – от степени голода (предпочитают мясо), для 32% определяющим является полезность еды, ее калорийность или следование принципам сбалансированного питания.

Опрос об отношении гостей к здоровому образу жизни и здоровому питанию дали интересные результаты.

89% опрошенных готовы вести здоровый образ жизни и стать приверженцами здорового питания. 11% относятся к этому безразлично.

Из 89%: 26% утверждают, что со свои ритмом жизни физически не смогут придерживаться правильного и рационального питания;

43% считают, что такое питание будет дороже, чем фаст-фуд;

31% придерживаются, хоть и не всегда, принципов здорового питания, распределяя свой дневной рацион, и обращают внимание на калорийность блюд.

Изучив тенденции и направления в индустрии питания, а также после анализа маркетинговых исследований потребительских предпочтениях гостей данной сети предприятия быстрого обслуживания индивидуальному предпринимателю было предложено ввести в ассортимент (меню) линию продукцию формата FAST CASUAL (фаст-кэжуал) [8]. Позиционирование линии продукции как вкусной и полезной еды.

В отличие от FAST-FOOD здесь не используют замороженные продукты, заготовки длительного хранения, консерванты и искусственные добавки – только свежие продукты высшего качеств.

Были разработаны рецептуры и технико-технологические карты сэндвичей как основного блюда предприятия быстрого обслуживания с учетом принципов здорового питания [9,10].

Одно из разработанных блюд с учетом принципов здорового питания линии продукции формата FAST CASUAL является «*Сэндвич с индейкой и соусом «Песто»* (приложение).

Хорошим решением для продвижения новой концепции предприятия стала акция сэндвич из нового меню с бесплатной бутылочкой питьевой воды.

Это еще один принцип здорового питания и альтернатива или даже полная замена газированных сладких напитков. Чтобы утолить жажду сладкой газированной водой, необходимо заплатить, а покупая сэндвич из линии формата FAST CASUAL потребитель получает экологически чистый и полезный продукт – бутылку питьевой воды.

Заключение

Проанализировав вкусовые предпочтения, факторы, влияющие на выбор блюд, приверженность к здоровому образу жизни населения, привлекательность блюд здорового питания гостей сети предприятия общественного питания индивидуального предпринимателя г. Астрахани, пришли в выводу, что в ассортимент (меню) данного предприятия необходимо включить блюда с концепцией здорового питания. Одним из таких форматов является формат FAST CASUAL. Основа данного формата - свежие продукты высшего качества, щадящая термическая обработка, сбалансированный состав, без усилителей вкуса и консервантов, при этом быстрота обслуживания и оригинальная подача.

Для реализации данного проекта были разработаны рецептуры и технико-технологические карты сэндвичей с учетом принципов здорового и сбалансированного питания. Проект начинает свою реализацию в феврале 2019 года.

Приложение

Технико-технологическая карта № «Сэндвич с индейкой и соусом «Песто»

1. Область применения

Настоящая технико-технологическая карта разработана в соответствии ГОСТ 31987–2012 и распространяется на блюдо «Сэндвич с индейкой и соусом «Песто», вырабатываемое объектом общественного питания.

2. Требования к сырью

Продовольственное сырье, пищевые продукты и полуфабрикаты, используемые для приготовления блюда должны соответствовать требованиям действующих нормативных документов, иметь сопроводительные документы, подтверждающие их безопасность и качество (сертификат соответствия, санитарно-эпидемиологическое заключение, удостоверение безопасности и качества и пр.)

3. Рецептура

Наименование Denomination	Расход сырья на порцию, г | Raw materials consumption on a portion				
	Вес брутто, г gross weight, g	% при холодной обработке % with cold processing	Вес нетто, г Net weight, g	% при тепловой обработке % during heat treatment	Выход, г Output, g
Булка из бездрожжевого хлеба из муки грубого помола или с отрубями Unleavened bread loaf wholemeal flour or bran	40,0	0,00	40,0	0,00	40,0
Филе индейки отварное | Boiled turkey fillet	30,0	0,00	30,0	0,00	30,0
Лист салата | Lettuce leaf	5,6	28,00	4,0	0,00	4,0
Помидор | Tomato	40,0	10,00	36,0	0,00	36,0
Огурец | Cucumber	11,0	10,00	10,0	0,00	10,0
Соус «Песто» | Sauce “Pesto”	10	10	9,0	0,00	9,0
Выход | Output					130

4. Технологический процесс

Для сандвича с *индейкой и соусом «Песто»* берут готовую булку из бездрожжевого хлеба из муки грубого помола или с отрубями. Листья салата промывают под холодной проточной водой, обсушивают, зачищают от стебля. Огурцы и помидоры свежие зачищают от плодоножек и опробковевшей части, нарезают тонкими ломтиками или пластами отварное филе индейки су-вид предварительно нарезают ломтиками. В булку выкладывают лист салата, сверху – ломтики помидора, затем – ломтики нарезанного филе индейки, затем – ломтики огурцов. Заправляют соусом «Песто».

5. Требования к оформлению, реализации и хранению

Подача: блюдо готовят по заказу потребителя, используют согласно рецептуре основного блюда. Срок хранения и реализации согласно СанПин 2.3.2.1324–03, СанПин 2.3.6.1079–01 Примечание: технологическая карта составлена на основании акта проработки.

6. Показатели качества и безопасности

6.1 Органолептические показатели качества

Внешний вид – сэндвич, прорезанный на две части, между частями уложены лист салата, свежий помидор и огурец, нарезанное ломтиками филе индейки, заправленный соусом.
Цвет – характерный для входящих ингредиентов.
Консистенция: хлеба – мягкая, пористая, отварного филе индейки – плотная, овощей и зелени – сочная, хрустящая, соуса – густая, однородная.
Вкус и запах – характерные для ингредиентов, входящих в состав сандвича, без порочащих признаков.

6.2 Микробиологические и физико-химические показатели

По микробиологическим и физико-химическим показателям данное блюдо соответствует требованиям технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011)

6.3 Пищевая и энергетическая ценность

	Белки, г | Proteins, g	Жиры, г | Fats, g	Углеводы, г | Carbohydrates, g	Калорийность, ккал | Caloric content, kcal
Порция 130 г | Portion 130 g	10,53	4,07	22,89	172,57
100 г (g)	8,10	3,13	17,61	132,74

ЛИТЕРАТУРА

1 Boone-Heinonen J., Gordon-Larsen P., Kiefe C.I., Shikany J.M. et al. Fast food restaurants and food stores: Longitudinal associations with diet in young to middle-aged adults: The CARDIA study // Archives of internal medicine. 2011. V. 171. № 13. P. 1162–1170.

2 Сидоренко М. Nutrigenomics or are we really what we eat? // Новые задачи современной медицины: материалы II Междунар. науч. конф., Санкт-Петербург, май 2013 г. СПб.: Реноме, 2013. С. 8–18. URL: https://moluch.ru/conf/med/archive/86/3909/

3 Россияне стали чаще питаться фастфудом. URL: https://www.vestifinance.ru/articles/107483

4 Позняковский В.М., Дроздова Т.М., Влощинский П.Е. Физиология питания. М.: Лань, 2018. 432 с.

5 Тутельян В.А. и др. Научные основы здорового питания. М.: Издательский дом «Панорама», 2010. 816 с.

6 ГОСТ 31985–2013. Услуги общественного питания. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2014. URL: http://docs.cntd.ru/document/1200103471

7 Тюрин Д.В. Маркетинговые исследования. М.: Юрайт, 2013. 342 с.

8 В России растет популярность ресторанов формата fast casual. URL: https://www.the-village.ru/village/business/news/326079-fast-casual

9 Химический состав российских пищевых продуктов: справочник; под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. М.: ДеЛи принт, 2002. 236 с.

10 ГОСТ 32691–2014. Услуги общественного питания. Порядок разработки фирменных и новых блюд и изделий на предприятиях общественного питания. М.: Стандартинформ, 2015. URL: http://docs.cntd.ru/document/1200111505

REFERENCES

1 Boone-Heinonen J., Gordon-Larsen P., Kiefe C.I., Shikany J.M. et al. Fast food restaurants and food stores: Longitudinal associations with diet in young to middle-aged adults: The CARDIA study. Archives of internal medicine. 2011. vol. 171. no. 13. pp. 1162–1170.

2 Sidorenko M. Nutrigenomics or are we really what we eat? *Novyye zadachi sovremennoy meditsiny* [New tasks of modern medicine: materials of the II Intern. scientific conf., St. Petersburg, May 2013]. St. Petersburg, Renome, 2013. pp. 8–18. Available at: https://moluch.ru/conf/med/archive/86/3909/

3 Rossiyane stali chashche pitat'sya fastfudom [Russians began a thicket to eat fast food]. Available at: https://www.vestifinance.ru/articles/107483 (in Russian).

4 Poznyakovsky V.M., Drozdova T.M., Vloshchinsky P.E. Fiziologiya pitaniya [Physiology of nutrition]. Moscow, Lan', 2018. 432 p. (in Russian).

5 Tutelyan V.A. et al. Nauchnyye osnovy zdorovogo pitaniya [Scientific basis of healthy nutrition]. Moscow, Publishing house “Panorama”, 2010. 816 p. (in Russian).

6 GOST 31985-2013. Uslugi obshchestvennogo pitaniya. Terminy i opredeleniya [State Standard 31985-2013. Catering. Terms and definitions]. Moscow, Standardinform, 2014. Available at: http://docs.cntd.ru/document/1200103471 (in Russian).

7 Tyurin D.V. Marketingovyye issledovaniya [Market researches]. Moscow, Yurayt, 2013. 342 p. (in Russian).

8 V Rossii rastet populyarnost' restoranov formata fast casual [The popularity of fast casual restaurants is growing in Russia]. Available at: https://www.vestifinance.ru/articles/107483 (in Russian).

9 Khimicheskiy sostav rossiyskikh pishchevykh produktov [The chemical composition of Russian food: directory; by ed. I.M. Skurikhin, V.A. Tutelyan]. Moscow, DeLi print, 2002. 236 p. (in Russian).

10 GOST 32691-2014. Uslugi obshchestvennogo pitaniya. Poryadok razrabotki firmennykh i novykh blyud i izdeliy na predpriyatiyakh obshchestvennogo pitaniya [State Standard 32691-2014. Public catering service. Method of elaborating and approving of house specialties at public catering enterprises]. Moscow, Standardinform, 2015. Available at: http://docs.cntd.ru/document/1200111505 (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ольга Д. Сергазиева к.с-х.н., доцент, кафедра технологии товаров и товароведения, Астраханский Государственный Технический Университет, ул. Татищева, 16, г. Астрахань, Россия, ahiles-7575@mail.ru

Елена В. Першина доцент, кафедра технологии товаров и товароведения, Астраханский Государственный Технический Университет, ул. Татищева, 16, г. Астрахань, Россия, pershina-1972@mail.ru

Ольга Н. Кривонос аспирант, кафедра технологии товаров и товароведения, Астраханский Государственный Технический Университет, ул. Татищева, 16, г. Астрахань, Россия, kryvonos.olga@mail.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Olga D. Sergazieva Cand. Sci. (Agric.), associate professor, technology of goods and commodity science department, Astrakhan State Technical University, Tatischeva str., 16, Astrakhan, Russia, ahiles-7575@mail.ru

Elena V. Pershina associate professor, technology of goods and commodity science department, Astrakhan State Technical University, Tatischeva str., 16, Astrakhan, Russia, pershina-1972@mail.ru

Olga N. Krivonos graduate student, technology of goods and commodity science department, Astrakhan State Technical University, Tatischeva str., 16, Astrakhan, Russia, kryvonos.olga@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 10.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.02.2019

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.10.2019

ACCEPTED 2.18.2019

Краткое сообщение/Short message

УДК 681.3

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-252-255

Математическое моделирование процессов взаимодействия функциональных и контаминирующих микроорганизмов в биотехнологической системе

Алексей В. Скрыпников [1] skrypnikovvsafe@mail.ru
Елена В. Белокурова [1] zvezdamal@mail.ru
Никита В. Сотников [1] sotnikov@mail.ru

[1] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Математическое моделирование процессов, происходящих в биотехнологической системе, в том числе описывающих взаимодействие функциональных микроорганизмов с контаминирующей микрофлорой, является в настоящее время перспективным научным направлением. В статье рассматриваются вопросы системного анализа процессов, происходящих в биотехнологической системе при брожении. Под «микробиологической системой» понимается микробиологический процесс, состоящий из двух подсистем или популяций микроорганизмов. В течение заданного технологического процесса эти популяции взаимодействуют между собой путем использования общего ресурса. Системный анализ и математическое моделирование микробиологических процессов представляет собой сложную задачу. Необходимо учитывать массу факторов, таких как одновременное протекание нескольких нестационарных процессов; множество параметров состояния, включая анализ связей между ними; изменение в реальном времени технологических параметров, в частности основного ресурса, учет различных свойств популяций микроорганизмов, влияющих на поведение микробиологических систем (смертность, рождаемость, существование посторонней микрофлоры и т. п.), и другие факторы, оказывающие непосредственное влияние на качество готового продукта. В свою очередь количественный анализ этих взаимодействий приведет к разработке научно обоснованных способов и подходов, минимизирующих эффект контаминации. Проведен анализ и построена системная модель, отражающая весь спектр взаимодействий между полезными и посторонними популяциями микроорганизмов при производстве хлебобулочных изделий. Представленная системная модель позволяет продолжить исследование поставленных в работе вопросов, путем дальнейшего изучения ее компонентов.

Ключевые слова: тесто, моделирование, брожение, системный анализ, контаминирующая микрофлора

Mathematical modeling of processes of interaction of functional and which contaminate microorganisms in biotechnology system

Alexey V. Skrypnikov [1] skrypnikovvsafe@mail.ru
Elena V. Belokurova [1] zvezdamal@mail.ru
Nikita V. Sotnikov [1] sotnikov@mail.ru

[1] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. Mathematical modeling of processes occurring in the biotechnological system, including those describing the interaction of functional microorganisms with contaminating microflora, is currently a promising scientific direction. The article discusses the issues of system analysis of the processes occurring in the biotechnological system during fermentation. By "microbiological system" is meant a microbiological process consisting of two subsystems or populations of microorganisms. During a given technological process, these populations interact with each other by using a common resource. Systems analysis and mathematical modeling of microbiological processes is a complex task. It is necessary to take into account a lot of factors, such as the simultaneous occurrence of several non-stationary processes; many state parameters, including analysis of the links between them; change in real time of technological parameters, in particular, the main resource, consideration of various properties of microbial populations affecting the behavior of microbiological systems (mortality, fertility, the existence of extraneous microflora, etc.), and other factors that have a direct impact on the quality of the finished product. In turn, a quantitative analysis of these interactions will lead to the development of scientifically based methods and approaches that minimize the effect of contamination. The analysis was carried out and a system model was constructed reflecting the entire spectrum of interactions between useful and extraneous populations of microorganisms in the production of bakery products. The presented system model allows to continue the study of the questions posed in the work, by further studying its components.

Keywords: dough, modeling, fermentation, system analysis, contaminate microflora

Математическое моделирование процессов, происходящих в биотехнологической системе, в том числе описывающих взаимодействие функциональных микроорганизмов с контаминирующей микрофлорой, является в настоящее время перспективным научным направлением.

Как показал проведенный авторами анализ существующих на настоящее время исследований, системных и комплексных подходов к решению данной задачи, позволяющих описать рассматриваемые процессы, не существует [1, 2]. Необходимо провести анализ и построить системную модель, отражающую весь спектр взаимодействий между полезными и посторонними популяциями микроорганизмов при производстве хлебобулочных изделий. В свою очередь, количественный анализ этих взаимодействий приведет к разработке научно обоснованных способов и подходов, минимизирующих эффект контаминации.

Для цитирования

Скрыпников А.В., Белокурова Е.В., Сотников Н.В. Математическое моделирование процессов взаимодействия функциональных и контаминирующих микроорганизмов в биотехнологической системе // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 252–255. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-252-255

For citation

Skrypnikov A.V., Belokurova E.V., Sotnikov N.V. Mathematical modeling of processes of interaction of functional and which contaminate microorganisms in biotechnology system. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 252–255. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-252-255

Анализ существующих подходов к решению данной задачи показал [1, 2], что основной причиной сбоев в биотехнологическом процессе в условиях воздействия контаминации является негативное воздействие на жизнедеятельность функциональных микроорганизмов, что приводит к их угнетению. Таким образом, важно определить начало этого негативного воздействия с целью минимизации угнетения полезных микроорганизмов и проведения соответствующих профилактических работ по устранению контаминации [8–14].

Построим системную модель анализа влияния растительных добавок на биотехнологические свойства и показатели качества теста.

Проведенный анализ исследований в данной области показал [3], что деятельность любых организмов прямо зависит от наличия ресурса, который и определяет распределение и численность популяций. В основе механизмов всех изменений, таких, как механизмы распределении ресурсов между популяциями, а также структура экосистемы, лежат законы ресурсного взаимодействия.

Системный анализ и математическое моделирование микробиологических процессов представляет собой сложную задачу. Необходимо учитывать массу факторов, таких, как одновременное протекание нескольких нестационарных процессов; множество параметров состояния, включая анализ связей между ними; изменение в реальном времени технологических параметров, в частности основного ресурса, учет различных свойств популяций микроорганизмов, влияющих на поведение микробиологических систем (смертность, рождаемость, существование посторонней микрофлоры и т. п.), и другие факторы, оказывающие непосредственное влияние на качество готового продукта.

Эти факторы характеризуют сложности формализации математической модели, позволяющей учесть все основные особенности производства хлебобулочных изделий. Существующий математический аппарат и проведенный до этого системный анализ подобного рода производства рассматривал поведение популяции полезных микроорганизмов, но не содержал анализа влияния на нее контаминирующей микрофлоры. Таким образом, вопросы ресурсного конфликта между полезными микроорганизмами и контаминирующей микрофлорой не рассматривались. В то же время наличие контаминирующей микрофлоры приводит к существенному снижению качества и безопасности продукции. Результат ресурсного взаимодействия между полезными микроорганизмами и контаминирующей микрофлорой в реальном процессе имеет большое значение и требует дальнейшего изучения. Кроме того, открытым остается вопрос воздействия на такие процессы с целью минимизации ущерба от возможных последствий с помощью эффективных управленческих решений.

Как известно [3], под «микробиологической системой» понимается микробиологический процесс, состоящий из двух подсистем или популяций микроорганизмов. В течение заданного технологического процесса эти популяции взаимодействуют между собой путем использования общего ресурса D.

Введем обозначения. Пусть N – множество функциональных микроорганизмов, M – множество контаминирующих микроорганизмов. Множества N и M, в свою очередь, состоят из подмножеств или подсистем различных подвидов микроорганизмов соответствующей популяции. При этом множества N и M между собой взаимодействуют по одним и тем же законам вне зависимости от количества видов популяций микроорганизмов.

Введем ограничения. Считаем, что биотехнологический процесс протекает равномерно по всей площади аппарата и непрерывен во времени, а также происходит без прерываний производственного цикла.

Тогда задачу можно свести к системе дифференциальных уравнений, описывающих микробиологический процесс в целом. Для описания общей модели необходимо описать неизвестные функции, включая ограничения на параметры. Кроме того, необходимо задать начальные и граничные условия и определить коэффициенты модели. Обозначим функцию ресурса D с помощью вектора

$$D = D(d_1 \ldots, d_p),\ p = 1 \ldots P,$$

где $d = d(X, Y, Z, t)$ – вектор параметров ресурса; X, Y, Z – пространственные координаты; t – время.

Считаем, что ресурс ограничен и не восполним в рамках производственного цикла. Введем понятие «концентрация ресурса». Пусть p-й компонент ресурса имеет концентрацию d_p. Причем при размножении популяций концентрация ресурса расходуется, т. е. d_p уменьшается.

Обозначим через dX произвольный слой ресурса с заданной толщиной. Так как за время dt концентрация d_p ресурса меняется на величину $\mathrm{d}d_\mathrm{p}$, то ее значение будет равно $d_p + dd_p$.

Но тогда можно описать градиент концентрации $\mathrm{gra}d_x d_p = \partial d_p / \partial X$.

В соответствии с законом Фика опишем уравнение для потока q_x при изменении концентрации d_p для p-го компонента ресурса:

$$q_x = - D` \ \mathrm{grad}_x d_p = - D \cdot \partial d_p / \partial X,$$

где $D`$ – коэффициент смешивания.

С учетом уравнения непрерывности для концентрации U_p получим:

$$\partial d_p / \partial t = - \mathrm{div} q_x = \mathrm{div}(D` \ \mathrm{grad}_x d_p).$$

В уравнении учитывалось изменение скорости концентрации p-го компонента ресурса в связи с уменьшением колонии микроорганизмов. Так как каждая популяция при своем развитии использует ресурс, то потребление ей p-го компонента ресурса представим в виде функции потребления Q_p (d_p, t). Эта функция зависит от скорости роста количества микроорганизмов μ, которое будет меняться во времени.

Рассмотрим некое максимальное значение для концентрации p-го компонента ресурса $D_{op} = D_o(d_p, X, Y, Z, t)$. При достижении его дальнейший рост прекращается и вследствие нехватки ресурса популяции погибают. С другой стороны, будем считать, что при $D_p > D_{op}$, наоборот, биомасса популяции растет. Выбор порогового значения D_{op} на практике представляет собой сложную задачу ввиду наличия множества факторов, учесть которые можно только в результате эксперимента и с учетом особенностей рассматриваемой задачи.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что математическое описание микробиологических процессов при производстве хлебобулочных изделий представляет собой систему двух дифференциальных уравнений. Она описывает процессы жизнедеятельности двух популяций с учетом двух начальных условий, характеризующих начальное количество микроорганизмов, а также задания пяти параметров модели: удельной скорости роста μ, смертности c, а также специального коэффициента α, описывающего их ресурсное взаимодействие между собой. При этом считаем, что K – общая биомасса среды, которая, в свою очередь, состоит из полезной и контаминирующей биомассы популяций, задается экономическим коэффициентом a, учитывающим долю потребляемого ресурса в производстве новой биомассы.

Будем оценивать качество готовой продукции вектором критериев эффективности $Q = Q(q_1 \ldots, q_s)$, $s \in S$ в соответствии с принципом оптимальности по Парето.

Таким образом, предложим системную модель микробиологических изменений в процессе тестоведения в следующем виде.

1. Целевая функция математической модели имеет вид:

$$\bar{q} = q\left(q_1, \ldots q_s, \ldots, q_S\right) \xrightarrow[n_i, m_j, R_p \in \Phi]{} \mathrm{opt},$$

$$q\left(n_i\right) \xrightarrow[n_i \in \Phi]{} \max,$$

$$q\left(m_j\right) \xrightarrow[m_j \in \Phi]{} \min,$$

$$q\left(K\right) \xrightarrow[K \in \Phi]{} \max.$$

2. Область поиска Ф задается следующими параметрическими и функциональными ограничениями:

$$N = n\left(n_1, \ldots n_i, \ldots, n_I\right), i = \overline{1, I},$$

$$M = m\left(m_1, \ldots m_j, \ldots, m_J\right), j = \overline{1, J},$$

$$D = D\left(d_1, \ldots d_p, \ldots, d_P\right), p = \overline{1, P},$$

$$d_p = d\left(d_{op}, x, y, x, t\right), p = \overline{1, P}, t \in T,$$

$$d_p\Big|_{t=0} = d_{op}\left(x, y, x\right), p \in P,$$

$$\frac{dd_p}{dt} = div\left(D_p^{`}\left(d_p\right) \mathrm{grad} d_p\right) + Q_p\left(d_p, t\right),$$

$$Q_p\left(d_p, t\right) = \begin{cases} Q_p\left(d_p, t\right), D_p > D_{op} \\ 0, \quad D_p \le D_{op} \end{cases},$$

$$D_{op} = D_o\left(d_p, x, y, z, t\right), p \in P, t \in T,$$

$$\frac{dD_p}{dt} = D_p - a_i \mu_i n_i - a_j \mu_j n_j,$$

$$\frac{dn_i}{dt} = \mu_i n_i - \frac{\mu_i n_i^2}{n_{im}} - \mu_i \alpha_i \frac{n_i m_j}{n_{im}} - c_i n_i,$$

$$\frac{dm_j}{dt} = \mu_j m_j - \frac{\mu_j m_j^2}{m_{im}} - \mu_j \alpha_j \frac{n_i m_j}{m_{jm}} - c_j n_j,$$

$$\frac{1}{K}\frac{dK}{dt} = \mu K - \mu \frac{K^2}{K_m} - cK,$$

$$K = n_i + m_j, i \in I, j \in J, t \in T,$$

$$n_i\Big|_{n=0} = n_{oi}\left(x, y, x\right), m_j\Big|_{t=0} = m_{oj}\left(x, y, x\right),$$

$$n_i\Big|_{t=T} = n_{im}, m_j\Big|_{t=t} = m_{jm}, K\Big|_{t=t} = K_m,$$

$$n_i = \begin{cases} n_i, D_p > D_{op} \\ 0, D_p \le D_{op} \end{cases}, m_j = \begin{cases} m_j, D_p > D_{op} \\ 0, \ D_p \le D_{op} \end{cases},$$

$$a_i \ge 0, a_j \ge 0, \mu_i \ge 0, \mu_j \ge 0, \alpha_i \ge 0, \alpha_j \ge 0, c_i \ge 0, c_j \ge 0,$$

где T – интервал времени; n_{im}, m_{jm} – максимальные значения мощности популяций; K_m – максимальное значение мощности прироста биомассы.

Представленная системная модель позволяет продолжить исследование поставленных в работе вопросов путем дальнейшего изучения ее компонентов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Магомедов Г.О., Лобосова Л.А., Олейникова А.Я. Химико-технологический контроль на предприятиях хлебопекарной, макаронной и кондитерской отрасли (теория и практика): учебное пособие. Воронеж, 2014. 90 с.

2 Белокурова Е.В., Маслова В.А. Прогнозирование и варьирование показателей качества мучных кулинарных изделий с внесением цельнозерновой пшеничной муки // Пищевая промышленность. 2017. № 6. С. 26–28.

3 Соловьева О.Э. и др. Математическое моделирование живых систем: учебное пособие. Екатеринбург, 2013. 328 с.

4 Чертов Е.Д., Скрыпников А.В., Буданов А.В., Котов Г.И. Обоснование вычислительных методов обеспечения информационных систем управления // Вестник ВГУИТ. 2016. № 3 (69). С. 100–104.

5 Родионова Н.С., Алексеева Т.В., Попов Е.С., Калгина Ю.О. и др. Гигиенические аспекты и перспективы отечественного производства продуктов глубокой переработки зародышей пшеницы // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 1. С. 74–79.

6 Смирнов Н.А., Груздев Г.В. Оптимизация производства и реализации продукции картофелеводства // Вестник НГИЭИ. 2017. № 7 (74). С. 100-109.

7 Афанасьева О.В. Микробиология хлебопекарного производства: монография. СПб.: Береста, 2013. 220 с.

8 Vanhanen M., Tuomi T., Hokkanen H., Tupasela O. et al. Enzyme exposure and enzyme sensitisation in the baking industry // Occupational and Environmental Medicine. 1996. V. 53. P. 670-676. doi: 10.1136/oem.53.10.670

9 Patel A.K., Singhania R.R., Pandey A. Novel enzymatic processes applied to the food industry // Current Opinion in Food Science. 2016. V. 7. P. 64–72. doi: 10.1016/ j.cofs.2015.12.002

10 Zuniga C., Zaramela L., Zengler K. Elucidation of complexity and prediction of interactions in microbial communities // Microbial Biotechnology. 2017. V. 10. № 6. doi: 10.1111/1751-7915.12855

11 Cauvain S. Process Control and Software Applications in Baking // Technology of Breadmaking. 2015. P. 213–227.

12 de Candia S., Morea M., Baruzzi F. Eradication of high viable loads of Listeria monocytogenes contaminating food-contact surfaces // Frontiers in microbiology. 2015. V. 6. P. 733.

13 Jabeen F., Ahmed M., Ahmed F., Sarwar M. et al. Characterization of cypermethrin degrading bacteria: A hidden micro flora for biogeochemical cycling of xenobiotics // Advancements in Life Sciences. 2017. V. 4. № 3. P. 97–107.

14 Bunkova L., Bunka F. Microflora of processed cheese and the factors affecting it // Critical reviews in food science and nutrition. 2017. V. 57. № 11. P. 2392–2403.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Алексей В. Скрыпников д.т.н., профессор, кафедра информационной безопасности, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, skrypnikovvsafe@mail.ru

Елена В. Белокурова к.т.н., доцент, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, zvezdamal@mail.ru

Никита В. Сотников экстерн, кафедра информационной безопасности, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, sotnikov@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиа

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 01.09.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 16.12.2018

REFERENCES

1 Magomedov G.O., Lobosova L.A., Oleynikova A.Ya. Khimiko-tekhnologicheskiy kontrol' na predpriyatiyakh khlebopekarnoy, makaronnoy i konditerskoy otrasli (teoriya i praktika) [Chemical and technological control at the enterprises of the baking, macaroni and confectionery industry (theory and practice): study guide]. Voronezh, 2014. 90 p. (in Russian).

2 Belokurova E.V., Maslova V.A. Prediction and variation of the quality of flour culinary products with the introduction of whole-grain wheat flour. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry]. 2017. no. 6. pp. 26–28. (in Russian).

3 Solovyov O.E. et al. Matematicheskoye modelirovaniye zhivykh sistem: uchebnoye posobiye [Mathematical modeling of living systems: a tutorial]. Ekaterinburg, 2013. 328 p. (in Russian).

4 Chertov E.D., Skrypnikov A.V., Budanov A.V., Kotov G.I. Justification of computational methods for providing information management systems. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2016. no. 3 (69). pp. 100–104. (in Russian).

5 Rodionova N.S., Alekseeva T.V., Popov E.S., Kalgina Yu.O. et al. Hygienic aspects and prospects of domestic production of products for the deep processing of wheat germ. *Gigiyena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation]. 2016. Vol. 95. No. 1. Pp. 74–79. (in Russian).

6 Smirnov N.A., Gruzdev G.V. Optimization of production and sales of potato products. *Vestnik NGIEI* [Herald NGIEI]. 2017. no. 7 (74). pp. 100–109. (in Russian).

7 Afanas'yeva O.V. Mikrobiologiya khlebopekarnogo proizvodstva [Microbiology of bakery production: monograph]. St. Petersburg, Beresta, 2013. 220 p. (in Russian).

8 Vanhanen M., Tuomi T., Hokkanen H., Tupasela O. et al. Enzyme exposure and enzyme sensitisation in the baking industry. Occupational and Environmental Medicine. 1996. vol. 53. pp. 670–676. doi: 10.1136/oem.53.10.670

9 Patel A.K., Singhania R.R., Pandey A. Novel enzymatic processes for the food industry. Current Opinion in Food Science. 2016. vol. 7. pp. 64–72. doi: 10.1016 / j.cofs.2015.12.002

10 Zuniga C., Zaramela L., Zengler K. Elucidation of complexity and prediction of interactions in microbial communities. Microbial Biotechnology. 2017. vol. 10. no. 6. doi: 10.1111/1751-7915.12855

11 Cauvain S. Process Control and Software Applications in Baking. Technology of Breadmaking. 2015. pp. 213–227.

12 de Candia S., Morea M., Baruzzi F. Eradication of high viable loads of Listeria monocytogenes contaminating food-contact surfaces. Frontiers in microbiology. 2015. vol. 6. pp. 733.

13 Jabeen F., Ahmed M., Ahmed F., Sarwar M. et al. Characterization of cypermethrin degrading bacteria: A hidden micro flora for biogeochemical cycling of xenobiotics. Advancements in Life Sciences. 2017. vol. 4. no. 3. pp. 97–107.

14 Bunkova L., Bunka F. Microflora of processed cheese and the factors affecting it. Critical reviews in food science and nutrition. 2017. vol. 57. no. 11. pp. 2392–2403.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Alexey V. Skrypnikov Dr. Sci. (Engin.), professor, information security department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, skrypnikov-vsafe@mail.ru

Elena V. Belokurova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, service and restaurant business department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, zvezdamal@mail.ru

Nikita V. Sotnikov extern, information security department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, sotnikov@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 9.1.2018

ACCEPTED 12.16.2018

Оригинальная статья/Original article

УДК 664.644.2

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-256-262

Влияние порошка плодов дикорастущего шиповника на потребительские свойства бисквитов

Анна Е. Ковалева [1] a.e.kovaleva@yandex.ru
Эльвира А. Пьяникова [1] alia1969@yandex.ru

[1] Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, Россия

Аннотация. Представлены результаты влияния сухого порошка плодов дикорастущего шиповника на потребительские свойства бисквитов, в которых пшеничную муку высшего сорта заменяли овсяной мукой и, в свою очередь, часть овсяной - 5, 10 и 15% порошка. Как показали исследования, внесение добавки растительного порошка сильного воздействия на изменение физико-химических показателей не оказывает, а вот органолептические показатели изменяются. У образца с содержанием добавки 5% при дегустации отмечен более влажный мякиш, чем у других, а при выпекании на поверхности появились трещины. У всех без исключения образцов показатель «пористость» чуть ниже нормы, что связано с заменой пшеничной муки высшего сорта овсяной, богатой пищевыми волокнами. С увеличением доли вносимого порошка плодов шиповника массовая доля влаги в образцах уменьшается. Это можно объяснить тем, что содержание основного ингредиента – овсяной муки, богатой пищевыми волокнами, удерживающими влагу – уменьшается, за счет ее замены порошком плодов шиповника. Щелочность у всех модельных образцов составляет 0,3 град. Вносимые ингредиенты на пористость бисквитов сильно не влияют, но, тем не менее, этот показатель ниже (60-61,5%), чем у бисквитов, выпеченных из пшеничной муки высшего сорта (порядка 75-80%). По итогам проведенных исследований рекомендуется использовать сухой порошок шиповника в количестве 10% от массы муки. Изучение образцов на установление сроков годности показало, что процесс черствения протекает довольно медленно, и рекомендуемые сроки годности готового продукта составляют 96 часов.

Ключевые слова: порошок плодов шиповника, бисквиты, мука овсяная, органолептические и физико-химические показатели, сроки годности

Effect of wild rose hip fruit powder on consumer properties of biscuit

Anna E. Kovaleva [1] a.e.kovaleva@yandex.ru
Elvira A. Pyanikova [1] alia1969@yandex.ru

[1] South-West state University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia

Abstract. This article presents the results of the effect of the dry powder of wild rose hips on the consumer properties of biscuit, in which the premium wheat flour was replaced with oat flour and, in turn, part of the oat flour - 5, 10 and 15% of the powder, are presented. Studies have shown that the addition of plant powder does not have a strong effect on changes in physicochemical parameters, however, organoleptic parameters do change. In the sample with an additive content of 5%, crumbs were wetter than others, and cracks appeared on the surface during baking. For all samples, without exception, the porosity indicator is slightly below the norm, which is associated with the replacement of wheat flour of the highest grade of oatmeal, rich in dietary fiber. With an increase in the proportion of the introduced powder of rosehip fruit, the mass fraction of moisture in the samples decreases. This can be explained by the fact that the content of the main ingredient – oatmeal, rich in dietary fibers that retain moisture – is reduced by replacing it with rosehip fruit powder. Alkalinity in all model samples is 0.3 deg. The introduced ingredients the assertiveness of biscuits does not strongly affect, but, nevertheless, this figure is lower (60-61.5%) than that of biscuits baked from wheat flour of the highest grade (about 75-80%). According to the results of the research it is recommended to use dry rose hip powder in an amount of 10% by weight of flour. Examination of samples for the establishment of expiration dates showed that the process of staling proceeds rather slowly, and the recommended shelf life of the finished product is 96 hours.

Keywords: hip rose powder, biscuit, oatmeal flour, organoleptic and physico-chemical indicators, shelf life

Введение

Питание является одним из главных факторов, который оказывает огромное влияние на здоровье, работоспособность, творческий потенциал, активность и продолжительность жизни людей, т. к. все необходимые человеку питательные вещества поступают в организм именно с пищей. Пищевые вещества в результате метаболизма преобразуются в структурные элементы клеток, обеспечивая человека необходимым пластическим материалом и энергией. Традиционным источником важных для организма человека пищевых веществ являются мучные кондитерские изделия [1]. Но, к сожалению, у них есть недостаток – высокая энергетическая ценность из-за содержания большого количества углеводов и жиров и незначительное количество белков, микро- и макроэлементов, пищевых волокон и т. п.

Поэтому очень важно кондитерской и хлебопекарной отрасли расширять ассортимент продукции повышенной пищевой ценности, имеющей функциональную направленность.

Для цитирования

Ковалева А.Е., Пьяникова Э.А. Влияние порошка плодов дикорастущего шиповника на потребительские свойства бисквитов // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 256–262. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-256-262

For citation

Kovaleva A.E., Pyanikova E.A. Effect of wild rose hip fruit powder on consumer properties of biscuit. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 256–262. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-256-262

С учетом того что в нашем регионе произрастает значительное количество дикорастущего плодово-ягодного растительного сырья, богатого витаминами, макро- и микроэлементами, которое можно применять в производстве мучных кондитерских изделий в том или ином виде (порошки, целые ягоды, консервированные, в виде джемов и т. п.), ассортимент этой продукции можно расширить, не сильно повышая его стоимость.

Пищевая ценность и качество мучных кондитерских изделий во многом зависят от свойств и состава преобладающего в количественном отношении сырья (пшеничная мука и сахар-песок). Основным структурообразующим компонентом мучного кондитерского изделия является мука пшеничная высших сортов, содержащая значительное количество крахмала, бедная белком, минеральными веществами и другими жизненно важными для человеческого организма компонентами. Полная замена пшеничной муки высшего сорта овсяной мукой и введение порошков дикорастущего плодово-ягодного сырья, произрастающего в Курской области (шиповника), позволит повысить пищевую ценность мучных кондитерских изделий и разнообразить их ассортимент. Плоды малоизвестных садоводческих растений, таких, как рябина, шиповник и бузина, которые до сих пор использовались в традиционной народной медицине, в последнее время вызвали интерес производителей растительного материала [2, 3].

Плоды шиповника, богатые полифенолами, незаменимыми жирными кислотами, витаминами А и С, минералами (Са и Fe), потенциально могут превращаться в функциональные продукты. Сегодня плоды применяются в фруктово-перерабатывающей промышленности для производства соков, мармеладов, вин и сиропов [2, 4]. Один из способов применения продуктов переработки растительного сырья – добавление к хлебобулочным и кондитерским продуктам, поскольку это дает преимущества, такие, как обогащение белого пшеничного хлеба, тортов и печенья пищевыми волокнами, витаминами, минералами и антиоксидантами [5, 6].

Одним из перспективных направлений повышения биологической ценности сдобных изделий является расширение ассортимента за счет использования нетрадиционных видов сырья [7]. В нашем случае таким сырьем является порошок плодов шиповника.

Материалы и методы

Опытные и контрольные образцы готовились из одних партий сырья. Отбор и подготовку проб для лабораторных исследований проводили согласно единой методике изучения свойств готовых изделий по ГОСТ 5904 «Изделия кондитерские. Правила приемки, методы отбора и подготовки проб», методу отбора проб по ГОСТ 26669 «Продукты пищевые и вкусовые. Подготовка проб для микробиологических анализов».

Анализ готовых изделий проводили после их остывания, но не позднее, чем через 24 ч. Выпеченный бисквитный полуфабрикат оценивали по пористости, влажности, структурно-механическим свойствам мякиша, органолептическим показателям.

Органолептическая оценка качества разработанных образцов бисквитов осуществлялась по таким показателям, как форма, состояние и окраска поверхности, структура пористости, промес, эластичность, состояние мякиша, вкус и запах.

Выпеченное изделие должно иметь форму, соответствующую данному наименованию изделия без повреждений и с ровным обрезом. Поверхность должна быть от светло-коричневого до темно-коричневого цвета однородная, без подгорелостей.

Вид в разрезе – некрошащийся полуфабрикат, равномерный по толщине, хорошо пропеченный, с развитой пористостью, без закала и следов непромеса.

Вкус и запах у готового изделия должны быть соответствующие данному наименованию изделия без посторонних запаха и вкуса.

Массовую долю влаги, %, рассчитывали по формуле

$$B = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} 100,$$

где m_0 – масса бюксы, г; m_1 – масса бюксы с навеской до высушивания, г; m_2 – масса бюксы с навеской после высушивания, г [8].

Параллельно проводили несколько определений для получения более достоверных результатов. За результат брали среднее арифметическое значение.

Пористость выпеченных изделий определяли стандартным методом с помощью прибора Журавлева. Для этого из куска мякиша на расстоянии не менее 1 см от корок делали выемки цилиндром пробника, для чего острый край цилиндра, предварительно смазанный растительным маслом, вводили вращательным движением в мякиш куска. Для определения пористости делали три цилиндрических выемки объемом 27±0,5 см^3 каждая, которые взвешивали одновременно.

Пористость *П*, %, вычисляли по формуле

$$П = \frac{V - m/\rho}{V} 100,$$

где V – общий объем выемок хлеба, см^3; m – масса выемок, г; ρ – плотность беспористой массы мякиша, г/см^3 (для хлеба из пшеничной муки высшего и первого сортов принимают равной 1,31 г/см^3) [9].

Для определения щелочности взвешивали 30 г готового изделия и тонко измельчали его в ступке. Из полученного продукта отбирали 25 г, помещали в коническую колбу емкостью 500 мл, приливали 250 мл дистиллированной воды и энергично взбалтывали, пока навеска хорошо не перемешается с водой, затем раствору давали выстояться в течение 30 мин, продолжая взбалтывать через каждые 10 мин.

Через 30 мин содержимое колбы фильтровали через вату. Из фильтрата пипеткой в коническую колбу вместимостью 250 мл отбирали 50 мл и титровали 0,1 М раствором соляной кислоты в присутствии нескольких капель индикатора бромтимолового синего. Титрование вели до наступления ярко выраженного желтоватого окрашивания.

Щелочность обогащенных модельных образцов бисквитных полуфабрикатов, град., определяли по формуле

$$X = \frac{V \cdot V_1 \cdot 10}{V_2 \cdot M},$$

где V – объем раствора соляной кислоты (0,1 М), израсходованной на титрование, мл; V_1 – объем дистиллированной воды, взятой для растворения навески, мл; V_2 – объем фильтрата, взятый для титрования, мл; M – навеска, г.

Щелочность вычисляли с точностью до 0,1 °. Расхождения между результатами двух параллельных определений не должны превышать 0,2 ° [10].

Для установления сроков годности модельных образцов мучных кондитерских изделий (бисквитов) было проведено исследование влияния полной замены пшеничной муки высшего сорта овсяной мукой и порошком плодов шиповника на изменение качества изделий в процессе хранения. Для этого был проведен анализ степени сохранения изделиями влаги в течение 5 сут. Данный показатель определяли каждые сутки. Хранение модельных образцов мучных кондитерских изделий (бисквитов) осуществляли при температуре 18ºС и относительной влажности воздуха 75%, т. е. в условиях, приближенных к производственным.

Результаты и обсуждение

Для выпечки экспериментальных образцов мучных кондитерских изделий (бисквитов) была выбрана рецептура по ГОСТ (яйца куриные свежие (190 кг), сахар-песок (100 кг), мука пшеничная в/с (100 кг) [11].

В разработанных рецептурах бисквита осуществлялась 100% замена пшеничной муки высшего сорта овсяной мукой. При этом часть овсяной муки заменялась порошком плодов шиповника в количестве 5, 10 и 15% от общего количества муки (таблица 1).

Таблица 1.

Рецептуры модельных образцов бисквитов с добавлением порошка плодов шиповника

Table 1.

Formulations of model samples of biscuits with the addition of rose hip powder

Ингредиент Ingriedient	Количество ингредиентов, кг Quantity of ingredients, kg		
	Образец № 1 Sample 1	Образец № 2 Sample 2	Образец № 3 Sample 3
Яйца куриные (свежие) Eggs (fresh)	190	190	190
Сахар-песок Sugar	100	100	100
Мука овсяная Oatmeat flour	95	90	85
Порошок плодов шиповника Rose hip flour	5	10	15

Как видно из данных таблицы 1, в рецептуре модельных образцов бисквитов с добавлением порошка плодов шиповника менялось только соотношение овсяной муки и порошка. В образце № 1 добавлялось 5% порошка от количества муки, в образце № 2 – 10%, в образце № 3 – 15%.

Выпеченные по представленным в таблице 1 рецептурам модельные образцы бисквитов исследовали по органолептическим и физико-химическим показателям и установили сроки годности готовых изделий.

Тест по оценке органолептических показателей проводился по 5-балльной шкале, где 1 балл означал самый низкий уровень приемки и 5 баллов – самый высокий [12]. По итогам проведенного исследования каждый дегустатор заполнил дегустационную карту (таблицу 2).

Таблица 2.

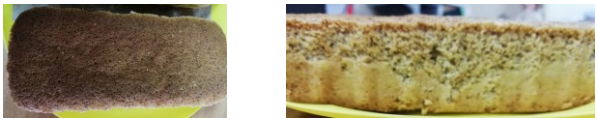
Результаты оценки органолептических показателей качества бисквитов с добавлением порошка плодов шиповника

Table 2.

The results of the evaluation of the organoleptic quality of biscuits with the addition of rose hip powder

Показатель Indicator	Образец № 1 Sample 1	Образец № 2 Sample 2	Образец № 3 Sample 3
Вкус | Taste	4,8	5,0	4,2
Аромат Aroma	5,0	5,0	5,0
Мякиш Crumb	4,4	5,0	4,8
Пористость Porosity	4,4	4,4	4,6
Форма | Shape	4,2	5,0	4,6
Состояние корочки Crust condition	4,4	4,8	5,0
Эластичность Elasticity	5,0	5,0	4,6
Общая сумма баллов Total points	32,2	34,2	32,8

Как видно из данных таблицы 2, наибольшую сумму баллов набрал образец № 2 с заменой 10% овсяной муки порошком плодов шиповника (рисунок 1).



a *b*

Рисунок 1. Внешний вид образца № 2: *a* – вид сверху; *b* – вид в разрезе

Figure 1. An outer view of sample 2: *a* – top view; *b* – cross section

Все дегустаторы отметили у него тонкий вкус и аромат овсяной муки, поставив по данным показателям по 5 баллов. Данный образец имеет правильную форму и хорошую эластичность, за что он получил по 5 баллов. Лишь один дегустатор из пяти поставил образцу № 2 по показателю «состояние корочки» 4 балла, т. к. она имела более интенсивный коричневый окрас, чем другие образцы. По показателю «пористость» три дегустатора из пяти поставили оценку «хорошо», отметив, что она однородная, но недостаточно хорошо развитая.

На втором месте оказался образец под № 3 (рисунок 2). У него дегустаторы во вкусе отметили привкус овсяной муки и порошка шиповника, что не понравилось одному из дегустаторов, и он оценил данный показатель в 3 балла. По показателям «аромат» и «состояние корочки» все дегустаторы образцу № 3 поставили по 5 баллов, отметив, что образец имеет приятный нежный аромат и золотистую светло-коричневую корочку. По показателю «мякиш» образец получил 4,8 балла. Одному из дегустаторов показалось, что мякиш влажный, и он поставил по данному показателю 4 балла. Пористость у образца № 3 однородная, и в ходе дегустации она получила оценку «хорошо». По показателям «форма» и «эластичность» образец № 3 получил по 4,6 балла.



a b

Рисунок 2. Внешний вид образца № 3: *a* – вид сверху; *b* – вид в разрезе

Figure 2. An outer view of sample № 3: *a* – top view; *b* – cross section

Образец № 1 набрал меньшее количество баллов по сравнению с образцами № 2 и 3, – 32,2 балла (рисунок 3). Но несмотря на это ни по одному показателю, в отличие от образца № 3, он не получил балл ниже «4». Образец № 1 имел приятный вкус и аромат с легким привкусом и ароматом овсяной муки.



a *b*

Рисунок 3. Внешний вид образца № 1: *a* – вид сверху; *b* – вид в разрезе

Figure 3. An outer view of sample № 1: *a* – top view; *b* – cross section

По показателю «мякиш» три дегустатора из пяти поставили ему 4 балла, отметив, что он слегка влажный. Средний балл по показателю «пористость» составил 4,4 балла, что не ниже, чем у образцов № 2 и 3.

Вообще у всех образцов показатель «пористость» чуть ниже нормы, что связано с полной заменой пшеничной муки высшего сорта овсяной мукой, которая позволяет получить очень мелкую пористость.

За показатель «состояние корочки» три дегустатора из пяти поставили образцу № 1 оценку «хорошо», т. к. у него в процессе выпекания на поверхности образовалась трещина, не повлиявшая на другие показатели, но снизившая общую оценку.

В целом выпеченные образцы бисквитов с добавлением порошка плодов шиповника были довольно хорошего качества, и все дегустаторы отметили, что они «таят во рту».

Из физико-химических показателей качества в модельных образцах мучных кондитерских изделий (бисквитов) с использованием порошков плодов шиповника были определены массовая доля влаги, щелочность и пористость (таблица 3).

Таблица 3.

Результаты исследований физико-химических показателей качества мучных кондитерских изделий (бисквитов) с добавлением порошка плодов шиповника

Table 3.

The results of studies of physico-chemical indicators of the quality of flour used in confectionery products (biscuits) with the addition of rose hip powder

Показатель Indicator	Образец № 1 Sample 1	Образец № 2 Sample 2	Образец № 3 Sample3
Массовая доля влаги, % Moisture content, %	24,5	23,4	22,0
Щелочность, град. Alkalinity, scale	0,3	0,3	0,3
Пористость, % Porosity, %	61,0	61,2	61,5

Из полученных результатов исследования физико-химических показателей качества видно, что массовая доля влаги с увеличением доли вносимого порошка плодов шиповника уменьшается. Это можно объяснить тем, что содержание основного ингредиента – овсяной муки – уменьшается за счет ее замены порошком плодов шиповника. По своей природе овсяная мука содержит большое количество пищевых волокон [13, 14], которые обладают влагоудерживающей способностью, поэтому с уменьшением количества овсяной муки в изделиях уменьшается их влажность.

Щелочность у всех модельных образцов составляет 0,3 град.

Как видно из данных таблицы 3, вносимые ингредиенты на пористость не влияют, но, тем не менее, этот показатель ниже, чем у бисквитов, выпеченных из пшеничной муки высшего сорта (порядка 75–80%).

Проведенные исследования модельных образцов по установлению сроков годности позволили получить данные, представленные в таблице 4.

Таблица 4.

Изменение влажности исследуемых модельных образцов мучных кондитерских изделий (бисквитов) в процессе хранения в течение 5 сут

Table 4.

The change in humidity of the studied model samples of flour confectionery (biscuits) during storage for 5 days

Время хранения, сут. Storage time, days	Влажность, % Moisture content, %		
	Образец № 1 Sample 1	Образец № 2 Sample 2	Образец № 3 Sample 3
1	24,5	23,4	22,0
2	24,1	22,7	21,4
3	23,6	21,0	20,3
4	22,8	20,2	19,4
5	21,3	19,6	18,3

Как видно из представленных в таблице 4 данных, темпы и уровень снижения показателя влажности модельных образцов мучных кондитерских изделий (бисквитов) отличаются друг от друга незначительно. В целом процесс черствения протекает довольно медленно. Вероятнее всего, это связано с заменой пшеничной муки высшего сорта овсяной мукой, богатой пищевыми волокнами, обладающими влагоудерживающими свойствами.

Пищевые волокна, входящие в состав растительных ингредиентов, характеризуются различной способностью сорбировать воду. Присутствие первичных и вторичных гидроксильных (целлюлозы, гемицеллюлозы), фенольных (лигнина), карбоксильных (гемицеллюлозы, пектиновых веществ) групп обусловливает межмолекулярное взаимодействие (водородные связи), способность сорбировать воду и другие полярные молекулы и ионы [15, 16].

Влага поглощается пищевыми волокнами в результате сорбции, накапливаясь на их поверхности, а затем распределяясь по всему объему путем диффузии. Поэтому влагоудерживающая способность пищевых волокон определяется размером их частиц [17].

По полученным в ходе исследования результатам было выявлено, что на 5-е сут в процессе хранения на поверхности образцов появились очаги плесени. Поэтому для мучных кондитерских изделий (бисквитов) с использованием дикорастущего плодово-ягодного растительного сырья рекомендуемый срок годности составляет не более 96 ч (4 сут).

В целом выпеченные модельные образцы мучных кондитерских изделий (бисквитов) с использованием дикорастущего плодово-ягодного растительного сырья отвечают требованиям нормативной документации и могут быть рекомендованы для внедрения в массовое производство.

Заключение

В ходе проведенных исследований установлено, что:

– внесенные добавки овсяной муки и порошка плодов шиповника оказывают влияние на цвет и аромат готового продукта – он становится золотистого цвета и приобретает легкий аромат добавок;

– с увеличением количества порошка плодов шиповника массовая доля влаги уменьшается, а пористость меняется незначительно (на ±0,2%);

– оптимальная дозировка порошка плодов шиповника в рецептуре бисквитов составляет 10%;

– рекомендуемый срок годности разработанных модельных образцов бисквитов – 4 сут (96 ч).

ЛИТЕРАТУРА

1 Канарская З.А., Хузин Ф.К., Ивлева А.Р, Гематдинова В.М. Тенденции развития технологии кондитерских изделий // Вестник ВГУИТ. 2016. № 3. С. 195–204.

2 Schmitzer V., Veberic R., Slatnar A., Stampar F. Elderberry (Sambucus nigra L.) wine: a product rich in health promoting compounds // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2010. V. 58. P. 10143–10146. doi: 10.1021/jf102083s

3 Kaur C., Kapoor H.C. Antioxidants in fruits and vegetables – the millennium's health // International Journal of Food Science and Technology. 2001. V. 36. № 7. P. 703–725. doi: 10.1111/j.1365-2621.2001.00513.x

4 Galić A., Dragović-Uzelac V., Levaj B. et al. The polyphenols stability, enzyme activity and physico-chemical parameters during producing wild elderberry concentrated juice // Agriculturae Conspectus Scientificus. 2009. V. 74. № 3. P. 181–186. URL: http://hrcak.srce.hr/47371? lang=en

5 Górecka D., Pachołek B., Dziedzic K., Górecka M. Raspberry pomace as a potential fiber source for cookies enrichment // Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria. 2010. V. 9. P. 451–462. URL: http://www.food.actapol.net/pub/5_4_2010.pdf

6 Sharoba A.M., Farrag M.A., Abd E.-S. Utilization of some fruits and vegetables waste as a source of dietary fiber and its effect on the cake making and its quality attributes // J Agroaliment Proc Technol. 2013. V. 19. P. 429–444. URL: http://www.journal-of-agroalimentary.ro/admin/articole/97180L68_Vol_19(4)_2013_429–444.pdf

7 Pyanikova E.A., Kovaleva A.E. Sales Management Mechanism and Methodologies for Solving the Problems of Special-Purpose Product Management and Sales // Emerging Issues in the Global Economy: International Economics Conference in Sibiu (IECS). 2017. P. 333–340.

8 ГОСТ 5900–2014. Изделия кондитерские. Определение массовой доли влаги и сухих веществ. М.: Стандартинформ, 2015. 8 с.

9 ГОСТ 5669–96. Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости. М.: Стандартинформ, 1996. 2 с.

10 ГОСТ 5898–87. Изделия кондитерские. Методы определения кислотности и щелочности. М.: Стандартинформ, 1989. 9 с.

11 Сборник рецептур мучных кондитерских и булочных изделий для предприятий общественного питания. М.: Экономика, 1986. 295 с.

12 Resurreccion A.V.A. Consumer sensory testing for product development. Springer, Maryland, 1998.

13 Толстова Е.Г. Возможность обогащения кондитерских изделий пищевыми волокнами // Вестник НГИЭИ. 2012. № 6 (13). С. 83–91.

14 Ипатова Л.Г., Кочеткова А.А., Нечаев А.П., Тарасова В.В. и др. Пищевые волокна в продуктах питания // Пищевая промышленность. 2007. № 5. С. 8–10.

15 Мерман А.Д. Разработка и оценка качества мучных кондитерских изделий с растительными маслами. Кемерово, 2013. 22 с.

16 Овчинникова Е.В., Ковалева А.Е. Обоснование использования сухой питательной смеси для улучшения качественных характеристик хлебобулочных и мучных кондитерских изделий // Проблемы импортозамещения и безопасности регионального потребительского рынка: материалы форума. Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2017. С. 156–162.

17 MiaLady URL: http://mialady.ru/health/polza-vitamina-rr-1458299074

REFERENCES

1 Kanarskaya Z.A., Huzin F.K., Ivleva A.R, Gematdinova V.M. Trends in the development of confectionery technology. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2016. no. 3. pp. 195–204. (in Russian).

2 Schmitzer V., Veberic R., Slatnar A., Stampar F. Elderberry (Sambucus nigra L.) wine: a product rich in health promoting compounds. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2010. vol. 58. pp. 10143–10146. doi: 10.1021/jf102083s

3 Kaur C., Kapoor H.C. Antioxidants in fruits and vegetables – the millennium's health. International Journal of Food Science and Technology. 2001. vol. 36. no. 7. pp. 703–725. doi: 10.1111/j.1365-2621.2001.00513.x

4 Galić A., Dragović-Uzelac V., Levaj B. et al. The polyphenols stability, enzyme activity and physico-chemical parameters during producing wild elderberry concentrated juice. Agriculturae Conspectus Scientificus. 2009. vol. 74. no. 3. pp. 181–186. Available at: http://hrcak.srce.hr/47371? lang=en

5 Górecka D., Pachołek B., Dziedzic K., Górecka M. Raspberry pomace as a potential fiber source for cookies enrichment. Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria. 2010. vol. 9. pp. 451–462. Available at: http://www.food.actapol.net/pub/5_4_2010.pdf

6 Sharoba A.M., Farrag M.A., Abd E.-S. Utilization of some fruits and vegetables waste as a source of dietary fiber and its effect on the cake making and its quality attributes. J Agroaliment Proc Technol. 2013. vol. 19. pp. 429–444. Available at: http://www.journal-of-agroalimentary.ro/admin/articole/97180L68_Vol_19(4)_2013_429–444.pdf

7 Pyanikova E.A., Kovaleva A.E. Sales Management Mechanism and Methodologies for Solving the Problems of Special-Purpose Product Management and Sales. Emerging Issues in the Global Economy: International Economics Conference in Sibiu (IECS). 2017. pp. 333–340.

8 GOST 5900–2014. Izdeliya konditerskiye. Opredeleniye massovoy doli vlagi i sukhikh veshchestv [State Standard 5900–2014. Confectionery products. Determination of the mass fraction of moisture and dry matter]. Moscow, Standartinform, 2015. 8 p. (in Russian).

9 GOST 5669–96. Khlebobulochnyye izdeliya. Metod opredeleniya poristosti [State Standard 5669–96. Bakery products. Method of porosity determination]. Moscow, Standartinform, 1996. 2p. (in Russian).

10 GOST 5898–87. Izdeliya konditerskiye. Metody opredeleniya kislotnosti i shchelochnosti [State Standard 5898–87. Confectionery products. Methods for the determination of acidity and alkalinity]. Moscow, Standartinform, 1989. 9 p. (in Russian).

11 Sbornik retseptur muchnykh konditerskikh i bulochnykh izdeliy dlya predpriyatiy obshchestvennogo pitaniya [Collection of recipes of flour confectionery and bakery products for catering]. Moscow, Ekonomika, 1986. 295 p. (in Russian).

12 Resurreccion A.V.A. Consumer sensory testing for product development. Springer, Maryland, 1998.

13 Tolstova E.G. Possibility of enrichment of confectionery products with dietary fiber. *Vestnik NGIEI* [Herald NGIEI]. 2012. no. 6 (13). pp. 83–91. (in Russian).

14 Ipatova L.G., Kochetkova A.A., Nechaev A.P., Tarasova V.V. et al. Dietary fiber in food. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry]. 2007. no. 5. pp. 8–10. (in Russian).

15 Merman A.D. Razrabotka i otsenka kachestva muchnykh konditerskikh izdeliy s rastitel'nymi maslami [Development and quality assessment of flour confectionery products with vegetable oils]. Kemerovo, 2013. 22 p. (in Russian).

16 Ovchinnikova E.V., Kovaleva A.E. Justification of the use of dry nutrient mixture to improve the quality characteristics of bakery and flour confectionery products. *Problemy importozameshcheniya i bezopasnosti regional'nogo potrebitel'skogo rynka* [Problems of import substitution and security of the regional consumer market: forum materials]. Orel, Oryol State University named after I. S. Turgenev, 2017. pp. 156–162. (in Russian).

17 MiaLady. Available at: http://mialady.ru/health/polza-vitamina-rr-1458299074 (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Анна Е. Ковалева к.х.н., доцент, кафедра товароведения, технологии и экспертизы товаров, Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, Россия, a.e.kovaleva@yandex.ru

Эльвира А. Пьяникова к.т.н., доцент, зав. кафедрой, кафедра товароведения, технологии и экспертизы товаров, Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, Россия, alia1969@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 15.09.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 19.12.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Anna E. Kovaleva Cand. Sci. (Chem.), associate professor, commodity science, technology and examination of goods department, South-West state University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia, a.e.kovaleva@yandex.ru

Elvira A. Pyanikova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, head of department, commodity science, technology and examination of goods department, South-West state University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia, alia1969@yandex.ru

CONTRIBUTION

Authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 9.15.2018

ACCEPTED 12.19.2018

Оригинальная статья/Original article

УДК 55.550

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-263-268

Влияние металлических наночастиц на физиолого-биохимические показатели Пшеницы мягкой

Ирина А. Гавриш [1,2] gavrish.irina.ogu@gmail.com
Святослав В. Лебедев [1,2] lsv74@list.ru
Анастасия М. Короткова [1,2] anastasiaporv@mail.ru
Ольга В. Кван [1,2] kwan111@yandex.ru

[1] Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, пр. Победы, 13
[2] Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий российской академии наук, г. Оренбург, 9 Января, 29

Аннотация. Исследование было направлено на изучение комплекса ответных реакций растения Пшеницы мягкой (*Triticum vulgare* Vill) при внесении наночастиц Fe, Mo и SiO_2, а также совместно Fe и Mo в дозах 10, 25 и 50 мг/кг сухого веса почвы. Так, морфометрические параметры опытных образцов в целом превосходили контрольные образцы. В ходе оценке жизнеспособности растительных клеток нами было получено, что во всех опытных образцах значения жизнеспособности были не менее 90% для растений пшеницы, что позволяет нам утверждать, что применяемые нами концентрации наночастиц не оказывали токсического влияния на жизнеспособность корней. При оценке ферментативной антиоксидантной системы растений и степени перекисного окисления липидов нами было зафиксировано отсутствие окислительного стресса, при этом повышался защитный потенциал растений. Таким образом, проведенные нами исследования являются основой для изучения возможности использования наночастиц в сельском хозяйстве для интенсификации роста растений и повышения их урожайности.

Ключевые слова: наночастицы, Triticum vulgare, всхожесть, энергия прорастания

Effect of metal nanoparticles on physiological and biochemical parameters of soft Wheat

Irina A. Gavrish [1,2] gavrish.irina.ogu@gmail.com
Svyatoslav V. Lebedev [1,2] lsv74@list.ru
Anastasia M. Korotkova [1,2] anastasiaporv@mail.ru
Olga V. Kvan [1,2] kwan111@yandex.ru

[1] Orenburg state university, Orenburg, Pobedy sq., 13
[2] Federal scientific center of biological systems and technologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, 9 Janvarya, 29

Abstract. The study was aimed at studying the complex responses of Wheat plants (Triticum vulgare Vill) in the application of nanoparticles Fe, Mo and SiO_2, as well as together Fe and Mo at doses of 10, 25 and 50 mg/kg of dry soil weight. Thus, the morphometric parameters of the prototypes were generally superior to the control samples. In assessing the viability of plant cells, we found that in all experimental samples the viability values were not less than 90% for wheat plants, which allows us to assert that the concentrations of nanoparticles used by us did not have a toxic effect on the viability of the roots. When assessing the enzymatic antioxidant system of plants and the degree of lipid peroxidation, we recorded the absence of oxidative stress, while increasing the protective potential of plants. Thus, our research is the basis for studying the possibility of using nanoparticles in agriculture to intensify plant growth and increase their productivity.

Keywords: nanoparticles, Triticum vulgare, germination, germination energy

Введение

Наночастицы в последние десятилетия – одни из самых пристально изучаемых объектов во всех областях науки. Во-многом это обусловлено тем, что они обладают совершенно уникальными физико-химическими характеристиками, а именно:

– увеличение химического потенциала веществ на межфазной границе высокой кривизны, способствующей изменению их растворимости, реакционной способности наночастиц и их составляющих;

– высокая удельная поверхность наноматериалов, что повышает их адсорбционную и химическую реакционную способность и каталитические свойства;

– малые размеры (до 100 нм в одном из измерений) и разнообразие форм наночастиц способствуют их связыванию с нуклеиновыми кислотами, белками, внедрением в клеточные мембраны и проникновению в клетки;

– наночастицы являются высокоэффективными адсорбентами, за счет того, что на единицу своей массы поглощают в десятки раз больше адсорбируемых веществ, чем макроскопические дисперсии;

– из-за малого размера наночастицы не распознаются защитными системами организма, не подвергаются биотрансформации

Для цитирования

Гавриш И.А., Лебедев С.В., Короткова А.М., Кван О.В. Влияние металлических наночастиц на физиолого-биохимические показатели Пшеницы мягкой // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 263–268. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-263-268

For citation

Gavrish I.A., Lebedev S.V., Korotkova A.M., Kvan O.V. Effect of metal nanoparticles on physiological and biochemical parameters of soft Wheat. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 263–268. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-263-268

и длительное время способны накапливаться в организме.

Чаще всего наноматериалы классифицируют по природе нанофазы на: углеродные (фуллерены, нанотрубки); полимерные – нанокомпозиты и древовидные (дендритные) структуры на полимерной основе; органические и неорганические нанопленки; металлические (НЧ, нанопорошки, нанокристаллы, нанопленки металлов, их соединений и сплавов); на керамической основе (нанокомпозиты).

Следует отметить, что почва в будущем будет основным поглотителем наночастиц, попадающих в окружающую среду, поэтому положительные и отрицательные последствия для почвенных биоценозов необходимо изучать более подробно. Биотестирование наноматериалов приобретает все большее значение и включает разнообразные биологические модели: бактерии (*Photobacterium phosphoreum*), растения (*Lemna minor, Lipidium sativum*), простейшие (*Tetrahimena pyriformis, Paramecium putrinum*) и др. Как только наночастицы выделяются в окружающую среду, то подвергаются возможным взаимодействиям с вышеуказанными компонентами агроэкосистемы. Поэтому исследователи прилагают все усилия для понимания и анализа масштабов этих основных взаимодействий, чтобы получить функциональные знания о токсичности и вероятном воздействии высвобожденных наночастиц на окружающую среду и сельское хозяйство. Более того, такие исследования будут способствовать определению допустимого уровня наночастиц в допустимых пределах безопасности.

Цель работы – проведение комплекса исследований, направленных на оценку действия перспективных наночастиц на физиолого-биохимические показатели растений.

Материалы и методы

В исследованиях использовали препараты коммерчески доступных наночастиц (НЧ) Fe, Mo и SiO_2.

НЧ Fe были получены от ООО «Передовые порошковые технологии» (Россия) и представляли собой частицы в порошке размером 50–110 нм сферической формы. НЧ Mo были получены от «Plasmotherm» (Россия) и представляли собой наночастицы размером 40–120 нм сферической формы. НЧ SiO_2 были получены от «Plasmotherm» (Россия) и представляли собой наночастицы размером 15–25 нм сферической формы.

Исходные суспезии НЧ были приготовлены методом, предложенным Scott-Fordsmand et. al., с добавлением испытуемого металла (сухой порошок) в исследуемых концентрациях в деионизированную воду (10 мл) с последующим диспергированием на ультразвуковом диспергаторе (УЗДН, f-35 кГц, N-300 Вт, Россия) в течение 30 мин. В нашем исследовании были использованы следующие концентрации: 10; 25 и 50 мг/кг сухой почвы, что было обусловлено результатами ранее проведенных исследований. Далее приготовленные лиозоли НЧ для каждой повторности и концентрации были смешаны с влажной искусственной почвой (влажность 45–50%), затем доведены дистилированной водой до влажности 75–80% и перемешаны с помощью миксера.

В исследовании были использованы следующие дозы и комбинации наночастиц: НЧ Fe, Mo и SiO_2 в концентрации 10; 25 и 50 мг/кг сухой почвы (обозначенные как НЧ 10, НЧ 25 и НЧ 50), а также комбинация НЧ Fe и Mo в концентрации по 10; 25 и 50 мкг каждого вещества (обозначенные как Fe+Mo10, Fe+Mo 25, Fe+Mo50).

В качестве объекта исследования нами были выбраны семена озимой пшеницы *Triticum vulgare* Vill (сорт henry). Перед началом опыта семена дезинфицировали в 0,01%-ном растворе $KMnO_4$ в течение 10 мин, после чего трижды промывали дистиллированной водой каждые 5 мин.

Растения пшеницы озимой высаживали по 15 семян в вазон 15×10×15 см, в который помещали 350 г сухой почвы. Вазоны помещали в климатическую камеру при t=22±2 °С и влажности не более 50% для предотвращения развития грибковых заболеваний.

Почву для исследования отбирали в 40 км от Оренбурга в южном направлении (Оренбургская область, Россия, 51° 28'55.3" № 55° 03'49.9 "E). Почва имела pH 7,7, содержала 3,9% органического C и 0,24% N. Почвы были представлены текстурно-карбонатным черноземом. Отбор почвы проводили из верхнего гумусового горизонта 0,1–30,0 см, затем почву сушили, включения удаляли и перемешивали, тщательно измельчали и просеивали через сетку размером 2 мм.

На 3-и сут оценивали энергию прорастания семян по стандартной методике (ГОСТ 12038–84). На 7-й день подсчитывали все взошедшие семена и определяли процент всхожести. Далее с помощью линейки (с точностью до 1 мм) измеряли показатели роста 10 проростков – длину первого листа (от основания до апекса листа) и главного корня (от корневой шейки до кончика главного корня) и их количество. Затем из каждого образца отбирали среднюю пробу (по 5 растений), трижды промывали дистиллированной водой, подсушивали фильтровальной

бумагой и проводили измерения, соответствующие задачам эксперимента. Также определяли массу листьев и корней.

Определение каталазы (КАТ) проводилось по методу Maehly и Chance, основанному на взаимодействии перекиси водорода с йодистым калием в соотношении 1:1. Для анализа брали точную навеску из 0,1 г листьев и корней растений и растирали в ступке с прокаленным песком и небольшим количеством $CaCO_3$. Затем добавляли 10 мл 3%-ного H_2O_2 и 10 мл 3%-ного йодистого калия в 50% ацетоне. Смесь фильтровали, центрифугировали и фотоколориметрировали на ФЭК-56 М (Россия) при 435–445 нм в кювете 10 мм. Активность каталазы определяли по формуле

$$A=ОП: 0,02,$$

где А – активность каталазы в пробе; ОП – оптическая плотность исследуемой пробы; 0,02 – коэффициент перевода в условные единицы активности (Е).

Количество продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) в растворимой фракции гомогената и непосредственно в тканях определяли по содержанию малонового диальдегида (МДА) согласно Heath и Packer. В основе метода лежит реакция взаимодействия МДА с 2-тиобарбитуровой кислотой (ТБК) («Ленреактив», Россия), которая при высокой температуре и кислом значении pH – в присутствии трихлоруксусной кислоты (ТХУ) («Реахим», Россия) образует окрашенный триметиновый комплекс. Этот комплекс имеет характерный спектр поглощения с максимумом при λ=532 нм. Следует учесть то, что часть ТБК-продуктов образуется в анализируемой пробе в ходе самой аналитической процедуры.

Для анализа брали 100 мг листьев и корней растений и растирали с 200 мкл 20%-ной ТХУ. Полученный гомогенат центрифугировали в течение 5 мин при 12000 g. Полученный супернатант в количестве 100 мкл вносили в две плотно закрывающиеся пробирки: в одну добавляли 100 мкл 20%-ной ТХУ, используя ее в качестве контроля, в другую – 100 мкл 0,5%-ной ТБК. Пробы инкубировали на кипящей водяной бане (100 °С) в течение 30 мин и охлаждали при комнатной температуре. Измерения проводили на спектрофотометре при 532 нм и дополнительно при 600 нм (для корректировки неспецифического поглощения карбонильных соединений). Результаты рассчитывали по формуле

$$C = ((ОП/155)\cdot X\cdot V)/(m\cdot l),$$

где С – количество МДА, ммоль/г сырого веса; ОП – оптическая плотность образца при 532 нм; 155 – коэффициент экстинкции МДА при 532 нм, $мМ^{-1}$ см -1; X – разведение (отношение общего объёма реакционной смеси к количеству вносимого образца экстракта); V – объём вытяжки, мл; m – масса сырой навески, г; l – длина оптического пути, см.

Уровень перекисного окисления липидов выражали в процентах, за 100% принимали количество ТБК прореагировавших продуктов, содержащихся в клетках исходных корней.

Для оценки гибели клеток использовали Эванс синий, являющийся надёжным красителем для определения мёртвых клеток с поврежденной клеточной мембраной. Проводили микроскопию апикальной и базальной частей корней растений. Для этого корни отрезали от стеблей и помещали в краситель на 15 мин при комнатной температуре, после чего их отмывали дистиллированной водой по 10 мин и разделяли на сегменты – апикальный (0–1 см от апекса) и базальный участок корня (размером 5 мм). Микропрепараты визуализировали в световом режиме микроскопа (Микромед-3, Россия) и подсчитывали число живых клеток по количеству неокрашенных клеток.

Лабораторные опыты проводили в 3 кратной биологической повторности, аналитическое определение для каждой пробы – в трех повторностях. При определении достоверности различий между анализируемыми выборками вычисляли средние арифметические значения и их стандартные ошибки. Достоверными считали различия при вероятности ошибки $P\leq0,05$. Полученные результаты обрабатывали с использованием компьютерных программ «Statistica for Windows 10,0» и «Microsoft Office Excel 2010».

Результаты и обсуждение

В эксперименте на 3-и сут мы оценивали энергию прорастания (таблица 1). Было показано, что наилучшие показатели были зафиксированы в контрольном варианте опыта и при внесении НЧ $SiO_2$10 (соответственно 90 и 93%). В вариантах опыта с Fe25 и Fe50 энергия прорастания составила 80 и 83%. Во всех остальных вариантах опыта энергия прорастания была менее 80%. На 7-е сут при оценке показателей всхожести было зафиксировано, что варианты опыта с внесением Fe25 (90%) и $SiO_2$10 (93%) были выше контроля, всхожесть в котором составила 83%. Достоверно ниже контрольных значения были зафиксированы у НЧ Mo во всех концентрациях, НЧ Fe10 и НЧ Fe50.

Превышение всхожести опытных образцов над контрольными может быть связано с тем, что НЧ способны улучшать всхожесть, так как обладают свойством накапливаться в органах растений и действовать как активаторы роста.

НЧ, как известно, могут отдавать ионы во внешнюю среду, что может служить механизмом вышеописанного явления.

При исследовании морфометрических параметров (таблица 2) для пшеницы озимой было зафиксировано, что длина листа была достоверно выше контроля для вариантов опыта с НЧ Mo25 и Mo50, НЧ Fe10, НЧ $SiO_2$10 и НЧ $SiO_2$25.

Таблица 1.

Показатели энергии прорастания и всхожести для *T. vulgare*

Table 1.

Germination and germination energy indices for *T. vulgare*

	Энергия прорастания, % | Germination energy, %	Всхожесть, % | Germination, %
Контроль | control	90±3	83±3
Mo10	40±5*	73±5*
Mo25	50±5*	70±5*
Mo50	50±10*	73±4*
Fe 10	67±8*	63±3*
Fe 25	80±5*	90±2*
Fe 50	83±5	70±3*
SiO_2 10	93±3	93±5*
SiO_2 25	63±7*	83±4
SiO_2 50	60±5*	80±4
Fe+Mo 10	30±5*	85±5
Fe+Mo 25	53±5*	95±3*
Fe+Mo 50	53±5*	80±2

В то же время все варианты опыта с сочетанием наночастиц показали наибольшую длину листа по сравнению с контролем, что говорит о положительном влиянии данных веществ на рост и развитие растений. На длину корня положительное влияние оказывали НЧ Fe10 и Fe50, $SiO_2$10 и $SiO_2$25, а также все варианты опыта с сочетанием наночастиц железа и молибдена. По количеству листьев положительное влияние показали варианты опыта с сочетанием наночастиц железа и молибдена во всех исследуемых концентрациях. Масса листьев увеличивалась при добавлении Mo25 и Fe10, Fe25, $SiO_2$50, а также с сочетанием наночастиц железа и молибдена во всех исследуемых концентрация, что совпадает с увеличением показателей массы корней.

Таблица 2.

Морфологические показатели растений при внесении наночастиц

Table 2.

Morphological parameters of plants when applying nanoparticles

	Длина листа, см Leaf length, cm	Длина корня, см Root length, cm	Количество листьев, шт. Number of leaves, pieces	Количество корней, шт. Number of roots, pieces	Масса листьев, г Leaf mass, g	Масса корней, г Root mass, g
Контроль Control	13,9±1,1	14,01±0,5	2,2±0,2	3,5±0,5	0,047±0,004	0,045±0,002
Mo10	13,77±0,9	16,67±0,7	2,2±0,2	3,8±0,2	0,054±0,004	0,019±0,001*
Mo25	20,54±1,4*	14,24±0,5	2,6±0,4	3,8±0,2	0,139±0,011*	0,060±0,003*
Mo50	19,36±1,5*	15,68±0,8	2,2±0,2	4,3±0,3	0,060±0,005	0,051±0,002
Fe10	16,82±0,8*	18,44±0,7*	2,15±0,15	3,4±0,4	0,130±0,010*	0,131±0,010*
Fe25	15,13±1,2	15,12±0,3	2,1±0,1	4,05±0,1	0,110±0,011*	0,100±0,010*
Fe50	15,39±0,7	10,57±0,2*	1,9±0,1	4±0,5	0,075±0,006	0,029±0,001
$SiO_2$10	22,86±1,9*	24,74±1,2*	2,5±0,5	3,7±0,3	0,164±0,020*	0,163±0,011*
$SiO_2$25	19,24±1,3*	14,74±0,4	3,1±0,1*	3,7±0,3	0,041±0,003	0,084±0,003*
$SiO_2$50	15,04±0,5	13,95±0,2	2,4±0,4	3,9±0,1	0,101±0,010*	0,030±0,002
Fe+Mo10	26,21±1,8*	26,89±1,5*	3±0,2*	4,6±0,4	0,180±0,012*	0,171±0,011*
Fe+Mo25	26,41±1,3*	22,54±0,1*	3±0,2*	4,2±0,2	0,185±0,011*	0,183±0,010*
Fe+Mo50	22,77±1,1*	22,22±1,0*	3±0,2*	5±1	0,192±0,014*	0,178±0,012*

При изучении параметров антиоксидантной системы растений (таблица 3) было выявлено, что активность каталазы выше контроля во всех вариантах опыта, кроме Mo10 и Fe10. Содержание малонового диальдегида во всех опытных группах не превышал контрольных значений. Это позволило высказать предположение о том, что наночастицы увеличивают антиоксидантную активность растений, но при этом не увеличивают содержание малонового диальдегида в растениях, что является предпосылками для использования последних в растениеводстве.

Таблица 3.
Показатели активности каталазы и содержания малонового диальдегида

Table 3.
Indicators of catalase activity and malondialdehyde content

	Каталаза Catalase	МДА MDA
Контроль Control	20,69±0,91	0,0028±0,0001
Mo10	23,54±1,20	0,0011±0,0010
Mo25	34,29±2,11*	0,0008±0,0002*
Mo50	39,43±2,45*	0,0002±0,0001*
Fe10	21,95±1,54	0,0011±0,0001
Fe25	68,49±4,32*	0,0010±0,0002*
Fe50	75,02±5,78*	0,0004±0,0002*
$SiO_2$10	64,31±3,12*	0,0013±0,0001
$SiO_2$25	85,03±4,89*	0,0017±0,0002
$SiO_2$50	75,31±6,54*	0,0011±0,0001
Fe+Mo10	71,27±4,81*	0,0001±0,00001*
Fe+Mo25	117,95±6,57*	0,0002±0,00002*
Fe+Mo50	145,56±7,98*	0,0003±0,0001*

Таблица 4.
Анализ жизнеспособности корней растений

Table 4.
Analysis of viability of plant roots

	Жизнеспособность в тесте с Эвансом голубым Vitality in the test with Evans Blue
Контроль Control	97±3
Mo10	95±2
Mo25	96±4
Mo50	92±2
Fe10	95±4
Fe25	97±3
Fe50	94±3
$SiO_2$10	96±2
$SiO_2$25	95±4
$SiO_2$50	95±3
Fe+Mo10	93±2
Fe+Mo25	96±3
Fe+Mo50	97±3

Для подтверждения показателей морфо-физиологических тестов, проведенных выше, был проведен анализ жизнеспособности корней растений (таблица 4). Показано, что во всех опытных образцах значения жизнеспособности не были менее 90% для пшеницы. Это позволяет утверждать, что применяемые концентрации наночастиц не оказывали токсического влияния на жизнеспособность корней.

Заключение

На основании проведенных нами исследований, можно сделать следующие выводы:

– при оценке жизнеспособности растительных клеток нами было получено, что во всех опытных образцах значения жизнеспособности были не менее 90% для растений пшеницы. Это позволяет утверждать, что применяемые концентрации наночастиц не оказывали токсического влияния на жизнеспособность корней;

– при оценке ферментативной антиоксидантной системы растений и степени перекисного окисления липидов было зафиксировано отсутствие окислительного стресса, при этом повышался защитный потенциал растений.

В научной литературе существует мнение, что воздействие ростовых стимуляторов на растительные клетки, в качестве которых могут выступать и наночастицы, что и было показано в нашей работе на примере НЧ Mo+Fe25, Fe25 и $SiO_2$10, состоит в том, что все эти вещества влияют на коллоидно-химические свойства протоплазмы (проницаемость, вязкость) и усиливают поступление воды и растворенных веществ в клетки растения. Также ученые отмечают, что в отличие от солей-микроэлементов наночастицы биологически активных металлов менее токсичны и имеют пролонгированное действие.

Полученные результаты морфо-физиологических и биохимических исследований показали наличие положительного действия наночастиц Fe, Mo и SiO_2, а также совместного внесения наночастиц Fe и Mo, что ставит их в разряд веществ, которые могут быть использованы в сельском хозяйстве, в частности в растениеводстве, как удобрения, повышающие урожайность сельскохозяйственных культур.

ЛИТЕРАТУРА

1 Cherukuri P., Gannon C.J., Leeuw T.K., Schmidt H.K. Mammalian pharmacokinetics of carbon nanotubes using intrinsic near-infrared fluorescence // PNAS. 2006. № 50. P. 18882–18886.

2 Минько Н.И., Строкова В. В., Нарцев В.М., Жерновский И.В. Методы получения и свойства нанообъектов: учебное пособие. М.: ФЛИНТА: Наука, 2009. 168 с.

3 Abdel-Megeed A. Controlling of Pseudomonas syringae by nanoparticles produced by Streptomyces bikiniensis // Journal of Pure and Applied Microbiology. 2013. № 2. P. 1121–1129.

4 Scott-Fordsmand J.J., Krogh P.H., Schaefer M., Johansen A. The toxicity testing of double-walled nanotubes-contaminated food to Eisenia veneta earthworms // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2008. V. 71. № 3. P. 616–619.

5 Maehly A.C., Chance B. Methods of biochemical analysis. New York: Interscience,1954. 454 p.

6 Aeby H. Catalase in vitro // Methods Enzymology. 1984. V. 105. P. 121–226.

7 Heath R., Packer L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation // Archives of biochemistry and biophysics. 1968. V. 125. № 1. P. 189–198.

8 Esterbauer H., Schaur R.J., Zollner H. Chemistry and biochemistry of 4-hydroxynonenal, malonaldehyde and related aldehydes // Free radical Biology and medicine. 1991. V. 11. № 1. P. 81–128.

9 Castro-Concha L.A., Escobedo R.M., de Miranda-Ham M.L. Measurement of cell viability in vitro cultures // Plant Cell Culture Protocols. 2006. P. 71–76. doi: 10.1385/1-59259-959-1:071

10 Хартманн Х.Т., Кестер Д.Е. Размножение растений. М.: Центр-полиграф, 2002. 169 с.

11 Гончар Е., Щербаков А., Лопатько К., Гончар Л. и др. Повышение эффективности микробно-растительного симбиоза путем создания композиционных биопрепаратов с использованием наночастиц биогенных металлов // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 12. С. 30–34.

REFERENCES

1 Cherukuri P., Gannon C.J., Leeuw T.K., Schmidt H.K. Mammalian pharmacokinetics of carbon nanotubes using intrinsic near-infrared fluorescence. PNAS. 2006. no. 50. pp. 18882–18886.

2 Minko N.I., Strokova V.V., Nartsev V.M., Zhernovsky I.V. Metody polucheniya i svoystva nanoob"yektov [Methods for obtaining and properties of nanoobjects: a tutorial]. Moscow, FLINTA, Nauka, 2009. 168 p. (in Russian).

3 Abdel-Megeed A. Controlling of Pseudomonas syringae by nanoparticles produced by Streptomyces bikiniensis. Journal of Pure and Applied Microbiology. 2013. no. 2. pp. 1121–1129.

4 Scott-Fordsmand J.J., Krogh P.H., Schaefer M., Johansen A. The toxicity testing of double-walled nanotubes-contaminated food to Eisenia veneta earthworms. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2008. vol. 71. no. 3. pp. 616–619.

5 Maehly A.C., Chance B. Methods of biochemical analysis. New York, Interscience,1954. 454 p.

6 Aeby H. Catalase in vitro. Methods Enzymology. 1984. vol. 105. pp. 121–226.

7 Heath R., Packer L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archives of biochemistry and biophysics. 1968. vol. 125. no. 1. pp. 189–198.

8 Esterbauer H., Schaur R.J., Zollner H. Chemistry and biochemistry of 4 hydroxynonenal, malonaldehyde and related aldehydes. Free radical Biology and medicine. 1991. vol. 11. no. 1. pp. 81–128.

9 Castro-Concha L.A., Escobedo R.M., de Miranda-Ham M.L. Measurement of cell viability in vitro cultures. Plant Cell Culture Protocols. 2006. P. 71–76. doi: 10.1385/1-59259-959-1:071

10 Hartmann H.T., Kester D.E. Razmnozheniye rasteniy [Plant reproduction]. Moscow, Tsentr-poligraf, 2002. 169 p. (in Russian).

11 Gonchar E., Shcherbakov A., Lopatko K., Gonchar L., et al. Increasing the efficiency of microbial-plant symbiosis by creating composite biologics using nanoparticles of biogenic metals. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the AIC]. 2013. no. 12. pp. 30–34. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ирина А. Гавриш аспирант, кафедра биохимии и микробиологии, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, пр. Победы, 13, gavrish.irina.ogu@gmail.com

Святослав В. Лебедев д.б.н., кафедра биотехнологии животного сырья и аквакультуры, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, пр. Победы, 13lsv74@list.ru

Анастасия М. Короткова к.б.н., экспериментально-биологическая клиника (виварий), н.с. лаборатории минерального питания Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий российской академии наук , г. Оренбург, 9 Января, 29, anastasiaporv@mail.ru

Ольга В. Кван научный сотрудник, институт биоэлементологии, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, пр. Победы, 13, kwan111@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 12.12.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 11.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Irina A. Gavrish postgraduate student, department of biochemistry and microbiology, Orenburg state university, Orenburg, Pobedy sq., 13, gavrish.irina.ogu@gmail.com

Svyatoslav V. Lebedev Doct. Sci. (Biol.), department of Animal Biotechnology and Aquaculture, Orenburg state university, Orenburg, Pobedy sq., 13 lsv74@list.ru

Anastasia M. Korotkova Cand. Sci. (Biol.), experimental-biological clinic (vivarium), Federal Scientific Center of Biological systems and agro-technologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, 9 January, 29, anastasiaporv@mail.ru

Olga V. Kvan researcher, institute biojelementology, Orenburg state university, Orenburg, Pobedy sq., 13, kwan111@yandex.ru

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 12.12.2018

ACCEPTED 2.11.2019

Химическая технология

Оригинальная статья/Original article
УДК 640
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-269-275

Оценка сорбционных свойств сорбента на основе диоксида кремния

Евгения С. Шенцова [1] evgeniya-shencova@yandex.ru
Лариса И. Лыткина [1] larissaig2410@rambler.ru
Игорь А. Саранов [1] mr.saranov@mail.ru
Константин К. Полянский [2] tovar201@list.ru

[1] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия
[2] Воронежский филиал РЭУ им. Г.В. Плеханова, ул. Карла Маркса, 67а, г. Воронеж, 394030, Россия

Аннотация. Для решения вопросов повышения безопасности пищевой продукции используют эффективные сорбенты. Экономическая целесообразность очистки повышается при использовании в качестве сорбентов отходы пищевых производств. С помощью современных методов были изучены состав и свойства сорбента АДК полученного из рисовой шелухи. Сорбент является разновидностью пирогенного кремнезёма. С помощью современных методов оценки качества веществ были изучены химический состав и морфологические особенности поверхности сорбента. Кроме того, исследована статическая обменная ёмкость для различных загрязнителей. Установлено, что АДК хорошо задерживает неорганические соединения, в состав которых входили железо, марганец и алюминий. Десорбция химических соединений из использованного сорбента не оказывает существенного влияния на содержание тяжелых металлов в воде. Это свидетельствует о прочности сорбционных связей. Для установления характера связи влаги в сорбенте с определением температурных интервалов, при которых происходит дегидратация проведен синхронный термический анализ, позволивший определить температурные зоны, которые соответствуют удалению влаги, влагоудалению с разной энергией связи, а также прогнозировать режимные параметры процесса влагоудаления и выбрать наиболее эффективный способ их дегидратации. Работа использованного прибора основана на непрерывной регистрации зависимости изменения массы материала от времени или температуры при его нагревании в соответствии с выбранной температурной программой в заданной газовой атмосфере. Одновременно регистрировалось выделение или поглощение тепла образцом, обусловленное фазовыми переходами или химическими реакциями. Исследования проводили при следующих режимах: давление – атмосферное, максимальная температура 600 К, скорость изменения температуры 5 °С/мин. Опыты проводились в алюминиевых тиглях с общей массой навески 10 мг. Проведенный анализ позволил выделить периоды дегидратации воды при термическом воздействии на АДК, а также выявить температурные зоны, которые соответствуют высвобождению влаги с различной формой и энергией связи.

Ключевые слова: сорбент, диоксид кремния, тяжелые металлы, влага, термический анализ

Assessment of sorption properties of sorbent based on silicon dioxide

Evgenia S. Shentsova [1] evgeniya-shencova@yandex.ru
Larisa I. Lytkina [1] larissaig2410@rambler.ru
Igor A. Saranov [1] mr.saranov@mail.ru
Konstantin K. Polyansky [2] tovar201@list.ru

[1] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia
[2] Russian Economic University named after G.V. Plekhanova, Karl Marx st., 67a Voronezh, 394030, Russia

Abstract. Effective sorbents are used to address the issues of improving food safety. The economic feasibility of cleaning increases when using food production wastes as sorbents. With the help of modern methods were studied the composition and properties of the sorbent ADC obtained from rice husk. Sorbent is a type of pyrogenic silica. With the help of modern methods for assessing the quality of substances, the chemical composition and morphological features of the surface of the sorbent were studied. In addition, the static exchange capacity for various pollutants was investigated. It is established that the ADC well detains inorganic compounds, which included iron, manganese and aluminum. Desorption of chemical compounds from the used sorbent does not have a significant effect on the content of heavy metals in water. This indicates the strength of sorption bonds. To establish the nature of the moisture in the sorbent with the determination of temperature intervals at which dehydration occurs, a simultaneous thermal analysis was carried out, which allowed determining the temperature zones that correspond to moisture removal, moisture removal with different binding energy, and predict the mode parameters of the moisture removal process and select the most effective way to remove them. dehydration. The operation of the device used is based on the continuous recording of the dependence of the change in mass of the material on time or temperature when it is heated in accordance with the selected temperature program in a given gas atmosphere. At the same time, the release or absorption of heat by the sample due to phase transitions or chemical reactions was recorded. Investigations were carried out under the following conditions: pressure — atmospheric, maximum temperature 600 K, rate of change of temperature 5 °C/min. The experiments were carried out in aluminum crucibles with a total weight of 10 mg. The analysis made it possible to identify periods of dehydration of water during thermal effects on the ADC, as well as to identify temperature zones that correspond to the release of moisture with different shapes and binding energy.

Keywords: sorbent, silicon dioxide, heavy metals, moisture, thermal analysis

Для цитирования
Шенцова Е.С., Лыткина Л.И., Саранов И.А., Полянский К.К. Оценка сорбционных свойств сорбента на основе диоксида кремния // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 269–275. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-269-275

For citation
Shentsova E.S., Lytkina L.I., Saranov I.A., Polyansky K.K. Assessment of sorption properties of sorbent based on silicon dioxide. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 269–275. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-269-275

Введение

Одним из перспективных способов очистки, используемых в пищевой промышленности, является сорбция. Для решения вопросов повышения безопасности продукции в настоящее время на рынке предлагаются эффективные сорбенты. Экономическая целесообразность сорбционной очистки повышается при использовании в этом качестве дешевых материалов, в том числе отходов пищевого производства.

Их можно использовать при технологической обработке, а также для выведения вредных веществ из организма человека. Таким продуктом является аморфный диоксид кремния (АДК), содержащий хелаты кремния. АДК – разновидность пирогенного кремнезёма, полученного из рисовой шелухи. Некоторые показатели качества сорбента АДК представлены в таблице 1. Влажность в продукте не превышает 1,5%. Массовая доля двуокиси кремния (SiO_2) в пересчете на прокаленное вещество составляет не менее 99,5%.

Таблица 1.

Показатели качества сорбента АДК

Table 1.

The quality indicators of the sorbent ADC

Показатель | Indicator	Характеристики | Characteristics
Внешний вид | Appearance	Частицы белого или кремового цвета Particles of white or cream color
Насыпная плотность, г/ л | Bulk density, g/ l: неуплотненного АДК | not compacted ADC уплотненного АДК | compacted ADC	120–150 180–230
Массовая доля влаги, не более, % | Mass fraction of moisture, not more than, %	1,5
pH водной вытяжки | pH of water extract	5,8–8,5
Массовая доля двуокиси кремния (SiO_2) в пересчете на прокаленное вещество, не менее, % | Mass fraction of silicon dioxide (SiO_2) in terms of calcined substance, not less than, %	99,5
Массовая доля железа, не более, % | Mass fraction of iron, not more than, %	0,05
Массовая доля окиси алюминия (Al_2O_3), не более, % | Mass fraction of aluminum oxide (AL_2O_3), not more than, %	0,05
Массовая доля окиси кальция (CaO), не более, % | Mass fraction of calcium oxide (Cao), not more than, %	0,03
Массовая доля калия (K), не более, % | Mass fraction of potassium (K), not more than, %	0,30
Массовая доля натрия (Na), не более, % | Mass fraction of sodium (Na), max, %	0,005
Массовая доля хлора (Cl), не более, % | Mass fraction of chlorine (Cl), not more than, %	0,30

В ходе предварительных исследований с помощью современных методов оценки качества веществ были изучены химический состав и морфологические особенности поверхности сорбента. Кроме того, исследована статическая обменная емкость для различных загрязнителей.

Была изучена эффективность аморфного диоксида кремния АДК при очистке воды от солей металлов. Через колонки с сорбентом пропускали раствор солей металлов объёмом 1 л. Концентрация солей железа, марганца, алюминия в исходном растворе составляла 5 ПДК при расчёте по железу, марганцу, алюминию. После прохождения раствора через колонку с сорбентом оценивали остаточное количество неорганических соединений в растворе. Анализ образца водной вытяжки из сорбента осуществляли с помощью метода индуктивно связанной плазмы с масс-спектрометрическим окончанием. С целью активации пробы воды подкисляли азотной кислотой до pH = 1 и выдерживали перед анализом 10 ч .

Установлено, что сорбент АДК хорошо задерживает неорганические соединения, в состав которых входили железо, марганец и алюминий. Содержание металлов в растворе в ходе опыта уменьшилось соответственно в 54, 50 и 32 раза в сравнении с исходным содержанием (таблица 2).

Таблица 2.

Содержание солей некоторых металлов в воде до и после пропуска через колонку с аморфным диоксидом кремния

Table 2.

The content of salts of some metals in water before and after passing through a column with amorphous silica

Соли металла Salts	Содержание, мг/л | Content, mg/l		ПДК в воде, мг/л The max perm. conc. in water, mg/l
	Исходный раствор Initial solution	Опытный раствор Experiment solution	
Al	1,900	0,060	0,500
Mn	0,700	0,014	0,100
Fe	1,800	0,033	0,300

Анализ процессов десорбции в АДК необходим при его использовании в условиях длительной выдержки, что характерно для современных пищевых технологий. Для проверки возможной десорбции химических соединений из использованного сорбента проведен опыт, при котором изучалось изменение содержания тяжелых металлов в воде после выдержки в ней ранее использованного для очистки АДК с определенным содержанием данных загрязнителей. Результаты анализа образцов воды исходной (контроль) и после выдержки в ней использованного в ходе очистки сорбента свидетельствовали о протекании двух противоположных процессов: сорбции определенных ионов из воды и вымывании в воду некоторых металлов (таблица 3).

Таблица 3.

Содержание тяжелых металлов в водной вытяжке из сорбента АДК через 1 сутки выдержки

Table 3.

The content of heavy metals in the aqueous extract of the adsorbent ADC after 1 day of exposure

Металл Metal	Контроль, (мг/л) Control, (mg / l)	Водная вытяжка из сорбента (мг/л) Water extraction from the sorbent (mg/l)	ПДК в воде (мг/л) по [14] The max perm. conc. in water, mg/l
Cd	0,0006	0,0008	0,0010
Hg	0,0003	0,0004	0,0005
Pb	0,0220	0,0250	0,0300

Результаты, представленные в таблице 3, свидетельствуют о том, что превышение норм для питьевой воды по содержанию тяжелых металлов после выдержки не установлено. Концентрация тяжелых металлов соответствовала требованиям СанПиН 2.1.4.1074–01 и ГОСТ Р 51232–98 «Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества». Таким образом, десорбция не оказывала существенного влияния на содержание тяжелых металлов в воде.

Вопросы утилизации сорбента важны в условиях переработки отходов в технологиях очистки. Для более эффективного ведения такого процесса необходимо знать характер связи влаги в сорбенте с определением температурных интервалов, при которых происходит дегидратация. Для этого применили метод синхронного термического анализа, который позволяет выявить данные о механизме влагоудаления, установить температурные интервалы, а также количество влаги, удаляемой из материала [1-3]. Исследования проводились на приборе синхронного термического анализа модели STA 449 F3 Jupiter (NETZSCH, Германия) (рисунок 1) с держателем образца типа S в алюминиевом тигле с проколотой крышкой. Измерения осуществлялись в среде азота класса 5,0 (расход активного газа 40 мл/мин, защитного – 20 мл/мин).

Принцип работы термического анализатора основан на непрерывной регистрации зависимости изменения массы материала от времени или температуры при его нагревании в соответствии с выбранной температурной программой в заданной газовой атмосфере [4-11].

Одновременно регистрировалось выделение или поглощение теплоты образцом АДК, обусловленное фазовыми переходами или химическими реакциями [3]. Исследования проводили при следующих режимах: давление – атмосферное, максимальная температура – 588 K, скорость изменения температуры – 5 K/мин. Опыты проводились в алюминиевых тиглях с общей массой навески 12 мг.



Рисунок 1. Прибор синхронного термического анализа модели STA 449 F3 Jupiter

Figure 1. Simultaneous thermal analysis device STA 449 F3 model Jupiter

На рисунке 2 показаны результаты, полученные в ходе выполнения синхронного термического анализа: кривая изменения массы материала ТГ, кривая скорости изменения массы ДТГ, кривая изменения теплового потока ДСК, кривая изменения скорости теплового потока dДСК. Как видно на кривой ТГ, в процессе нагрева материала наблюдается монотонное уменьшение массы образца, что связано с потерей влаги. С целью получения графической зависимости, отражающей зависимость изменения массы материала от температуры, была использована часть кривой изменения массы ТГ, соответствующей процессу дегидратации.

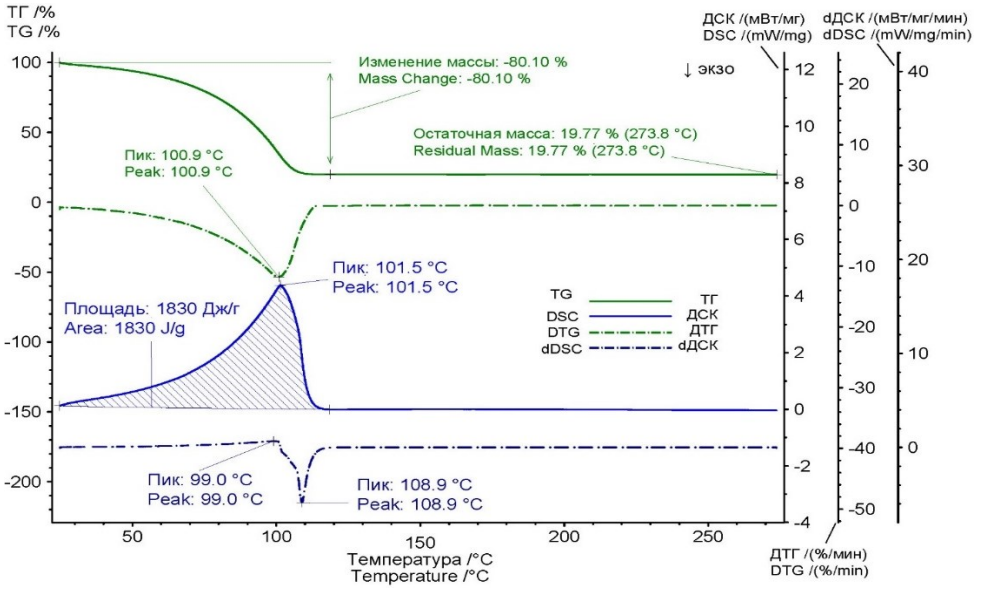


Рисунок 2. Экспериментальные зависимости изменения массы образца: кривая изменения массы материала ТГ; кривая скорости изменения массы ДТГ; кривая изменения теплового потока ДСК; кривая изменения скорости теплового потока dДСК

Figure 2. Experimental dependences of the sample mass change: the mass curve of the TG; material, the mass change rate curve of the DTG; the DSC heat flux change curve; the heat flow rate change curve dDSC

Степень изменения массы α рассчитывали как отношение изменения массы материала Δm к общему количеству влаги, которая находится в материале $\Delta m_{общ}$:

$$\alpha = \frac{\Delta m}{\Delta m_{общ}}.$$

Полученная зависимость (рисунок 3) отражает сложный характер взаимодействия влаги и сухих веществ в материале и предполагает на разных участках полученной кривой различие в скорости дегидратации.

Для определения более четких интервалов температур и получения более подробного механизма удаления влаги, а также количества влаги, удаляемой из материала, использовалась кривая зависимости (-lgα) от величины 1000/T (рисунок 4), где $T = 273 + t$.

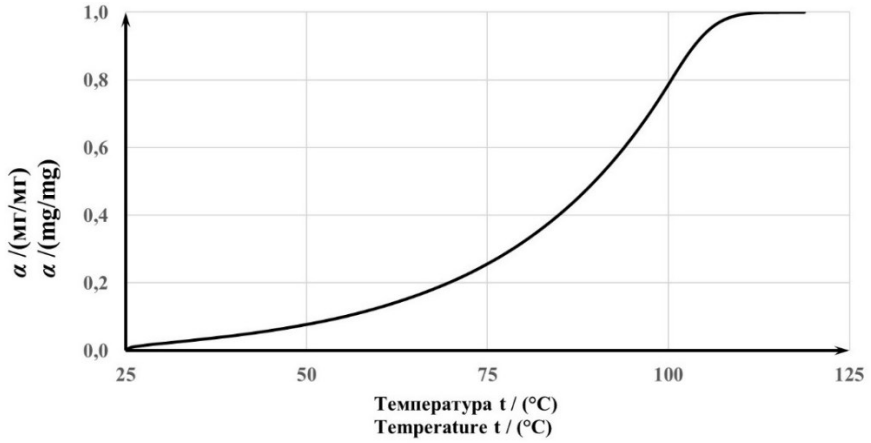


Рисунок 3. Зависимость степени изменения массы α от температуры t материала при нагревании со скоростью 5 °С/мин

Figure 3. The dependence of mass α change degree on the temperature t of the material being heated with at 5 °C/min speed

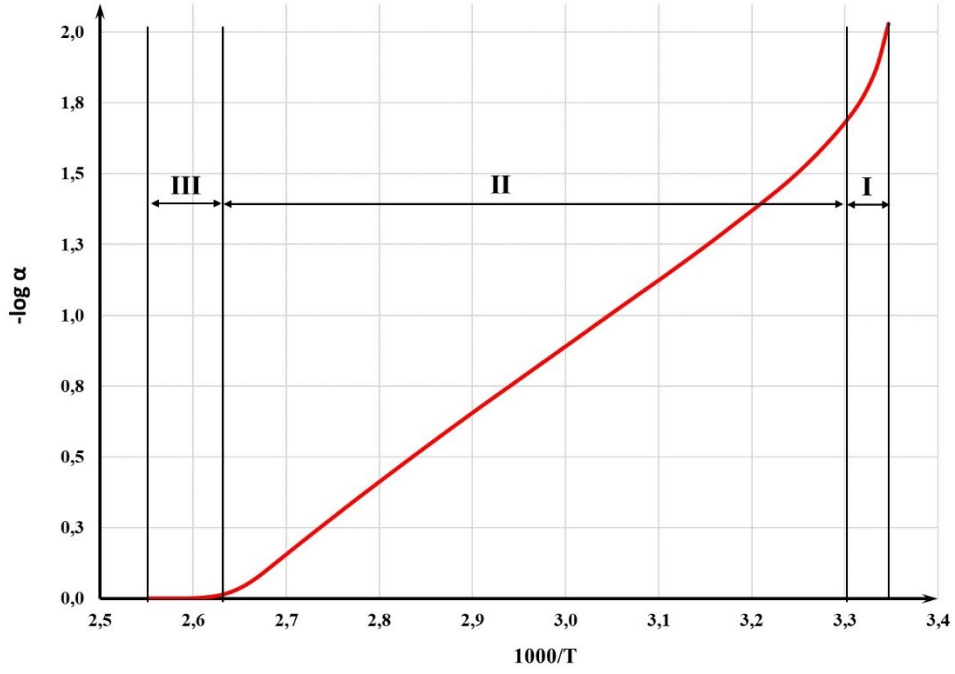


Рисунок 4. Зависимость (-lgα) от величины 1000 / T при нагревании со скоростью подъёма температуры 5 °К/мин

Figure 4. The dependence of (-lg α) on the value of 1000 / T being heated with a rate of temperature rise of 5 °K/min

Заключение

В ходе исследований с помощью современных методов был изучен химический состав и свойства сорбента. Детально исследованы сорбционные свойства тяжелых металлов. Проведенный термический анализ позволил определить температурные зоны удаления влаги из материала с различной формой и энергией связи при повышении температуры, что позволит

в дальнейшем прогнозировать режимные параметры процесса удаления влаги из сорбента и выбирать наиболее эффективные способы его обезвоживания. Доказана высокая эффективность сорбции металлических загрязнителей АДК и установлена прочность их сорбционных связей.

ЛИТЕРАТУРА

1 Глотова И.А., Литовкин А.Н., Артемов Е.С. и др. Исследование процессов дегидратации биополимерных систем в составе птицепродуктов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 121. С. 801–812.

2 Магомедов Г.О., Плотникова И.В., Кузнецова И.В., Наумченко И.С. и др. Исследование форм связи влаги зефира различного состава методом термического анализа // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 3 (73). С. 42–50.

3 Раскина Т.А., Пирогова О.А., Зобнина О.В., Пинтова Г.А. Показатели системы остеокластогенеза у мужчин с различными клиническими вариантами анкилозирующего спондилита // Современная ревматология. 2015. Т. 9. № 2. С. 23–27. doi: 10.14412/1996-7012-2015-2-23-27

4 Коротков Е.Г., Пономарёв А.Н., Мельникова Е.И., Кузнецова И.В. и др. Исследование форм связи влаги в твороге с микропартикулятом сывороточных белков // Молочная промышленность. 2016. № 8. С. 31–33.

5 Марьяндышев П.А., Чернов А.А., Любов В.К. Анализ термогравиметрических и кинетических данных различных видов древесного биотоплива Северо-Западного региона Российской Федерации // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2016. № 1 (349). С. 167–182. doi: 10.17238/issn0536-1036.2016.1.167

6 Абдурахманов Г.М., Лопатин И.К. Основы зоологии и зоогеографии. Москва: Академия, 2001. 496 с.

7 Галимуллин И.Н., Башкирцева Н.Ю., Лебедев Н.А. Анализ морфологической структуры и термогравиметрия стабилизирующей добавки // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 13. С. 14–16.

8 Saldarriaga J.F. et al. Fast characterization of biomass fuels by thermogravimetric analysis (TGA) // Fuel. 2015. V. 140. P. 744–751.

9 Kumar S., Krishnamurthy N. Thermogravimetry studies on ilmenite nitridation // Processing and Application of Ceramics. 2014. № 8 (4). P. 179–183.

10 Huang X., Rein G. Thermochemical conversion of biomass in smouldering combustion across scales: the roles of heterogeneous kinetics, oxygen and transport phenomena // Bioresource technology. 2016. V. 207. P. 409–421.

Lapik L., Maas D, Lapikova B, Vašina M, et al. Effect of filler particle shape on plastic-elastic mechanical behavior of high density poly (ethylene)/mica and poly (ethylene)/wollastonite composites // Composites Part B: Engineering. 2018. V. 141. P. 92–99. doi: 10.1016/j.compositesb.2017.12.035

REFERENCES

1 Glotova I.A., Litovkin A.N., Artemov E.S. et al. Investigation of the processes of dehydration of biopolymer systems in the composition of poultry products. *Politematicheskiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University]. 2016. no. 121. pp. 801–812. (in Russian).

2 Magomedov G.O., Plotnikova I.V., Kuznetsova I.V., Naumchenko I.S. et al. Investigation of forms of communication of moisture of marshmallow of various composition by thermal analysis. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2017. vol. 79. no. 3 (73). pp. 42–50. (in Russian).

3 Raskina, T.A., Pirogova, O.A., Zobnina, O.V., Pintova, G.A. Indicators of the system of osteoclastogenesis in men with different clinical variants of ankylosing spondylitis. *Sovremennaya revmatologiya* [Modern rheumatology]. 2015. vol. 9. no. 2. pp. 23–27. doi: 10.14412/1996-7012-2015-2-23-27 (in Russian).

4 Korotkov E.G., Ponomarev A.N., Melnikova E.I., Kuznetsova I.V. et al. Investigation of forms of moisture communication in curd with microparticulate of whey proteins. *Molochnaya promyshlennost'* [Milk industry]. 2016. no. 8. pp. 31–33. (in Russian).

5 Mar'yandyshev P.A., Chernov A.A., Lyubov V.K. Analysis of thermogravimetric and kinetic data of various types of wood biofuels of the North-West region of the Russian Federation. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal* [News of higher educational institutions. Forest Journal]. 2016. no. 1 (349). pp. 167–182. doi: 10.17238/issn0536-1036.2016.1.167 (in Russian).

6 Abdurakhmanov G.M., Lopatin I.K. Osnovy zoologii i zoogeografii [Fundamentals of zoology and zoogeography]. Moscow, Akademiya, 2001. 496 p. (in Russian).

7 Galimullin I.N., Bashkirtseva N.Yu., Lebedev N.A. Analysis of the morphological structure and thermogravimetry of a stabilizing additive. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University]. 2015. vol. 18. no. 13. pp. 14–16. (in Russian).

8 Saldarriaga J.F. et al. Fast characterization of biomass fuels by thermogravimetric analysis (TGA). Fuel. 2015. vol. 140. pp. 744–751.

9 Kumar S., Krishnamurthy N. Thermogravimetry studies on ilmenite nitridation. Processing and Application of Ceramics. 2014. no. 8 (4). pp. 179–183.

10 Huang X., Rein G. Thermochemical conversion of biomass in smouldering combustion across scales: the roles of heterogeneous kinetics, oxygen and transport phenomena. Bioresource technology. 2016. vol. 207. pp. 409–421.

11 Lapik L., Maas D, Lapikova B, Vašina M, et al. Effect of filler particle shape on plastic-elastic mechanical behavior of high density poly (ethylene)/mica and poly (ethylene)/wollastonite composites. Composites Part B: Engineering. 2018. vol. 141. pp. 92–99. doi: 10.1016/j.compositesb.2017.12.035

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Евгения С. Шенцова д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, evgeniya-shencova@yandex.ru

Лариса И. Лыткина д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, larissaig2410@rambler.ru

Игорь А. Саранов к.т.н., инженер, отдел интеллектуальной собственности, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, mr.saranov@mail.ru

Константин К. Полянский д.т.н., профессор, кафедра коммерции и товароведения, Воронежский филиал РЭУ им. Г.В. Плеханова, ул. Карла Маркса, д. 67а, г. Воронеж, 394030, Россия, tovar201@list.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 19.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Evgenia S. Shentsova Dr. Sci. (Engin.), professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, evgeniya-shencova@yandex.ru

Larisa I. Lytkina Dr. Sci. (Engin.), professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, larissaig2410@rambler.ru

Igor A. Saranov Cand. Sci. (Engin.), engineer, intellectual property department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, mr.saranov@mail.ru

Konstantin K. Polyansky Dr. Sci. (Engin.), professor, commerce and commodity department, Russian Economic University named after G.V. Plekhanova, Karl Marx st., 67a Voronezh, 394030, Russia, tovar201@list.ru

CONTRIBUTION

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.19.2019

ACCEPTED 2.18.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 543.6:637.06

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-276-281

Новый способ определения андростенона

Татьяна А. Кучменко [1] tak1907@mail.ru
Дарья А. Порядина [2] sibilda1@yandex.ru
Дарья А. Кучменко [3] darinochka_08@mail.ru

[1] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия
[2] Военная академия Ракетных Войск Стратегического назначения имени Петра Великого, ул. Бригадная, 17, г. Серпухов, 142210, Россия
[3] ВДКБ ВГМУ им. Н.Н. Бурденко, пер. Здоровья, 16, Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. С помощью «электронного носа» решена задача обнаружения в шпике андростенона, даже малые концентрации которого самым негативным образом сказываются на потребительской привлекательности продукта. Для детектирования андростенона применен массив из восьми разно селективных газовых сенсоров. Массив предварительно обучен по легко летучим соединениям различных классов (спирты, кетоны, вода, азотсодержащие соединения). Установлены значимые различия в аналитических сигналах массива сенсоров при содержании андростенона в модельной пробе шпика на уровне 0,5 предельно допустимой концентрации. Кроме андростенона в сыром шпике надежно фиксируются и ранние признаки порчи, а также завышенное содержание влаги. Изменения в пробе шпика при нарушении условий хранения также достоверно регистрируются набором сенсоров, хотя при этом изменений в цвете и запахе шпика дегустаторами не зафиксировано. установления тонких различий в запахе проб шпика рассчитаны параметры *A (i/j),* которые являются качественными критериями пьезокварцевого микровзвешивания. Параметры позволяют идентифицировать в смеси вещества и проследить значимые изменения в составе равновесной газовой фазы над пробами. Информативными являются отклики сенсоров с модификаторами, чувствительными к биомаркерам порчи: спирты, кислоты, кетоны, азот- и серосодержащие соединения, в то время как присутствие и содержание андростенона фиксируют сенсоры с модификаторами, чувствительными к ароматическим и циклическим углеводородам. Масса проб, необходимых для анализа с двукратным повторением не превышала 5 г, время измерения – 60 с, объем равновесной газовой фазы 5 см^3, погрешность – 10 %. Анализатор газов надежен и прост в эксплуатации.

Ключевые слова: пьезосенсоры, электронный нос, анализ, применение, качество, шпик, запах, андростенон

New way of definition of an androstenon

Tatyana A. Kuchmenko [1] tak1907@mail.ru
Darya A. Poryadina [2] sibilda1@yandex.ru
Darya A. Kuchmenko [3] darinochka_08@mail.ru

[1] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia
[2] Military Academy of the strategic missile forcesnamed after Peter the Great, Brigadnaya st., 17, Serpukhov, 142210, Russia
[3] Voronezh pediatric clinical hospital VSMU named after N.N. Burdenko, Zdorovya st., 16, Voronezh, 394036, Russia

Abstract. By means of "an electronic nose" the problem of detection in salted pork fat of an androstenon is solved, even small concentration of which negatively affect consumer appeal of a product. The massif from eight differently selective gas sensors is applied to detecting of an androstenon. The massif is previously trained on easily volatile compounds of various classes (alcohols, ketones, water, nitrogen-containing connections). Significant differences in analytical signals of the massif of sensors at the maintenance of an androstenon in model test of salted pork fat at the level of 0.5 threshold limit values are established. Except an androstenon in crude salted pork fat also early signs of damage and also the overestimated moisture content are reliably fixed. Changes in test of salted pork fat at violation of storage conditions also authentically are registered a set of sensors though at the same time changes in color and a salted pork fat smell by tasters are not recorded. establishments of subtle differences in a smell of tests of salted pork fat are calculated parameters A (i/j) which are qualitative criteria of piezo-quartz microweighing. Parameters allow to identify in mix of substance and to track significant changes in structure of an equilibrium gas phase over tests. Responses of sensors with the modifiers sensitive to damage biomarkers are informative: alcohols, acids, ketones, nitrogen - and sulfur-containing connections while presence and the maintenance of an androstenon fix sensors with the modifiers sensitive to aromatic and cyclic hydrocarbons. A lot of the tests necessary for the analysis with double repetition did not exceed 5 g, measurement time – 60 with, the volume of an equilibrium gas phase of 5 cm^3, an error – 10%. The analyzer of gases is reliable and easy-to-work.)

Keywords: piezosensors, electronic nose, analysis, application, quality, salted pork fat, smell, androstenon

Введение

Интерес к сенсорам различного типа действия в последнее время растет. Как относительно простые и недорогие устройства они позволяют идентифицировать и определять вещества в газовой и жидкой фазах, в том числе в автоматическом режиме, дистанционно при осуществлении различных технологических процессов, находят применение в медицине, в сельском хозяйстве, при мониторинге окружающей среды [1, 2]. В настоящее время в аналитической сенсорике широко применяются резонаторы объемных акустических волн (OAB, BAW) – пьезокварцевые микровесы [1, 3].

Для цитирования

Кучменко Т.А., Порядина Д.А., Кучменко Д.А. Новый способ определения андростенона // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 276–281. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-276-281

For citation

Kuchmenko T.A., Poryadina D.A., Kuchmenko D.A. New way of definition of an androstenon. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 276–281. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-276-281

За последние 10–15 лет расширяется применение и возможности не только единичных сенсоров (селективные пьезовесы), но и полисенсорных систем на основе разнохарактерных измерительных элементов. Традиционными для таких устройств объектами анализа являются: пищевые системы (сырье, добавки, готовые продукты), объекты экологического мониторинга, биопробы, особые системы. Их применяют для контроля технологических процессов, изучения биологических и других реакций на молекулярном уровне.

Отличительная черта селективных масс-чувствительных резонаторов (пьезосенсоров) – наличие сорбционного покрытия, характеризующегося по-разному выраженной избирательностью в отношении сорбции–десорбции компонентов из предъэлектродного пространства.

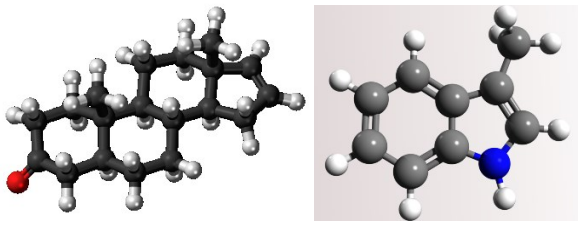
Если основная экологическая угроза здоровью населения проявляется при вдыхании загрязненного воздуха, то не менее важной задачей является проблема здорового питания. Значительное расширение ассортимента пищевых товаров на потребительском рынке не обходится без появления и распространения явных подделок или продукции заведомо заниженного качества [4, 10]. В связи с этим особую актуальность приобретает идентификация пищевых продуктов, предусматривающая проведение ряда процедур по установлению соответствия конкретной продукции образцу (стандарту) или описанию с целью установления грубой фальсификации (часто – идентификация образца). В контроле пищевых продуктов наиболее доступно определение органолептических показателей, однако степень их достоверности для ассортиментной идентификации зачастую невысока. Одним из наиболее сложно оцениваемых показателей качества пищевых продуктов является запах. Количественная (интенсивность) и качественная (присутствие и содержание основных групп соединений) характеристики запаха устанавливаются, наряду с дегустационной оценкой, физико-химическими, а в последнее время все чаще – сенсорными методами анализа.

Аналитические возможности современных газовых и жидкостных хроматографов и масс-спектрометров позволяют получить разнообразную информацию о качественном и количественном составе запахов изделий и композиционных смесей паров в объектах окружающей среды [5, 6]. Однако такая информация является дорогостоящей, требует больших затрат времени и за редкими исключениями неприменима для мобильного получения информации во внелабораторных («полевых») условиях. По этой причине приоритетны разработки более простых, экономичных и быстрых анализаторов – мультисенсорных систем для экспрессной оценки качества запахов в практических условиях [7].

Запах, как один из основных показателей качества пищевых продуктов, образуется из комплексного смешения множества летучих веществ. При этом каждое из них или группа близких по химической природе соединений могут не фиксироваться обонятельным центром человека или не иметь запаха, типичного для исследуемого продукта (табл. 1). При этом трудно оценить органолептическое влияние различных компонентов на качество того или иного продукта.

Высокая чувствительность по массе (до 10^{-15} г), а также быстрое время отклика пьезоэлектрического резонатора позволяют активно применять метод пьезокварцевого микровзвешивания в самых разных областях [1]. Отдельные сенсоры и их массивы (мультисенсорные или полисенсорные) после предварительного обучения по набору тест-соединений, газов-маркеров состояния широко применяют для классификации запахов, в анализе пищевых продуктов. Анализ публикаций показывает, что выбор газов-маркеров состояния различных систем подчиняется принципу: нормальное (нативное состояние систем) → возможные деструктивные процессы (порча, деятельность микроорганизмов) → продукты этих процессов (газы-маркеры состояния).

Известно, что наибольшей органолептической проблемой мяса и свиного жира является запах и вкус хряка. Он определяется как «неприятный запах и посторонний привкус в мясе некастрированных половозрелых самцов свиней», ярко проявляющийся в процессе термической обработки. Основными соединениями, формирующими запах хряка, являются андростенон и скатол (рисунок 1).



androstenon scatol

Рисунок 1. 3D–модели молекул андростенона и скатола

Figure 1. 3D models of androstenon and scatol molecules

Андростенон (5α-андрост-16-ен-3-он) – стероидный гормон, который вырабатывается половозрелыми животными самцами, метаболит мужского полового гормона тестостерона. Андростенон содержится в моче и слюне кабанов. Скатол образуется у всех свиней при бактериальном разложении триптофана в кишечнике. Но у некоторых хряков скатол не претерпевает метаболических изменений в печени и накапливается в жировой ткани.

Андростенон ассоциируется с запахом мочи, а скатол – с фекальным запахом. Совместное присутствие андростенона и скатола усиливают негативное действие друг друга. В меньшей степени индол и другие стероиды также влияют на проявление специфического негативного запаха.

Запах хряка трудно оценить количественно из-за сильно различающегося восприятия участниками дегустационной комиссии. Пределы обнаружения андростенона и скатола потребителями также различны. Принято считать для неподготовленных потребителей пределом обнаружения андростенона 0,5–1,0 мг/кг жира, для скатола – 0,20–0,25 мг/кг.

Вредные эффекты стероидов устраняют более, чем в 50 странах мира иммунизацией [8]. Количественно андростенон определяют методом высокоэффективной газовой хроматографии, в частности с флуорометрическим детектором.

Однако этот подход является ресурсо- и коммерчески дорогостоящим. В то же время развитие аналитических методов анализа не стоит на месте и предлагает новые способы определения малых концентраций пахучих соединений. К таким инструментам анализа относятся сенсоры.

Цель работы – применение анализатора газов «МАГ-8» с набором разноселективных сенсоров для решения задачи быстрой оценки качества сырья при входном контроле на примере установления наличия в сыром шпике андростенона, который негативно влияет на органолептические свойства продуктов его переработки.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования выбран образец шпика с хорошими органолептическими характеристиками (проба 1 – стандарт). Образец был измельчен и на его основе приготовлено несколько исследуемых проб: проба 2 – с добавлением воды, проба 3 – с добавлением водного раствора андростенона 0,2 мкг/мг (0,5 ПДК), проба 4 – андростенон внесен в расчете 0,5 мкг/мг (1 ПДК), проба 5 – исходная проба шпика без добавок после 2 сут хранения на воздухе при комнатной температуре.

Для определения андростенона применен анализатор газов «МАГ-8» с методологией «электронный нос» (рисунок 2).

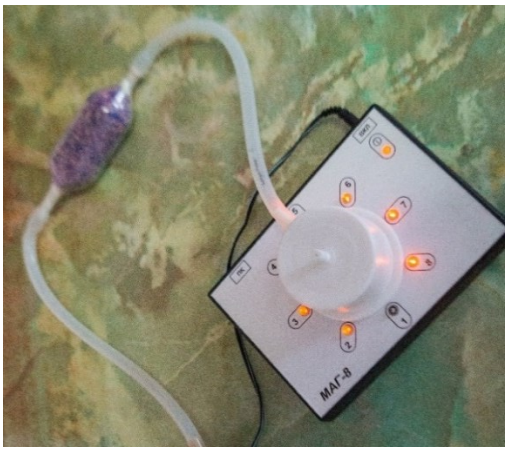


Рисунок 2. Коммерчески доступный «электронный нос» «МАГ-8» с осушителем (производство ООО «Сенсорика-Новые Технологии»)

Figure 2. Commercially available "electronic nose" of "MAG-8" with dehumidifier (production of Ltd company "Sensorika – New Technologies")

Измерительный массив «МАГ-8» формировался из 8 сенсоров с разно-селективными модификаторами к основным биомолекулам (вода, спирты, кетоны, альдегиды, алифатические кислоты, эфиры, амины) и другим соединениям (ароматические, другие ненасыщенные и циклические углеводороды): ПЭГ-2000, 4-ААП с ПС, тритон Х-100, ТХ-100, прополис, ПР, полиэтиленгликоль фталат, ПЭГФ, полиэтиленгликоль сукцинат, ПЭГСук, дициклогексан-18-краун-6, ДЦГ18К6, триоктилфосфиноксид, ТОФО.

Результаты и обсуждение

Первичной регистрируемой информацией массива 6 сенсоров является набор хроночастотограмм (рисунок 3).

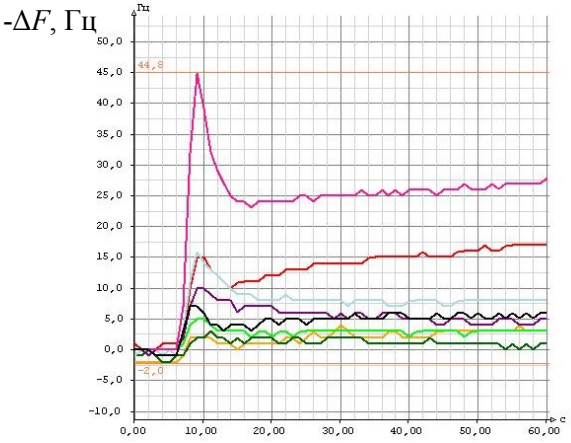


Рисунок 3. Пример хроночастотограмм сенсоров в массиве при нагрузке

Figure 3. Example hronofrequencygramms sensors in the massif at loading

Хроночастотограммы – это интегральные выходные кривые каждого сенсора, особенность функции которых отражает природу и концентрацию компонентов смеси веществ, входящих в равновесную газовую фазу над анализируемыми пробами.

При регистрации даже наиболее простых интегральных откликов «электронного носа» фиксируются различия в составе равновесной газовой фазы над изученными модельными пробами (рисунок 4).

При этом с введением воды существенно изменяется количественный критерий «визуального следа» максимальных сигналов сенсоров – площадь фигуры *S*, Гц·с. Это отражает большую чувствительность сенсоров к парам воды. При введении малых (ниже и на уровне предельно допустимых) концентраций андростенона в пробу значительно изменяется и площадь фигуры, и форма «следа», отражающая постоянство состава запаха. Изменения в пробе шпика при нарушении условий хранения также достоверно регистрируются набором сенсоров, хотя при этом изменений в цвете и запахе шпика дегустаторами не зафиксировано.

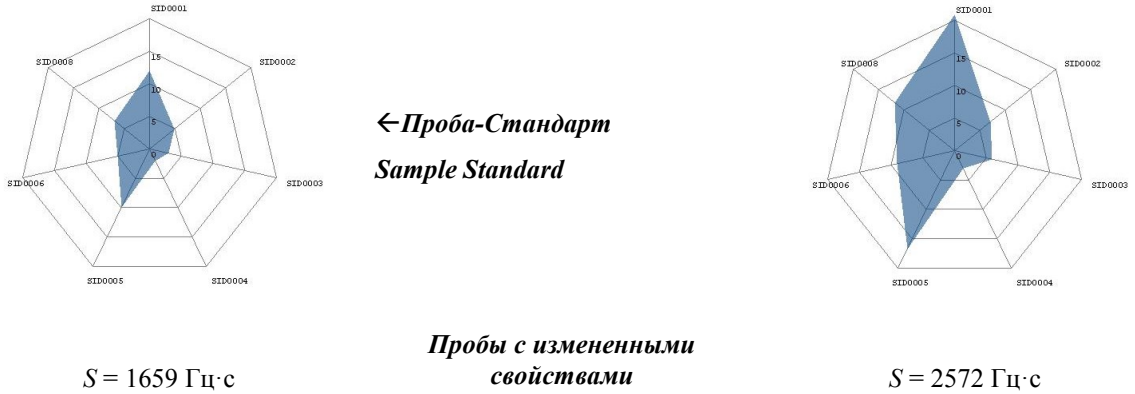


Рисунок 4. «Визуальные следы» максимумов и площади фигур для разных проб шпика, измеренные на массиве 8 сенсоров «МАГ-8»: в ПО прибора по кругу «визуального следа» фиксируются номера сенсоров, по вертикальной оси – максимальные отклики сенсоров за 60 с от начала измерения, $-\Delta F_{max}$, Гц·с

Figure 4. "Visual traces" of maxima and the areas of figures for different tests of salted pork fat measured on the massif of eight MAG-8 sensors: in programms the device around of "a visual trace" numbers of sensors, on a vertical axis – the maximum responses of sensors for 60 with from the beginning of measurement, $-\Delta F_{max}$, Hz·s are fixed

Для установления тонких различий в запахе проб шпика рассчитаны параметры *A (i/j)*, которые являются качественными критериями пьезокварцевого микровзвешивания, позволяющими не только идентифицировать в смеси вещества-маркеры, но и проследить значимые изменения в составе равновесной газовой фазы над пробами. Эти критерии отражают появление или исчезновение, резкое изменение концентрации легколетучих соединений, на которые настроен массив сенсоров (таблица 1). Найдены параметры, однозначно позволяющие детектировать наличие и содержание андростенона в пробе (рисунок 5). Эти параметры учитывают особенности сорбции именно паров негативной добавки и позволяют отличить ее от воды или нативных компонентов шпика. При этом геометрия «визуальных следов» для проб шпика с добавками и их площади отличаются друг от друга незначительно.

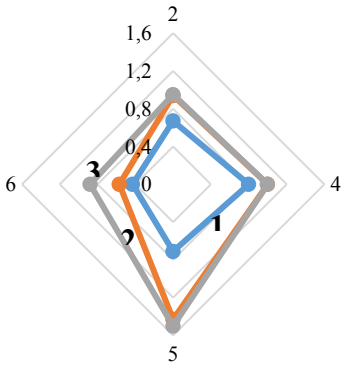


Рисунок 5. Диаграмма идентификационных параметров *A(i/j)*, отражающих присутствие и содержание в пробе исходного шпика (1) андростенона на уровне 0,5 ПДК (2) и 1 ПДК (3). Номера по круговой оси соответствуют номеру параметра в табл. 2, по радиальной оси – величины параметров *A(i/j)*

Figure 5. The chart of identification parameters A (i/j) reflecting presence and maintenance at test of initial salted pork fat (1) of an androstenon at the level of 0.5 maximum allowable concentrations (2) and 1 maximum allowable concentrations (3). Numbers on a circular axis correspond to number of parameter in tab. 2, on a radial axis – sizes of the A(i/j) parameters

Из всех представленных расчетных параметров наиболее информативным и качественно зависимым от присутствия даже малых концентраций андростенона являются параметры, отмеченные в таблице 1 номерами 2, 5, 6, но в то же время параметры 1, 2, 3, 6 позволяют дополнительно отследить порчу даже на начальном уровне. Информативными являются отклики сенсоров с модификаторами, чувствительными к биомаркерам порчи. Это – спирты, кислоты, кетоны, азот- и серосодержащие соединения, в то время как присутствие и содержание андростенона фиксируют сенсоры с модификаторами, чувствительными к ароматическим и циклическим углеводородам [9].

Масса проб, необходимых для анализа с двукратным повторением, не превышала 5 г, время измерения – 60 с, объем равновесной газовой фазы 5 см^3, погрешность – 10%.

Таблица 1.

Идентификационные параметры (*A(i / j)* ± 0,02) для модельных проб шпика

Table 1.

Identification parameters (A(i / j) ± 0,02) for model tests of salted pork fat

Модификаторы *i* и *j* сенсоров Modifiers *i* and *j* sensor	Параметр Parameter	Пробы | Sample				
		1	2	3	4	5
Прополис/ПЭГ-2000 Propolis/PEG-2000	1	0,13	0,14	0,18	0,16	0,21
ДЦГ18К6/ПЭГ2000 DZG18K6/PEG-2000	2	0,67	0,81	0,94	0,95	0,74
ПЭГФ/ПЭГСук PEGF/PEGS	3	0,16	0,19	0,22	0,24	0,20
ТОФО/ААП TOFO/AAP	4	0,80	0,86	1,00	1,00	0,75
ПЭГФ/ТХ-100 PEGF/TX-100	5	0,71	0,75	1,43	1,50	0,75
ТОФО/ТХ-100 TOFO/TX-100	6	0,43	0,50	0,57	0,88	0,50
ДЦГ18К6/ПЭГСук DZG18K6/PEGS	7	0,31	0,35	0,36	0,37	0,30

В нашей научной группе накоплен огромный материал по анализу самых различных пищевых продуктов, сырья, полуфабрикатов. Возможности расширяются и метрологические характеристики измерений на анализаторе газов «МАГ-8» улучшаются благодаря применению новых материалов в качестве модификаторов, изменению режимов измерения, регистрации и обработке данных, применению хемометрических алгоритмов.

Анализ публикационной активности за последние 25 лет в российской и зарубежной печати в этом и предыдущих обзорах [1], растущее число тезисов докладов на крупных конференциях по направлению «сенсорика», выделение секции на непрофильных аналитических конференциях, например, технологических, информационных – все это позволяет объективно оценить актуальность и интерес научного сообщества (разработчиков) и реального сектора экономики (потребителей) к исследованиям, производству, внедрению в производство и лаборатории миниатюрных анализаторов на основе химических сенсоров с различными принципами действия, в том числе пьезокварцевых микровесов.

Благодарности

Работа выполнена в рамках гранта программы «У.М.Н.И.К-2017» г/к № 13141ГУ/2018 от 23.05.2018 г.

ЛИТЕРАТУРА

1 Кучменко Т.А. Химические сенсоры на основе пьезокварцевых микровесов // Проблемы аналитической химии. 2011. Т. 14. С. 127–203.

2 Nikolelis D.P. Portable Biosensing of Food Toxicants and Environmental Pollutants. NW.: CRC Press by Taylor & Francis Group, 2014. 800 p.

3 Korotcenkov G. Handbook of Gas Sensor Materials: Properties, Advantages and Shortcomings for Applications Volume 1: Conventional Approaches. Integrated Analytical Systems. NY.: Springer, 2013. 307 p.

4 Николаева М.А. Средства и методы идентификации пищевых продуктов // Партнеры и конкуренты. 2000. № 4. С. 23–25.

5 Wangchareansak T. Surface molecular imprints of WGA lectin as artificial receptors for mass-sensitive binding studies // Analytical and Bioanalytical Chemistry. 2011. V. 400. № 8. P. 2499–2506.

6 Rebollo-Plata B. Efficient vapor sensors using foils of dispersed nitrofen-doped and pure carbon multiwalled nanotubes // Journal of Nanoscience and Nanotechnology. 2010. № 6. P. 3965–3972.

7 Lucas O. Introduction to electronic nose technology // Analusis. 1996. V. 24. № 8. P. M19–M20.

8 Каменик Я., Штейнхаузер Л. Качество мяса иммунокастрированных свиней // Все о мясе. 2012. № 6. С. 34–36.

9 Kuchmenko T.A., Korenman Ia.I., Trivunats K.V., Raiakovich L.V. et al. Determination of phenol in the air by piezo-quartz micro-weighing // Journal of Analytical Chemistry. 1999. V. 54. №. 2. P. 178–182.

10 Skrlep M. et al. The effect of dietary fibre content on skatole and indole production in faeces of immunocastrated male pigs // PoljoPrivreda. 2015. V. 21. № 1. P. 182–185.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Татьяна А. Кучменко д.х.н., профессор, зав. кафедрой, кафедра физической и аналитической химии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, tak1907@mail.ru

Дарья А. Порядина к.х.н., преподаватель кафедры, кафедра материаловедения и ремонта вооружения, Военная академия Ракетных Войск Стратегического Назначения имени Петра Великого, ул. Бригадная, 17, г. Серпухов, 142210, Россия, sibilda1@yandex.ru

Дарья А. Кучменко врач-педиатр, общебольничное отделение, Воронежская детская клиническая больница ВГМУ имени Н.Н. Бурденко, пер. Здоровья, 16, г. Воронеж, 394036, Россия, darinochka_08@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Татьяна А. Кучменко постановка задачи, консультация в ходе исследования

Дарья А. Порядина обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

Дарья А. Кучменко консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 16.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 12.02.2019

REFERENCES

1 Kuchmenko T.A. Chemical sensors based on piezo-quartz microbalances. *Problemy analiticheskoi chimii* [Problems of Analytical Chemistry]. 2011. vol. 14. pp. 127–203.

2 Nikolelis D.P. Portable Biosensing of Food Toxicants and Environmental Pollutants. NW, CRC Press by Taylor & Francis Group, 2014. 800 p.

3 Korotcenkov G. Handbook of Gas Sensor Materials: Properties, Advantages and Shortcomings for Applications Volume 1: Conventional Approaches. Integrated Analytical Systems. NY, 2013. 307 p.

4 Nikolaeva M.A. Means and methods of identification of foodstuff. *Partnery i konkurenty* [Partners and competitors]. 2000. no. 4. pp. 23–25. (in Russian).

5 Wangchareansak T. Surface molecular imprints of WGA lectin as artificial receptors for mass-sensitive binding studies. Analytical and Bioanalytical Chemistry. 2011. vol. 400. no. 8. pp. 2499–2506.

6 Rebollo-Plata B. Efficient vapor sensors using foils of dispersed nitrofen-doped and pure carbon multiwalled nanotubes. Journal of Nanoscience and Nanotechnology. 2010. no. 6. pp. 3965–3972.

7 Lucas O. Introduction to electronic nose technology. Analusis. 1996. vol. 24. no. 8. pp. M19 – M20.

8 Kamennik Ia., Shteinkhauzer L. Meat quality of pigs immunocastration. *Vse o miase* [All about meat]. 2012. no. 6. pp. 34–36 (in Russian).

9 Kuchmenko T.A., Korenman Ia.I., Trivunats K.V., Raiakovich L.V. et al. Determination of phenol in the air by piezo-quartz micro-weighing. Journal of Analytical Chemistry. 1999. vol. 54. no. 2. pp. 178–182.

10 Skrlep M. et al. The effect of dietary fibre content on skatole and indole production in faeces of immunocastrated male pigs. PoljoPrivreda. 2015. vol. 21. no. 1. pp. 182–185.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Tatyana A. Kuchmenko Dr. Sci. (Chem.), professor, head of departament, physical and analytical chemistry department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, tak1907@mail.ru

Darya A. Poryadina Cand. Sci. (Chem.), lecturer of the departament, materials science and repair of weapons department, Military Academy of the strategic missile forcesnamed after Peter the Great, Brigadnaya st., 17, Serpukhov, 142210, Russia, sibilda1@yandex.ru

Darya A. Kuchmenko pediatrician, general hospital department, Voronezh pediatric clinical hospital VSMU named after N.N. Burdenko, Zdorovya st., 16, Voronezh, 394036, Russia, darinochka_08@mail.ru

CONTRIBUTION

Tatyana A. Kuchmenko statement of the problem, consultation in the course of the study

Darya A. Poryadina review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Darya A. Kuchmenko consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.16.2019

ACCEPTED 2.12.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 691.16:541.6

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-282-288

Реакционная способность альтернативных минеральных дисперсных материалов как инструмент для разработки эффективных дорожных композитов

Марина А. Высоцкая [1] roruri@rambler.ru
Светлана Ю. Шеховцова [2] shehovtsovasyu@mgsu.ru
Дмитрий А. Кузнецов [1] xidox@yandex.ru

[1] Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ул. Костюкова, 46, г. Белгород, 308012, Россия
[2] Московский государственный строительный университет, ш. Ярославское, 26, г. Москва, 129337, Россия

Аннотация. Лавинообразный рост интенсивности и грузонапряжённости транспортных потоков, ужесточение требований к качеству дорожных одежд, дефицит кондиционного минерального сырья во многих регионах РФ побуждают отрасль строительного материаловедения к поиску новых, перспективных методов повышения качества выпускаемой продукции. Дорожное строительство, одно из самых материалоёмких направлений, ориентировано на максимальное использование местных, часто не кондиционных материалов, поэтому композиты, выполненные на их основе, не удовлетворяют современным эксплуатационным требованиям. В данной работе исследовался ряд пористых тонкодисперсных наполнителей, которые могли бы выполнять, с одной стороны, функции минерального порошка, с другой – служить носителем определённого вещества, регулирующего свойства дорожного композита. Выявление механизма взаимодействия минеральных порошков с битумом осуществляли с помощью изучения, поверхностных, физико-механических и химических свойств, а также микроструктурных особенностей и реакционной способности. Было установлено, что высокая пористость, характерная для наполнителей из перлита и цеолита обусловлена высокоразвитой архитектурой пор с диаметрами входных окон в широком диапазоне. Изучение химии поверхности твёрдого тела проводили посредством оценки поверхности, на которой имеются активные центры, обусловленные наличием гидроксильных групп и примесных центров. По результатам эксперимента было установлено, что увеличение содержания активных центров на поверхности минерального наполнителя прямо пропорционально его пористости. В результате проведенных исследований было установлено, что наиболее перспективным сырьём для органоминеральных композитов являются цеолиты. Они обладают развитой удельной поверхностью, уникальной архитектурой пор, высокой структурирующей и адсорбционной способностью.

Ключевые слова: высокодисперсные минеральные наполнители, керамзит, перлит, цеолит, реакционная способность, адсорбция.

Reaction ability of alternative mineral dispersed materials as a tool for developing efficient road composites

Marina A. Vysotskaya [1] roruri@rambler.ru
Svetlana Yu. Shekhovtsova [2] shehovtsovasyu@mgsu.ru
Dmitry A. Kuznetsov [1] xidox@yandex.ru

[1] Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Kostukov str., 46, Belgorod, 308012, Russian
[2] University of civil engeneering, Yaroslavskoye h. 19, Moscow, 129337, Russian

Abstract. The avalanche-like growth of traffic intensity and freight traffic, the tightening of requirements for the quality of road clothes, the shortage of conditioned mineral raw materials in many regions of the Russian Federation prompt the construction materials science sector to search for new, promising methods for improving the quality of products. Road construction, one of the most material-intensive areas, is focused on maximizing the use of local, often non-conditioning materials, so composites made on their basis do not meet modern operational requirements. In this paper, a number of porous fine dispersed fillers have been investigated that could perform, on the one hand, the functions of a mineral powder, and on the other hand, serve as the carrier of a certain substance that regulates the properties of a road composite. The identification of the mechanism of interaction of mineral powders with bitumen was carried out by studying surface, physical-mechanical and chemical properties, as well as microstructural features and reactivity. It was found that the high porosity characteristic of fillers from perlite and zeolite is due to the highly developed pore architecture with the diameter of the entrance windows in a wide range. The study of the chemistry of the surface of a solid was carried out by evaluating the surface on which there are active centers due to the presence of hydroxyl groups and impurity centers. By the results of the experiment, it was found that an increase in the content of active sites on the surface of a mineral filler is directly proportional to its porosity. As a result of the conducted studies it was established that zeolites are the most promising raw material for organomineral composites. They have a developed specific surface, unique pore architecture, high structuring and adsorption capacity.

Keywords: highly disperse mineral fillers, expanded clay, perlite, zeolite, reaction ability, adsorption.

Для цитирования

Высоцкая М.А., Шеховцова С.Ю., Кузнецов Д.А. Реакционная способность альтернативных минеральных дисперсных материалов как инструмент для разработки эффективных дорожных композитов // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 282–288. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-282-288

For citation

Vysotskaya M.A., Shekhovtsova S.Yu, Kuznetsov D.A. Reaction ability of alternative mineral dispersed materials as a tool for developing efficient road composites. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 282–288. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-282-288

Введение

Поиск и изучение альтернативных сырьевых минеральных материалов, пригодных для использования в качестве компонентов в асфальтобетонных смесях, является важной научно-практической задачей, решение которой обеспечит дорожным предприятиям возможность выбора материалов для получения качественных органоминеральных композитов.

В связи с этим актуальны вопросы не только поиска альтернативных сырьевых материалов, но и возможности путём их применения направленно регулировать структуру и свойства конечного композита. Применительно к производству асфальтобетона интерес может представлять широкий спектр пористых материалов, в том числе и техногенного происхождения, массовое использование которых в дорожной отрасли в настоящее время ограниченно.

Цель работы – исследование ряда пористых тонкодисперсных наполнителей, которые могли бы выполнять, с одной стороны, функции минерального порошка, с другой – служить носителем определённого вещества, регулирующего свойства дорожного композита.

В поле зрения исследователей попадают такие дисперсные пористые материалы, как шунгит, перлит, керамзит, цеолит, вермикулит и другие [1–6]. Причём данные материалы отличаются от традиционного дисперсного сырья повышенной пористостью, обусловленной развитой системой микропор поверхности.

Актуальным направлением исследований [3, 6] является применение минерального порошка из отходов производства дроблёного песка из керамзитового гравия, которые представляют собой высокодисперсные отсевы дробления ячеистого строения. По мнению авторов [3], применение пористых минеральных порошков способствует повышению сдвигоустойчивости, тепло- и трещиностойкости асфальтобетонов, а также снижению стоимости их производства и частичному решению проблемы утилизации отходов промышленности.

Яркими представителями высокопористых материалов, активно изучаемыми в последние десятилетия, являются цеолиты [7]. Цеолиты представляют собой алюмосиликаты – производные от диоксида кремния SiO_2, в котором часть атомов кремния замещена на алюминий. При этом каждый атом Si и Al окружён четырьмя атомами кислорода, образуя тетраэдры, соединяющиеся друг с другом вершинами и формирующие упорядоченную структуру с полостями и каналами. В целом алюмосиликатная матрица обладает высокой кристалличностью, поэтому все каналы цеолитов упорядочены и одинаковы по размерам, при этом они находятся в наноразмерном диапазоне. Поры занимают значительную часть от общего объёма структуры, поэтому цеолиты активно используются в качестве адсорбентов. Всё это предопределяет интерес к цеолитам как к компонентам различных строительных материалов.

Вспученный перлит представляет собой искусственный материал, полученный путем вспучивания при обжиге подготовленных зерен из вулканических водосодержащих пород (перлит, обсидиан, витрофир и др.). Традиционно используемый в качестве теплоизоляции, в сухих легких строительных смесях обладает высокими звуко- и гидроизоляционными свойствами, биологически стоек. В работе [8] изучены физико-механические процессы взаимодействия органического вяжущего и пористых минеральных наполнителей при формировании структуры асфальтобетона. Показана возможность использования минеральных порошков из высокопористых отходов производства вспученного перлита для приготовления асфальтобетонных смесей, отличающихся повышенной теплостойкостью.

Материалы и методы

На основании вышеизложенного для исследования были приняты следующие пористые минеральные наполнители: керамзит, цеолитсодержащий туф, вспученный перлит и традиционно применяемый минеральный порошок из известняка.

С 2002 г. в Старом Осколе (Белгородская область), на территории Стойленский ГОК функционирует цех по производству вспученного перлита с годовой производительностью 140 тыс. $м^3$. При этом в год образуется около 14 тыс. $м^3$ мелких фракций, которые можно использовать при производстве асфальтобетона. В данной работе использовалась дисперсная составляющая с размером фракций <0,16 мм. Структура зёрен используемого перлита представлена на рисунке 1, *а*, из которого видно, что преобладающая форма зёрен наполнителя представляет собой мельчайшие чешуйки. Этим объясняется высокая пористость данного сырья, а также малый удельный вес.

Пористый минеральный наполнитель из керамзита был отобран в цехе ОАО «ЖБК-1», г. Белгород. Он представляет собой пыль уноса электрофильтров, которая образуется при производстве керамзитового заполнителя, используемого для лёгких теплоизоляционных бетонов и стеновых изделий. Микрофотографии керамзита приведены на рисунке 1, *b*. из которых видна более плотная структура, чем у перлита. Для данного материала характерно неоднородное распределение частиц по размерам, а также слабовыраженная слоистая структура крупных частиц.

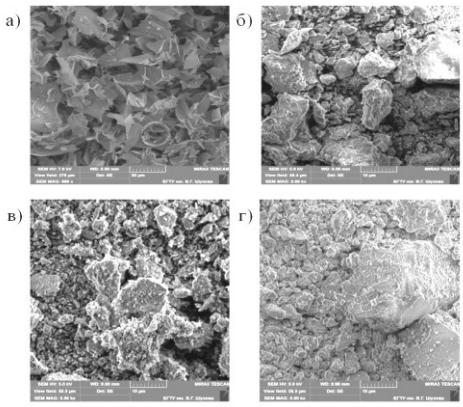


Рисунок 1. Морфология исследуемых минеральных порошков: *a* – вспученный перлит; *b* – керамзит; *c* – цеолитовый туф; *d* – известняк

Figure 1. Morphology of the investigated mineral powders: *a* – bellied perlite; *b* – expanded clay; *c* – zeolite tuff; *d* – limestone

Цеолитсодержащий туф представлен природным цеолитом Холинского месторождения (рисунок 1, *c*). Поверхность частиц данного минерального порошка представлена развитой структурой и в большинстве своём состоит из агрегатов крупных зёрен, поверхность которых «опушена» более мелкими частицами.

Традиционно применяемый минеральный порошок из известняка (рисунок 1, *d*) характеризуется наличием в его составе кальцита ($CaCO_3$). Для данного наполнителя характерна плотная поверхность минеральных частиц, а также отсутствие большого числа пустот и полостей между ними.

Физико-механические показатели применяемых в работе тонкодисперсных материалов оценивали согласно требованиям ГОСТ 52129–2003 (таблица 1).

Таблица 1.

Физико-механические показатели минеральных порошков

Table 1.

Physical and mechanical properties of mineral powders

Показатель Index	Минеральный порошок | Mineral Powder					
	МП-1 | MP-1		МП-2 | MP-2			
	ГОСТ GOST	Известняк Limestone	ГОСТ GOST	Перлит Perlite	Керамзит Expanded clay	Цеолит Zeolite
Пористость, %, ≤ Porosity, %, ≤	35	28	40	39	39	55
Набухание асфальтовяжущего, %, ≤ Swelling asphalt binder, %, ≤	2,5	1,15	3,0	2,45	3,7	3,2
Водостойкость асфальтовяжущего, %, ≥ Water resistance of asphalt binder, %, ≥	–	0,91	0,7	0,85	0,83	0,92
Показатель битумоёмкости, г, ≤ Bitumen capacity index, g, ≤	–	68	80	78	96	109
Влажность, % по массе, ≤ Humidity, % by weight, ≤	1,0	0,40	2,5	0,48	2,56	6,15

Как видно, наибольшим показателем пористости характеризуется минеральный порошок из цеолита. Его значение на 37 % превышает величину, рекомендуемую ГОСТ. Пористость наполнителей из перлита и керамзита довольно высока, но соответствует требованиям. Повышенная пористость исследуемых наполнителей негативно влияет на показатель их битумоёмкости. Очевидно, это объясняется высокой сорбционной способностью сырья, а также развитой системой микропор, на счёт которых можно отнести увеличенный показатель влажности, особенно у цеолита.

Результаты и обсуждение

Важную роль в понимании механизма взаимодействия минеральных порошков с битумом играет изучение их поверхностных свойств как физических, так и химических [9]. Одной из ключевых характеристик наполнителей является величина удельной поверхности, характеризующая степень дисперсности, а следовательно, способность структурировать битум и формировать асфальтовое вяжущее вещество. При этом стоит учитывать, что при работе с пористыми дисперсными материалами, значимость также приобретает величина «истинной», или активной, удельной поверхности. Величину удельной поверхности контролировали двумя методами. Сущность традиционного метода на приборе ПСХ-2 основывается на сравнении воздухопроницаемости слоя уплотнённого наполнителя фиксированной величины с воздухопроницаемостью эталонного наполнителя с известной удельной поверхностью. Суть метода БЭТ заключается в том, что вначале поверхность рассматриваемых материалов освобождается от адсорбированных на них веществ путём термостатирования. Затем при температуре 77 К на этих материалах адсорбируется азот или аргон таким образом, чтобы молекулы этих газов покрывали доступную для них поверхность

одним молекулярным слоем. Зная количество газа, адсорбированного на единице массы контролируемых материалов, а также размеры молекул газа (точнее их кинетические диаметры), рассчитывают удельную поверхность по уравнению БЭТ (рисунок 2).

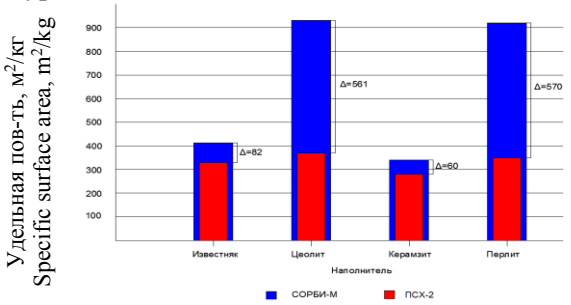


Рисунок 2. Удельная поверхность исследуемых минеральных порошков

Figure 2. Specific surface of the powders mineral studied

Различия в величине удельной поверхности для высокопористых наполнителей из цеолита и перлита, определённой на приборах ПСХ-2 и Сорби, обусловлены тем, что скорость фильтрации воздуха через материал с низкой пористостью существенно отличается при испытании высокопористого материала, а наличие в структуре пор открытого и закрытого типов, различия в диаметрах входных окон пор обусловливают резкое снижение точности определения величины удельной поверхности методами, основанными на газовой проницаемости. Тогда как прибор Сорби определяет фактически значение истинной удельной поверхности, используя четырёхточечный метод измерения. Таким образом, анализируя полученные результаты (рисунок 2), можно сделать вывод, что высокая пористость наполнителей из перлита и цеолита обусловлена высокоразвитой архитектурой пор с диаметрами входных окон в широком диапазоне.

Для оценки размерного распределения частиц рассматриваемых наполнителей с помощью лазерного анализатора частиц Microsizer 201 были получены кривые распределения, представленные на рисунке 3.

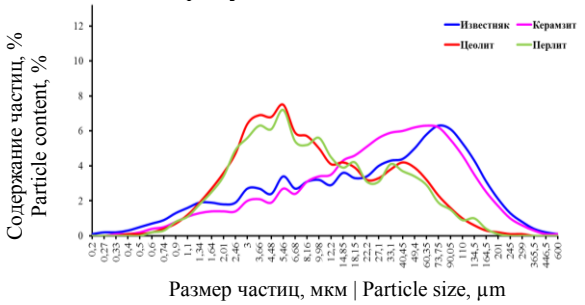


Рисунок 3. Распределение частиц исследуемых материалов

Figure 3. Particle size distribution of materials

Полученные данные по распределению частиц коррелируют с результатами по определению удельной поверхности наполнителей. Было установлено, что у наполнителей из перлита и цеолита преобладает содержание частиц в диапазоне от 2,5 до 10 мкм, в то время как у порошков из керамзита и известняка – в диапазоне 20–150 мкм. Повышенное содержание тонкодисперсных частиц у наполнителей из перлита и цеолита позволяет предположить высокий структурирующий эффект при наполнении ими битума и формировании качественного асфальтовяжущего.

В последнее время одним из наиболее информативных показателей поверхности минеральных наполнителей, характеризующим реакционную способность материала по отношению к вяжущим веществам, является наличие активных центров поверхности. Современный подход к химии поверхности твёрдого тела [10] позволил установить, что взаимодействие минеральных материалов с вяжущим в асфальтобетоне зависит не только от химического и минералогического состава сырья, как это считалось ранее, но и от состояния его поверхности, на которой имеются активные центры. Они обусловлены наличием гидроксильных групп и примесных центров, которые определяют активность подложки по отношению к вяжущему, влияют на процессы структурообразования и способны обеспечивать прочные контакты между вяжущим и поверхностью минеральных материалов.

О реакционной способности исследуемых наполнителей судили по количеству бренстедовских кислотных центров адсорбции на поверхности, которое определялось по двум методикам – методом обменной ёмкости и методом красителей. По первой методике определение производили титриметрическим способом – по величине обменной ёмкости по отношению к ионам кальция (рисунок 4).

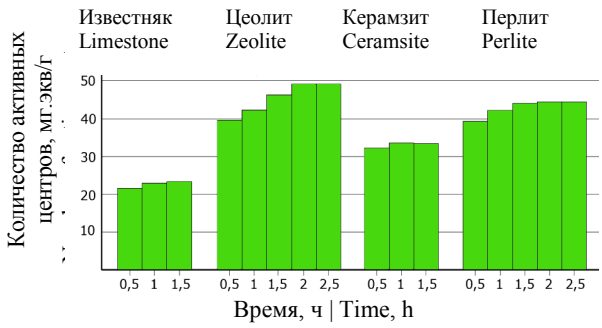


Рисунок 4. Содержание активных центров на поверхности минеральных порошков

Figure 4. The content of active centers on the surface of mineral powders

По результатам эксперимента было установлено, что увеличение содержания активных центров на поверхности минерального наполнителя прямо пропорционально его пористости. Данная величина, с точки зрения физики твёрдых тел, может быть выражена через изменение изобарно-изотермического потенциала. Величина контактирующей поверхности тела, выраженная при работе с тонкодисперсными материалами через величину их удельной поверхности, напрямую связана с архитектурой порового пространства наполнителя.

Стоит отметить динамику изменения содержания активных центров на поверхности пористых наполнителей при увеличении времени контакта сырья с раствором гидроксида кальция. Так, при исследовании известнякового минерального порошка время проведения эксперимента не влияло на исследуемую характеристику, а для наполнителей из цеолита и перлита этот показатель увеличился более чем на 10% через 2,5 ч от начала эксперимента.

Полученные данные позволяют говорить о высокой реакционной способности исследуемых наполнителей из перлита и цеолита при контакте с битумом. Так, например, содержание активных центров на поверхности цеолита и перлита на 53 и 49 % соответственно больше, чем на поверхности минерального порошка из известняка. Наполнитель из керамзита занимает промежуточное положение. Данная методика позволяет определять наличие на минеральной поверхности активных центров, расположенных в зоне кислот по Бренстеду (pKa 0–7).

Для более полной оценки реакционной способности наполнителей использовался метод красителей. Информативность метода состоит в том, что он позволяет оценить не только кислотность или основность поверхности, но и установить принадлежность к Льюисовскому (апротонному) или Бренстедовскому типу. Это даёт возможность проследить механизм влияния поверхности на взаимодействие с вяжущими, а также оценить уровень энергии поверхности, так как значения силы кислоты или основания имеют энергетическое содержание, поскольку отражают энергию химической связи, выражаясь через величины соответствующих констант диссоциаций (рисунок 5).

Анализ представленной информации (рисунок 4, 5) позволяет сделать вывод о численной разнице полученных значений, но стоит отметить наличие корреляции между ними.

При исследовании распределения центров адсорбции на поверхности минеральных материалов методом красителей сохраняется ранее установленная закономерность – с понижением пористости сырья уменьшается содержание активных центров.

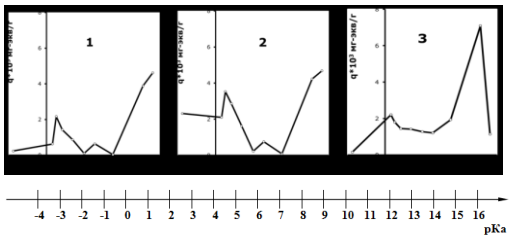


Рисунок 5. Распределение центров адсорбции на поверхности: 1 – известняка; 2 – цеолита; 3 – керамзита

Figure 5. Distribution of adsorption centers on the surface: 1 – limestone; 2 – zeolite; 3 – expanded clay

Известно, что наибольший вклад во взаимодействие между минеральной поверхностью и битумом вносят кислотные и основные бренстедовские, а также кислотные льюисовские центры, которые способны адсорбировать практически все органические соединения, входящие в состав битума.

На бренстедовских кислотных центрах, представляющих собой поверхностные гидроксильные группы (pKa 0–7), могут образовываться водородные связи при участии атома водорода поверхности, проявляющего электронно-акцепторные свойства.

Входящие в состав асфальтенов и смол ароматические полициклические структуры, включающие гетероциклы с азотом и серой, имеющие π-связи и атомы с неподелёнными электронными парами, могут быть донорами электронов и взаимодействовать с электронно-акцепторными кислотными центрами Льюиса (pKa > 13). Комплексные соединения фенолов и азотистых оснований, содержащихся в составе смолистых веществ битума, также способны образовывать донорно-акцепторные связи с кислотными центрами Льюиса (pKa > 13).

Во взаимодействие с основными бренстедовскими центрами (pKa 7–13) будут способны вступать кислоты. Причём ароматические кислоты являются более сильными, чем алифатические, а наличие двух заместителей, например –COOH и –OH, у нафтеновых и ароматических колец, наблюдающихся в составе битума, усиливает кислотность и адсорбционную способность этих соединений.

На основании обобщения полученных экспериментальных данных можно предположить, что цеолитовый наполнитель при взаимодействии с битумом будет проявлять высокую адсорбционную активность, что будет способствовать образованию прочных связей между битумной плёнкой и поверхностью частиц минерального наполнителя.

В данной работе адсорбционную активность исследуемых наполнителей изучали по динамике адсорбции-десорбции битума из бензольных растворов (рисунок 6).

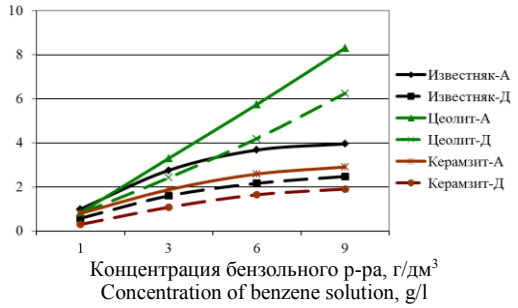


Рисунок 6. Адсорбционная активность исследуемых минеральных порошков

Figure 6. Adsorption activity of mineral powders

Стоит пояснить отсутствие результатов по определению содержания центров адсорбции и общей адсорбционной активности для перлита. Принимая во внимание тот факт, что истинная и средняя плотности перлитового порошка составляют 1,48 и 0,9 г/см^3 соответственно, данный порошок представляет собой нетехнологичный материал, который невозможно качественно подготовить для указанных испытаний. Высокоточные методы определения оптической плотности растворов, их равновесных концентраций и других показателей предполагают наличие растворов, отогнанных после взаимодействия с исследуемым материалом. После серии экспериментов, проведённых с перлитом, было установлено, что на имеющемся оборудовании невозможно получить растворы, полностью исключающие наличие высоколетучих чешуек перлита. Следовательно, дальнейшая экспериментальная обработка таких растворов, как и получаемые результаты, не являются объективными и достоверными, что исключает их представление в данной работе.

В ходе эксперимента было установлено, что наполнитель из цеолита проявляет максимальную адсорбционную активность к компонентам битума при всех принятых для исследования концентрациях битумно-бензольного раствора, что является следствием двух факторов. Во-первых, цеолит обладает высокой удельной поверхностью, которая, в свою очередь, представляет собой развитую поровую структуру упорядоченного строения. Во-вторых, содержание центров адсорбции на его поверхности, в особенности оснований и кислот Бренстеда, а также кислот Льюиса, отвечающих за активное взаимодействие с углеводородами битума, является максимальным в серии исследуемых наполнителей. Сочетание высокой пористости, развитой удельной поверхности и высокой химической активности поверхности обусловливает максимальные адсорбционные показатели минерального порошка из цеолита.

Например, величина адсорбции из битумного раствора концентрации 6 г/л для цеолита составила $5{,}8\cdot10^{-2}$ $КГ_{бит}/КГ_{пор}$, а из раствора концентрации 9 г/л цеолит адсорбировал уже $8{,}3\cdot10^{-2}$ $КГ_{бит}/КГ_{пор}$. Известняк адсорбировал при таких концентрациях $3{,}7\cdot10^{-2}$ и $4{,}0\cdot10^{-2}$ $КГ_{бит}/КГ_{пор}$ соответственно, что в 1,6 и 2 раза ниже, чем для цеолита.

Исследование десорбции битума показало, что часть вяжущего отслаивается с поверхности. Это свидетельствует о том, что предельно насыщенный адсорбционный слой битума на поверхности наполнителей состоит из прочно химически и обратимо физически связанного битума. Так, после десорбции на поверхности цеолита осталось $6{,}25\cdot10^{-2}$ $КГ_{бит}/КГ_{пор}$, а на поверхности известняка и керамзита $2{,}48\cdot10^{-2}$ и $1{,}91\cdot10^{-2}$ $КГ_{бит}/КГ_{пор}$ соответственно.

Заключение

Анализируя совокупность полученных результатов, было установлено, что наиболее перспективным сырьём для органоминеральных композитов являются цеолиты. Они обладают развитой удельной поверхностью, уникальной архитектурой пор, высокой структурирующей и адсорбционной способностью. Однако для полной замены традиционного минерального порошка в асфальтобетонах нужен тщательный подбор и контроль состава смеси. Наиболее перспективным вариантом использования цеолита, на наш взгляд, является использование его в качестве добавки в минеральный порошок. Уникальные свойства цеолитсодержащего сырья открывают широкие возможности для исследования различных вариантов его модификации.

ЛИТЕРАТУРА

1 Василовская Г.В., Шевченко В.А., Киселёв В.П. Применение отходов промышленности ГМК «Норильский никель» в производстве дорожного асфальтобетона // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 3 (98). С. 130–134.

2 Василовская Г.В., Назиров Д.Р. Применение отходов промышленности в качестве минерального порошка в асфальтобетоне // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2013. № 10 (81). С. 153–157.

3 Кузнецов Д.А., Агамян Б.С., Баранов Т.Р. Устойчивость к образованию трещин при старении асфальтобетона с пористыми минеральными порошками // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 6. С. 43–45.

4 Ковалев Н.С., Отарова Е.Н. Модифицированный минеральный порошок шламами гальванических производств // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). 2017. № 4. С. 67–72.

5 Шихалиев К.С., Абдуллаева М.Я. Исследование влияния минерального наполнителя на свойства дорожно-строительного битума // Пластические массы. 2017. № 9–10. С. 35–37.

6 Абдуллаева М.Я., Шихалиев К.С. Исследование влияния минерального наполнителя на свойства дорожно-строительного битума // Theoretical & Applied Science. 2016. № 4 (36). С. 106–110.

7 Zhou B., Chen Z. Experimental Study on Relation between Micro-structure and Macro-performance of Zeolite-based Humidity Control Building Coating // Procedia Engineering. 2015. V. 121. P. 1259–1265.

8 Sakshi K., Stuti K., Ashu R. Characterization and Study of Turkish Perlite // International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. 2013. V. 2. № 9. P. 4319–4326.

9 Копылов В.Е., Буренина О.Н., Павлова Е.А. Активация минеральных порошков, как способ улучшения физико-механических характеристик асфальтовых бетонов // Интернет-журнал Науковедение. 2017. Т. 9. № 5. С. 39.

10 Дрозд Г.Я., Бизирка И.И. Адсорбция и десорбция битума на поверхности минеральных материалов // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. 2016. № 1 (2). С. 202–204.

REFERENCES

1 Vasilovskaya G.V., Shevchenko V.A., Kiselev V.P. The use of industrial waste of MMC Norilsk Nickel in the production of road asphalt concrete. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Irkutsk State Technical University]. 2015. no. 3 (98). pp. 130–134. (in Russian).

2 Vasilovskaya G.V., Nazirov D.R. Application of industry waste as a mineral powder in asphalt concrete. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Irkutsk State Technical University]. 2013. no. 10 (81). pp. 153–157. (in Russian)

3 Kuznetsov D.A., Agamyan B.S., Baranov T.R. Resistance to the formation of cracks in the aging of asphalt concrete with porous mineral powders. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova* [Bulletin Belgorod State Technological University. V.G. Shukhov]. 2013. no. 6. pp. 43–45. (in Russian).

4 Kovalev N.S., Otarova E.N. Modified mineral powder by slimes of galvanic production. *Modeli i tekhnologii prirodoobustroystva (regional'nyy aspekt)* [Models and technologies of environmental engineering (regional aspect)]. 2017. no. 4. pp. 67–72. (in Russian).

5 Shikhaliev K.S., Abdullaeva M.Ya. Investigation of the influence of mineral filler on the properties of road-building bitumen *Plasticheskiye massy* [Plastic masses]. 2017. no. 9–10. pp. 35–37. (in Russian).

6 Abdullaeva M.Ya., Shikhaliev K.S. Investigation of the influence of mineral filler on the properties of road-building bitumen. Theoretical & Applied Science. 2016. no. 4 (36). pp. 106–110. (in Russian).

7 Zhou B., Chen Z. Experimental Study on Relation between Micro-structure and Macro-performance of Zeolite-based Humidity Control Building Coating. Procedia Engineering. 2015. vol. 121. pp. 1259–1265.

8 Sakshi K., Stuti K., Ashu R. Characterization and Study of Turkish Perlite International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. 2013. vol. 2. no. 9. pp. 4319–4326.

9 Kopylov V.E., Burenina O.N., Pavlova E.A. Activation of mineral powders as a way to improve the physical and mechanical characteristics of asphalt concretes. *Internet-zhurnal Naukovedeniye* [Internet Journal of Science]. 2017. vol. 9. no. 5. pp. 39. (in Russian).

10 Drozd G. Ya., Biziroka I.I. Adsorption and desorption of bitumen on the surface of mineral materials. *Vestnik Luganskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Vladimira Dalya* [Bulletin of Luhansk State University named after Vladimir Dal]. 2016. no. 1 (2). pp. 202–204. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Марина А. Высоцкая к.т.н., доцент, кафедра автомобильных и железных дорог, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ул. Костюкова, 46, г. Белгород, 308012, Россия, roruri@rambler.ru

Светлана Ю. Шеховцова к.т.н., ст. преподаватель, кафедра строительных материалов и материаловедения, Московский государственный технологический университет, ш. Ярославское, 26, г. Москва, 129337, Россия, shehovtsovasyu@mgsu.ru

Дмитрий А. Кузнецов к.т.н., доцент, кафедра автомобильных и железных дорог, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ул. Костюкова, 46, г. Белгород, 308012, Россия, xidox@yandex.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Marina A. Vysotskaya Cand. Sci. (Engin.), associate professor, automobile and railways department, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Kostukov str., 46, Belgorod, 308012, Russian, roruri@rambler.ru

Svetlana Yu. Shekhovtsova Cand. Sci. (Engin.), senior lecturer, building materials and materials science department, University of civil engeneering, Yaroslavskoye h. 19, Moscow, 129337, Russian, shehovtsovasyu@mgsu.ru

Dmitry A. Kuznetsov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, automobile and railways department, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Kostukov str., 46, Belgorod, 308012, Russian, xidox@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Марина А. Высоцкая планирование и выполнение эксперимента
Светлана Ю. Шеховцова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат
Дмитрий А. Кузнецов консультация в ходе исследования

CONTRIBUTION

Marina A. Vysotskaya planning and performing the experiment
Svetlana Yu. Shekhovtsova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism
Dmitry A. Kuznetsov consultation during the study

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

ПОСТУПИЛА 08.12.2018
ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 28.01.2019

RECEIVED 12.8.2018
ACCEPTED 1.28.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 666.9.035:543.422.3–74

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-289-293

ИК-спектры суперпластификатора СП–2ВУ и цементного раствора с добавкой

Любовь А. Виноградова [1] lavinogradova@ya.ru

Юлия П. Русакова [1] snegjinka@bk.ru

[1] Ивановский государственный химико-технологический университет, пр-т Шереметевский, 7, г. Иваново, 153000, Россия

Аннотация. Для совершенствования свойств бетона применяют различные технологические приемы, наиболее доступным из которых является введение в бетонную смесь химических добавок, позволяющие существенно снизить уровень затрат на единицу продукции, повысить качество и эффективность бетонных и железобетонных конструкций, увеличить срок их службы, а также зданий и сооружений в целом. В настоящей работе представлены результаты по изучению влияния введения суперпласификатора со стабилизирующим эффектом «Полипласта СП–2ВУ» ООО «Полипласт Новомосковск» в бетон с помощью анализа ИК–спектров добавки в чистом виде и в составе затвердевшего цементного раствора (0,1–0,9%). В качестве вяжущего вещества в бетонной смеси использовали портландцемент марки ЦЕМ I 42,5 Б ОАО «Мордовцемент», заполнителями являлись обогащенный кварцевый песок Хромцовского месторождения с модулем крупности 2,4 и гранитный щебень Орского месторождения фракции 5–20 мм с водопоглощением 0,2%. В ходе работы проанализирован химический состав самой добавки СП2-ВУ и в составе затвердевшего модифицированного бетона. Так, введение модификатора в бетонную композицию приводит к изменению ее структуры и прочностных характеристик. Установлено с помощью ИК-спектров, что при содержании добавки в цементном растворе в количестве 0,5% формируется более упорядоченная и стабильная затвердевшая структура. Достоверность полученных данных подтверждается идентификацией основных пиков. За счет модифицирования бетона (при 0,3-0,5% концентрации регулятора в бетонной смеси) прирост прочности образцов составляет более 40%.

Ключевые слова: ИК-спектры; суперпластификаторы; добавка СП2 ВУ; цементные растворы; добавки в бетоны; модифицирование бетонов; технология бетона; свойства бетонов

Infrared spectraof SP–2VU superplastifying agent and a cement mortar with additive

Lyubov A. Vinogradova [1] lavinogradova@ya.ru

Yuliya P. Rusakova [1] snegjinka@bk.ru

[1] Ivanovo state University of chemistry and technology, Sheremetevsky av., 7, Ivanovo, 153000, Russia

Abstract. To improve the concrete properties, various technological methods are used, the most accessible ones being the introduction of chemical additives into the concrete mixture, which can significantly reduce the costs level per unit of production; these additives improve concrete quality and effectiveness and reinforced concrete structures as well as increase their service life and buildings and structures in whole. This paper presents the results of studying the effect of introducing a superplasticizer with stabilizing effect of Polyplast SP – 2VU LLC Polyplast Novomoskovsk into concrete by analyzing the IR spectra of the additive in pure form and as part of hardened cement mortar (0.1–0.9%). Portland cement CEM I 42.5 B of Mordovcement OJSC was used as a binder; the aggregates were enriched with quartz sand from the Khromtsovsky deposit with a size of 2.4 and granite crushed stone of the Orsk deposit of 5–20 mm with water absorption of 0.2% . In the course of the work, the chemical composition of the additive SP2-VU itself and the hardened modified concrete composition were analyzed. Thus, the introduction of a modifier into a concrete composition leads to the change in its structure and strength characteristics. It was established with the help of IR spectra, that when the content of the additive in the cement mortar is 0.5%, a more ordered and stable hardened structure is formed. The reliability of the data obtained is confirmed by the identification of the main peaks. Due to the modification of concrete (at 0.3-0.5% in the concrete mix regulator concentration), the increase in the strength of the samples is more than 40%.

Keywords: infrared spectra; superplastifying agents; additive SP2 VU; cement mortars; concrete additives, concrete manufacturing technology, concrete modification, concrete properties, research on frost resistance

Введение

На сегодняшний день бетон является одним из наиболее распространенных строительных материалов, применяемых практически во всех отраслях строительства.

Для повышения эффективности, качества и долговечности бетона, а также совершенствования его свойств применяют различные технологические приемы, наиболее доступным из которых является введение в бетонную смесь химических добавок [1–6]. Последние позволяют существенно снизить уровень затрат на единицу продукции, повысить качество и эффективность бетонных и железобетонных конструкций, увеличить срок их службы, а также зданий и сооружений в целом [7–12].

Для цитирования

Виноградова Л.А., Русакова Ю.П. ИК-спектры суперпластификатора СП–2ВУ и цементного раствора с добавкой // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 289–293. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-289-293

For citation

Vinogradova L.A., Rusakova Yu.P. Infrared spectraof SP–2VU superplastifying agent and a cement mortar with additive. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 289–293. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-289-293

Проведенные ранее исследования [13] показали, что введение в бетонную смесь суперпластификатора «ПОЛИПЛАСТ СП-3» (производитель ОАО «Полипласт») позволяет регулировать строительно-технические свойства в разных направлениях. Так, содержание 0,5–1,0% регулятора в составе композиции приводит к ускорению скорости схватывания смеси за счет пептизирующего действия добавки. При этом выявлено оптимальное содержание модификатора, способствующее набору необходимой скорости структурообразования системы и формированию прочных структур твердения с определенными эксплуатационными характеристиками. Так, при введении в бетонную смесь 0,5% суперпластификатора СП-3 наблюдается прирост прочности образцов на 22%.

Еще одним представителем группы суперпластификаторов является добавка Полипласт СП-2ВУ, представляющая собой смесь нейтрализованных едким натром полимерных соединений с различной средней молекулярной массой и шириной молекулярно-массового распределения.

Цель работы – изучить влияние введения суперпласификатора СП-2ВУ в бетон в чистом виде и в составе затвердевшего цементного раствора (0,1–0,9%) с помощью анализа ИК–спектров.

Материалы и методы

В качестве вяжущего вещества в бетонной смеси использовали портландцемент марки ЦЕМ I 42,5 Б ОАО «Мордовцемент», соответствующий требованиям ГОСТ 31108–2003 [14] (минералогический состав его клинкера (массовое содержание, %): C_3S – 62; C_2S – 14; C_3A – 6,5; C_4AF – 12).

Заполнителями бетона являлись обогащенный кварцевый песок Хромцовского месторождения с модулем крупности 2,4, отвечающий требованиям ГОСТ 8736–2014 [15], и гранитный щебень Орского месторождения фракции 5–20 мм с водопоглощением 0,2%, соответствующий требованиям ГОСТ 8267–93 [16]. В качестве регулятора использовали суперпластификатор со стабилизирующим эффектом для бетонов и растворов «Полипласта СП-2ВУ» (СП-2ВУ), который выпускает ООО «Полипласт Новомосковск» в форме водного раствора коричневого цвета по ТУ 5745–015–58042865–2006 [17].

Анализ ИК-спектроскопии материала осуществляли с помощью прибора Avatar 360-FT–IP (фирма «Nicolet») в области 500–4000 $см^{-1}$.

Регулирование свойств бетона введением добавки оценивали по пределу прочности при сжатии бетонной композиции в 3-, 7- и 28-суточном возрасте в соответствии с ГОСТ 310.3–76 [18]. Для определения прочностных характеристик готовили бетонную смесь М300 с соотношением компонентов, представленным в таблице 1.

Таблица 1.
Соотношение компонентов в бетонной смеси

Table 1.
The Ratio of Components in Concrete Mix

Состав бетонной смеси The composition of the concrete mix	Массовое содержание, % Mass content, %	
	без добавки no additive	с добавкой with additive
Цемент | Cement	13,83	12,83
Песок | Sand	32,31	34,18
Гравий | Gravel	46,95	46,58
Вода | Water	6,91	6,41
Добавка СП-2ВУ Additive SP-2VU	–	0,30

Введение добавки СП-2ВУ осуществляли в виде водного раствора с массовым содержанием 0,1–0,9% от массы цемента, при этом она вводится сверх 100% состава бетонной смеси.

Твердение бетонных композиций осуществлялось при тепловлажностной обработке образцов в пропарочной камере при температурах до 80 °С и давлении 0,3 МПа.

Результаты и обсуждение

Проанализирован химический состав добавки в чистом виде и в составе затвердевшего цементного раствора с помощью ИК–спектроскопии. Полученные ИК–спектры СП-2ВУ представлены на рисунке 1.

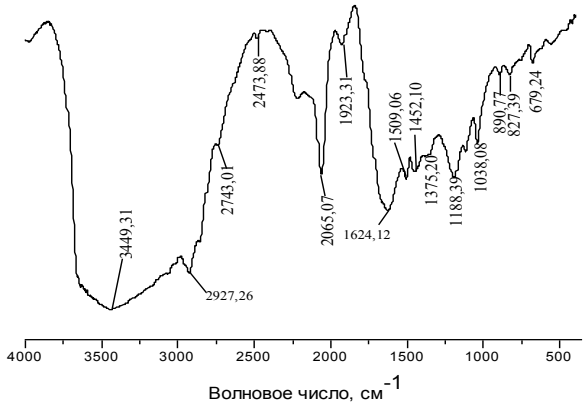


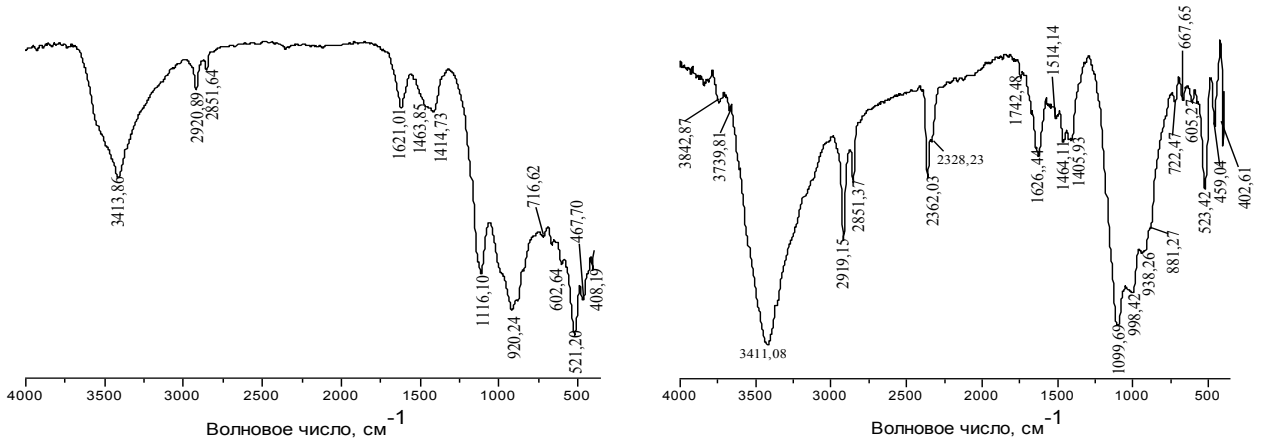
Рисунок 1. ИК–спектр водного раствора Полипласт СП-2ВУ

Figure 1. IR spectrum of an aqueous solution of Polyplast SP–2VU

В связи с тем что добавка взята в виде водного раствора, для нее характерна очень широкая полоса в области 3100–3650 $см^{-1}$, в которой поглощают ОН–группы, соединенные водородными связями. Присутствует полоса ~1600 $см^{-1}$, свойственная свободной воде. При 2927 $см^{-1}$ поглощают метиленовые группы – CH_2–CH_2 –. Умеренно интенсивные колебания метиленовых мостиков наблюдаются и в области 680–900 $см^{-1}$. Заметные полосы соответствуют группам –С–ОН (1512, 1452 $см^{-1}$), – С = О (перегиб при 1785 $см^{-1}$), – С–О–С– (1188,1038 $см^{-1}$).

При 2230 см$^{-1}$ обнаруживается полоса, предположительно отвечающая колебаниям акрилонитрильной группы – C ≡ N, и компонент сложной полосы (1667 см$^{-1}$) – для амидной группы. Можно отметить полосы ~1300 и ~1100 см$^{-1}$, свойственные валентным колебаниям сульфогруппы.

В ходе работы были изучены ИК–спектры цементного раствора с регулятором с концентрацией 0,1 и 0,5% (рисунок 2). Спектры цементного раствора с добавкой содержат в основном полосы поглощения, характерные для гидратированных клинкерных минералов. Это полосы валентных колебаний –Si–O-связей, присутствующих в изолированных (900–950 см$^{-1}$) и в связанных (1100–1200, 833 см$^{-1}$) кремний-кислородных тетраэдрах, алюмокислородных октаэдрах (707–718, 592 см$^{-1}$). Достоверность полученных данных подтверждается идентификацией основных пиков.



a *b*

Рисунок 2. ИК-спектр цементных растворов с добавкой СП-2ВУ. Концентрация добавки, масс. %: *a* – 0,1; *b* – 0,5

Figure 2. The IR spectrum of cement mortars with the addition of SP–2VU. The concentration of the additive, wt. %: *a* – 0.1; *b* – 0.5

При малом содержании добавки (рисунок 2, *a*) полосы имеют нечеткие очертания, что свидетельствует о недостаточно упорядоченной структуре новообразований.

Основные различия спектров (рисунок 2) заключаются в характере полос, соответствующих валентным колебаниям протона относительно кислорода в гидратированных соединениях (области 3100–3700 и 2100–2920 см$^{-1}$).

Первая полоса в спектре на рисунке 2, *a* является сложной, состоящей из компонентов для преимущественно мономерных (~ 3640 см$^{-1}$), димерных (~ 3500 см$^{-1}$) и полимерных (~3390 см$^{-1}$) ОН-групп, тогда как в спектре на рисунке 2, *b* данная полоса отвечает колебаниям полимерных гидроксилов.

Поглощение при 2850 и 2920 см$^{-1}$ в последнем случае также более выражено. Полосы для комбинации деформационных и крутильных колебаний H_2O (2100–2300 см$^{-1}$) в спектре на рисунке 2, *a* практически не наблюдаются (в отличие от рисунка, *b*). Полоса 1621–1626 см$^{-1}$ для межслоевой воды также более дифференцирована (рисунок 2, *b*). ИК-спектры подтверждают формирование более упорядоченной и стабильной структуры при введении СП2-ВУ в количестве 0,5% (рисунок 3), объясняя повышенную (в этом случае) прочность цементного камня. Тогда как с увеличением содержания добавки в бетонной смеси наблюдается некоторое снижение набора прочности бетона.

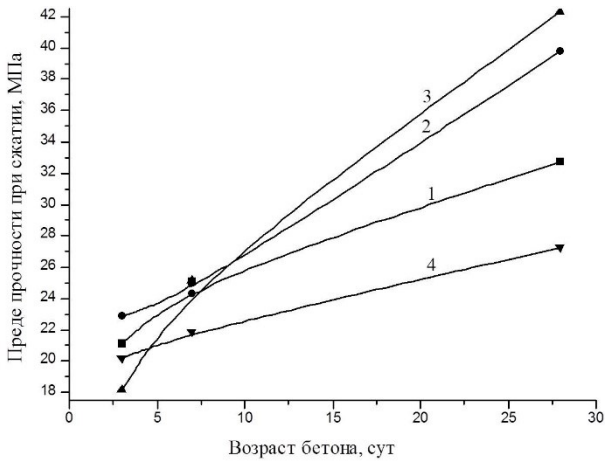


Рисунок 3. Зависимость предела прочности при сжатии от возраста бетона с добавкой СП-2ВУ. Концентрация добавки, %: 1 – 0; 2 – 0,1; 3 – 0,3; 4 – 0,5; 5 – 0,8

Figure 3. Dependence of compressive strength on the age of concrete with the addition of SP–2VU. Concentration of the additive, %: 1 – 0; 2 – 0.1; 3 – 0.3; 4 – 0.5; 5 – 0.8

Заключение

Таким образом, изучение ИК–спектров суперпласификатора СП-2ВУ показало, что введение добавки в бетон приводит к изменению структуры и прочностных характеристик бетонной композиции. Так, выявлено формирование более упорядоченной и стабильной структуры при введении СП-2ВУ в количестве 0,5%, объясняя повышенную (в этом случае) прочность цементного камня. За счет модифицирования бетона прирост прочности образцов составляет более 40%.

Благодаря направленному применению изученной добавки возможно создание оптимальной микроструктуры цементного камня, упрочнение контактных зон цементного камня и заполнителя, уменьшение макропористости и, как следствие всех этих процессов, повышение прочности всей конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1 Баженов Ю.М. Технология бетона: учебник. М.: Издательство АСВ, 2002. 500 с.

2 Виноградова Л.А., Катаргина В.К., Копосов И.А. Основы технологии железобетонных изделий: учеб. пособие. Иваново, 2016. 227 с.

3 Bazhenov Y., Alimov L., Voronin V. Concrete composites of double structure formation // Theoretical Foundation of Civil Engineering: in MATEC Web of Conferences. 2017. doi: 10.1051/matecconf/ 201711700015

4 Sun L., Yu W.Y., Ge Q. Experimental research on the self-healing performance of micro-cracks in concrete bridge // Advanced Materials Research. 2011. V. 250–253. P. 28–32. doi: 10.4028/www.scientific.net/ AMR.250-253.28

5 Jing Z., Jin F., Hashida T., Yamasaki N. et al. Influence of tobermorite formation on mechanical properties of hydrothermally solidified blast furnace slag // Journal of Materials Science. 2008. V. 43. № 7. P. 2356–2361. doi: 10.1007/s10853-007-2025-8

6 Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика: 2-е изд., перераб. и доп. М., 1998. 768 с.

7 Ahmedzade P., Yilmaz M. Effect of polyester resin additive on the properties of asphalt binders and mixtures // Construction and building materials. 2008. V. 22. № 4. P. 481–486.

8 Изотов В.С., Соколова Ю.А. Химические добавки для модификации бетона. М.: Палеотип, 2006. 244 с.

9 Ikotun B.D., Ekolu S. Strength and durability effect of modified zeolite additive on concrete properties // Construction and Building Materials. 2010. V. 24. № 5. P. 749–757.

10 Касторных Л.И. Добавки в бетоны и строительные растворы: учеб.-справ. пособие. 2-е изд. Ростов н/Д: Феникс, 2007. 221 с.

11 Зоткин А.Г. Бетоны с эффективными добавками. М.: Инфра-Инженерия, 2014. 160 с.

12 Sanchez-Alonso E., Vega-Zamanillo A., Castro-Fresno D., DelRio-Prat M. Evaluation of compactability and mechanical properties of bituminous mixes with warm additives // Construction and Building Materials. 2011. V. 25. № 5. P. 2304–2311. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2010.11.024

13 Vinogradova L.A. Effect of introducing poliplast sp-3 superplasticizer on the properties of concrete // Glass and ceramics. 2018. V. 75. № 3–4. P. 160–162.

14 ГОСТ 31108–2003. Цементы общестроительные. Технические условия. Введен 09.01.2004. М.: ГУП ЦПП, 2004. 22 с.

15 ГОСТ 8267–93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. Введен 01.01.1995. М.: Изд-во стандартов, 1995. 42 с.

16 ГОСТ 8736–2014. Песок для строительных работ. Технические условия. Введен 01.04.2015. М.: Стандартинформ, 2015. 8 с.

17 ТУ 5745–015–58042865–2006. Добавки для бетонов и растворов «СП-2ВУ». Технические условия. Введен 31. 03.2006.

18 ГОСТ 310.3–76. Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема (с Изменением № 1). Введен 01.01.1978. М.: Изд-во Стандартов, 1976. 6 с.

REFERENCES

1 Bazhenov Yu.M. Tekhnologiya betona [Concrete technology: textbook]. Moscow, ASV, 2002. 500 p. (in Russian).

2 Vinogradova L.A., Katargina V.K., Koposov I.A. Osnovy tekhnologii zhelezobetonnyh izdelij [Fundamentals of technology of reinforced concrete products: study guide]. Ivanovo, 2016. 227 p. (in Russian).

3 Bazhenov Y., Alimov L., Voronin V. Concrete composites of double structure formation. Theoretical Foundation of Civil Engineering: in MATEC Web of Conferences. 2017. doi: 10.1051/matecconf/ 201711700015

4 Sun L., Yu W.Y., Ge Q. Experimental research on the self-healing performance of micro-cracks in concrete bridge. Advanced Materials Research. 2011. vol. 250–253. pp. 28–32. doi: 10.4028/www.scientific.net/ AMR.250-253.28

5 Jing Z., Jin F., Hashida T., Yamasaki N. et al. Influence of tobermorite formation on mechanical properties of hydrothermally solidified blast furnace slag. Journal of Materials Science. 2008. vol. 43. no. 7. pp. 2356–2361. doi: 10.1007/s10853-007-2025-8

6 Batrakov V.G. Modificirovannye betony. Teoriya i praktika [Modified concretes. Theory and practice]. Moscow, 1998. 768 p. (in Russian).

7 Ahmedzade P., Yilmaz M. Effect of polyester resin additive on the properties of asphalt binders and mixtures. Construction and building materials. 2008. vol. 22. no. 4. pp. 481–486.

8 Izotov V.S., Sokolova Yu.A. Khimicheskiye dobavki dlya modifikatsii betona [Chemical additives for concrete modification]. Moscow, Paleotip, 2006. 244 p. (in Russian).

9 Ikotun B.D., Ekolu S. Strength and durability effect of modified zeolite additive on concrete properties. Construction and Building Materials. 2010. vol. 24. no. 5. pp. 749–757.

10 Kastornyh L.I. Dobavki v betony i stroitel'nye rastvory [Additives in concrete and mortar: a training manual]. Rostov on Don, Feniks, 2007. 221 p. (in Russian).

11 Zotkin A.G. Betony s effektivnymi dobavkami [Concrete with effective additives]. Moscow, Infra-Inzheneriya, 2014. 160 p. (in Russian).

12 Sanchez-Alonso E., Vega-Zamanillo A., Castro-Fresno D., DelRio-Prat M. Evaluation of compactability and mechanical properties of bituminous mixes with warm additives. Construction and Building Materials. 2011. vol. 25. no. 5. pp. 2304–2311. doi: 10.1016/j.conbuildmat. 2010.11.024

13 Vinogradova L.A. Effect of introducing poliplast sp-3 superplasticizer on the properties of concrete. Glass and ceramics. 2018. vol. 75. no. 3–4. pp. 160–162.

14 GOST 31108–2003. Cementy obshchestroitel'nye. Tekhnicheskie usloviya [State Standard 31108–2003. Cements general construction. Technical conditions]. Moscow, GUP CPP, 2004. 22 p. (in Russian).

15 GOST 8267–93. Sнснeben' i gravij iz plotnyh gornyh porod dlya stroitel'nyh rabot. Tekhnicheskie usloviya [State Standard 8267–93. Crushed stone and gravel from dense rocks for construction work. Technical conditions]. Moscow, Izd-vo standartov, 1995. 42 p. (in Russian).

16 GOST 8736–2014. Pesok dlya stroitel'nyh rabot. Tekhnicheskie usloviya [State Standard 8736–2014. Sand for construction work. Technical conditions]. Moscow, Standartinform, 2015. 8 p. (in Russian).

17 TU 5745–015–58042865–2006. Dobavki dlya betonov i rastvorov "SP 2VU". Tekhnicheskie usloviya [Specifications 5745–015–58042865–2006. Additives for concrete and mortars "SP 2VU". Technical conditions]. (in Russian).

18 GOST 310.3–76. Cementy. Metody opredeleniya normal'noj gustoty, srokov skhvatyvaniya i ravnomernosti izmeneniya ob"ema (s Izmeneniem № 1) [State Standard 310.3–76. Cements. Methods for determining the normal density, setting time and uniformity of volume change (with Change No. 1)]. Moscow, Izd-vo Standartov, 1976. 6 p. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Любовь А. Виноградова к.х.н., доцент, кафедра Технологии керамики и наноматериалов, Ивановский государственный химико-технологический университет, пр-т Шереметевский, 7, г. Иваново, 153000, Россия, lavinogradova@ya.ru

Юлия П. Русакова студент, кафедра Технологии керамики и наноматериалов, Ивановский государственный химико-технологический университет, пр-т Шереметевский, 7, г. Иваново, 153000, Россия, snegjinka@bk.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Любовь А. Виноградова организовала производственные испытания, написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и консультация в ходе исследования

Юлия П. Русакова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 14.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 17.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Lyubov A. Vinogradova Cand. Sci. (Chem.), associate professor, ceramics and nanomaterials technology department, Ivanovo state University of chemistry and technology, Sheremetevsky Av., 7, Ivanovo, 153000, Russia, lavinogradova@ya.ru

Yuliya P. Rusakova student, ceramics and nanomaterials technology department, Ivanovo state University of chemistry and technology, Sheremetevsky Av., 7, Ivanovo, 153000, Russia, snegjinka@bk.ru

CONTRIBUTION

Lyubov A. Vinogradova organized production trials, wrote the manuscript, correct it before filing in editing and consultation during the study

Yuliya P. Rusakova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.14.2019

ACCEPTED 2.17.2019

Краткое сообщение/Short message

УДК 66

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-294-297

Механизм процесса разложения апатита фосфорной кислотой

Рауф Ф. Сабиров [1] sabirov.9090@mail.ru
Алексей Ф. Махоткин [1] oxz.kstu@rambler.ru
Юрий Н. Сахаров [1] usacharas@mail.ru
Игорь А. Махоткин [1] oxzkstu@kstu.ru
Илья Ю. Сахаров [1] wisefellow@mail.ru

[1] Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. К. Маркса 68, г. Казань, 420015, Россия

Аннотация. Выполнены экспериментальные исследования кинетики и механизма процесса, разложения апатита фосфорной кислотой, в системе Апатит-H_3PO_4-H_2O без добавления серной кислоты. Исследование процесса разложения Ковдорского апатита с определёнными размерами частиц проводили в реакторе периодического действия объемом 1 $дм^3$ при перемешивании реакционной смеси, и начальной концентрации фосфорной кислоты 17% масс., при температуре 78–82 °С. Наблюдение за ходом процесса осуществляли посредством определения концентрации фосфорной кислоты и концентрации монокальцийфосфата. Кислотность реакционной смеси определяли по показаниям pH-метра (pH-105 МА с электродом стеклянным комбинированным – ЭСК-10603). Показано, что в ходе всего процесса происходит постоянное плавное увеличение значения pH реакционной смеси до значения pH 6. Сравнение значений pH реакционной смеси в ходе процесса при фактической в момент определения концентрации фосфорной кислоты и значений pH фосфорной кислоты соответствующей концентрации в водном растворе показывает, что на значение pH реакционной смеси существенно влияет присутствие геля монокальцийфосфата. В ходе процесса в течение первых тридцати минут происходит уменьшение концентрации фосфорной кислоты с 17 до 10% масс., соответствующее количественное образование геля монокальцийфосфата и пропорциональное увеличение значений pH реакционной смеси. По мере уменьшения концентрации фосфорной кислоты процесс замедляется и в условиях проведения эксперимента протекает не до конца. Зависимость концентрации ионов водорода в реакционной смеси от времени протекания процесса разложения апатита в фосфорной кислоте, которое представлено в логарифмических координатах, показывает, что механизм процесса образования ионов водорода в ходе всего процесса не меняется. Таким образом показано, что процесс разложения апатита фосфорной кислотой в системе апатит-H_3PO_4-H_2O протекает с образованием промежуточного продукта – геля монокальцийфосфата. При этом происходит соответствующее значительное изменение значений величины pH реакционной смеси. В ходе всего процесса происходит постоянное уменьшение концентрации фосфорной кислоты.

Ключевые слова: механизм, кинетика, фосфорная кислота, апатит, технология

Mechanism of the process of decomposition of apatitis with phosphoric acid

Rauf F. Sabirov [1] sabirov.9090@mail.ru
Alexey F. Makhotkin [1] oxz.kstu@rambler.ru
Yury N. Sakharov [1] usacharas@mail.ru
Igor A. Makhotkin [1] oxzkstu@kstu.ru
Ilya Yu. Sakharov [1] wisefellow@mail.ru

[1] Kazan National Research Technological University, K. Marx st., 68,Kazan, 420015, Russia

Abstract. Experimental studies of the kinetics and mechanism of the process, decomposition of apatite by phosphoric acid, in the Apatite-H_3PO_4-H_2O system without the addition of sulfuric acid have been performed. The study of the decomposition process of Kovdorsky apatite with certain particle sizes was carried out in a batch reactor with a volume of 1 dm^3 with stirring of the reaction mixture, and an initial concentration of phosphoric acid of 17% by weight, at a temperature of 78–82 °C. Observation of the process was carried out by determining the concentration of phosphoric acid and the concentration of monocalcium phosphate. The acidity of the reaction mixture was determined by the pH meter readings (pH-105 MA with a glass combined-ESC-10603 electrode). It was shown that during the whole process a constant smooth increase in the pH value of the reaction mixture to pH 6 occurs. Comparison of the pH values of the reaction mixture during the actual at the time of determining the concentration of phosphoric acid and pH of phosphoric acid of the corresponding concentration in the aqueous solution shows that the pH value of the reaction mixture is significantly affected by the presence of monocalcium phosphate gel. During the process, during the first thirty minutes, the concentration of phosphoric acid decreases from 17 to 10% by weight, the corresponding quantitative formation of monocalcium phosphate gel and a proportional increase in the pH of the reaction mixture. Then, as the concentration of phosphoric acid decreases, the process slows down and does not proceed to the end under the experimental conditions. The dependence of the concentration of hydrogen ions in the reaction mixture on the time of the process of decomposition of apatite in phosphoric acid, which is presented in logarithmic coordinates, shows that the mechanism of formation of hydrogen ions during the whole process does not change. Thus, it is shown that the process of decomposition of apatite by phosphoric acid in the Apatite-H_3PO_4-H_2O system proceeds with the formation of an intermediate product - monocalcium phosphate gel. When this occurs, a corresponding significant change in the pH values of the reaction mixture occurs. During the whole process there is a constant decrease in the concentration of phosphoric acid.

Keywords: mechanism, kinetics, phosphoric acid, apatite, technology

Для цитирования

Сабиров Р.Ф., Махоткин А.Ф., Сахаров Ю.Н., Махоткин И.А., Сахаров И.Ю. Механизм процесса разложения апатита фосфорной кислотой // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 294–297. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-294-297

For citation

Sabirov R.F., Makhotkin A.F., Sakharov Yu.N., Makhotkin I.A., Sakharov I.Yu. Mechanism of the process of decomposition of apatitis with phosphoric acid. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 294–297. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-294-297

Введение

Производство экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) основано на разложении фосфатного сырья серной кислотой [1]. В основном фосфорную кислоту применяют при производстве минеральных удобрений [2]. Согласно данным International Fertilizer Industry Association ожидается рост объёмов производства экстракционной фосфорной кислоты до 47,8 млн т (в пересчёте на P_2O_5) [3]. За пятилетний период ежегодный прирост составит около 3,9%.

Материалы и методы

С целью раскрытия механизма выполнено исследование процесса разложения Ковдорского апатита с размерами частиц 0,16 мм в реакторе периодического действия объемом 1 дм^3 при перемешивании реакционной смеси. Начальная концентрация фосфорной кислоты 17% масс. Процесс разложения осуществляется без добавления серной кислоты. Масса навески апатита 50 г, процесс разложения апатита осуществляется при температуре 78–82 °С.

В ходе процесса определяли концентрацию фосфорной кислоты и монокальцийфосфата [4]. Кислотность реакционной смеси находили по показаниям pH-метра (pH-105 МА с электродом стеклянным комбинированным – ЭСК-10603).

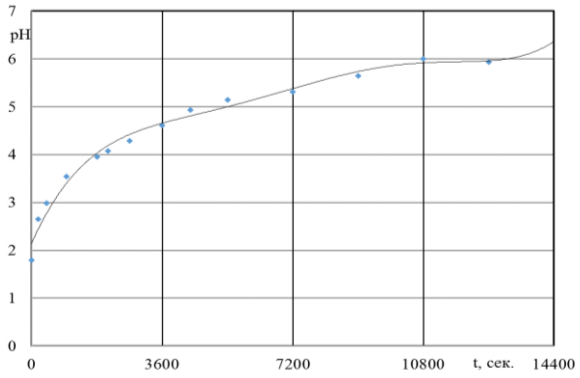


Рисунок 1. Зависимость pH реакционной смеси от времени протекания процесса разложения Ковдорского апатита в фосфорной кислоте. Размер частиц 0,16 мм. Начальная концентрация H_3PO_4 – 17%

Figure 1. The dependence of the pH of the reaction mixture on the time of the process of decomposition of Kovdorsky apatite in phosphoric acid. The particle size is 0.16 mm. Initial concentration of H_3PO_4 – 17%

Результаты и обсуждение

Данные экспериментального исследования процесса разложения апатита фосфорной кислотой представлена на рисунке 1–3. В ходе процесса происходит плавное увеличение значения pH реакционной смеси до значения pH 6 (рисунок 1). В начале происходит быстрое уменьшение концентрации фосфорной кислоты с 17 до 10% масс., после этого процесс идёт медленно и не до конца (рисунок 2), при этом одновременно происходит образование геля монокальцийфосфата [5–8].

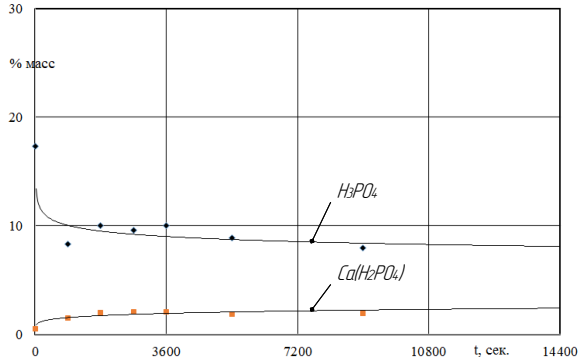


Рисунок 1. Зависимость массовой концентрации фосфорной кислоты и монокальцийфосфата от времени протекания процесса разложения апатита в фосфорной кислоте. Размер частиц 0,16 мм. Температура 80 °С

Figure 1. The dependence of the mass concentration of phosphoric acid and monocalcium phosphate on the time of the process of decomposition of apatite in phosphoric acid. Particle size 0.16 mm. Temperature 80 °C

Сравнение значений pH реакционной смеси (рисунок 1) и значений pH фосфорной кислоты в водном растворе (рисунок 3) показывает, что на значение pH реакционной смеси существенно влияет присутствие геля монокальцийфосфата.

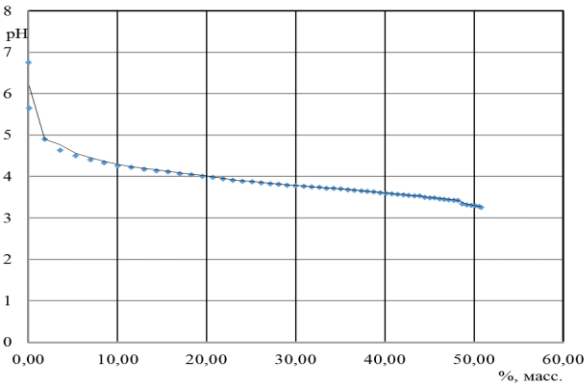


Рисунок 3. Зависимость pH фосфорной кислоты в водном растворе от концентрации фосфорной кислоты

Figure 3. The dependence of the pH of phosphoric acid in aqueous solution on the concentration of phosphoric acid

Зависимость концентрации ионов водорода в реакционной смеси от времени протекания процесса разложения апатита в фосфорной кислоте, которое представлено в логарифмических координатах на рисунке 4, показывает, что механизм процесса образования ионов водорода не меняется [9–12].

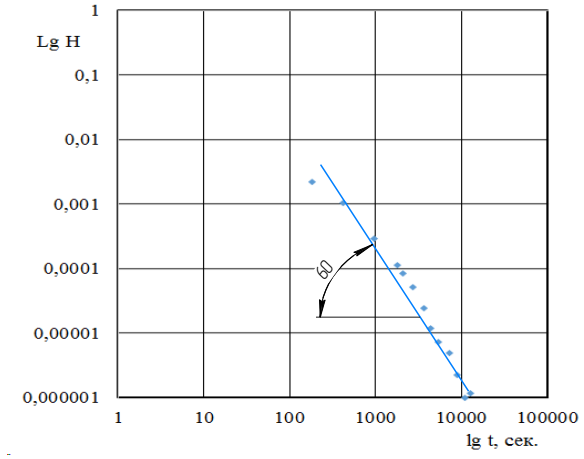


Рисунок 4. Зависимость концентрации ионов водорода в реакционной смеси от времени протекания процесса разложения Ковдорского апатита в фосфорной кислоте в логарифмических координатах

Figure 4. The dependence of the concentration of hydrogen ions in the reaction mixture from the time of the process of decomposition of Kovdorsky apatite in phosphoric acid in logarithmic coordinates

Заключение

Установлен механизм процесса разложения апатита фосфорной кислотой в системе апатит-H_3PO_4-H_2O, который в системе апатит-H_3PO_4-H_2SO_4-H_2O включает 2 стадии – стадию взаимодействия апатита с фосфорной кислотой с получением геля монокальцийфосфата и разложения геля монокальцийфосфата серной кислотой. Экспериментально показано, что первая стадия протекает по механизму взаимодействия апатита с фосфорной кислотой с образованием промежуточного продукта – геля монокальцийфосфата. При этом имеет место значительное изменение значений величины pH реакционной смеси. В ходе процесса наблюдается постоянное уменьшение концентрации H_3PO_4.

ЛИТЕРАТУРА

1 Карпова М.И., Фахрутдинов Р.З., Непряхин А.Е., Межуев С.В. Фосфориты России: состояние, проблемы, стратегия развития МСБ // Разведка и охрана недр. 2009. № 10. С. 33–37.

2 Непряхин А.Е., Сенаторов П.П., Карпова М.И. Фосфатно-сырьевая база России: новые технологии и перспективы освоения // Горная техника.2009. С. 136–144.

3 Valkov A.V., Andreev V.A., Anufrieva A.V., Makaseev Y.N. et al. Phosphogypsum technology with the extraction of valuable components // Procedia Chemistry. 2014. V. 11. P. 176–181.

4 Hammas I., Horchani-naifer K., Férid M., Barca D. Rare earths concentration from phosphogypsum waste by two-step leaching method // International Journal of Mineral Processing. 2016. V. 149. P. 78–83. doi: 10.1016/j.minpro.2016.02.011

5 Копылев Б.А. Технология экстракционной фосфорной кислоты. Ленинград: Химия, 1981. 224 с.

6 Терещенко Л.Я., Орехов И.И., Лаптев М.Я. Производство фосфорной и серной кислот. Ленинград: СЗПИ, 1968. 157 с.

7 Ким С. Мировой рынок фосфорной кислоты // The Chemical Journal. 2011. С. 20–24.

8 Грошева Л.П. Технология неорганических веществ: сборник лабораторных работ № 2. Новгородский государственный университет, 2007. 29 с.

9 Сахаров Ю.Н, Махоткин А.Ф., Махоткин И.А. Обобщение закономерностей кинетики процессов разложения фосфорита и апатита растворами фосфорной исерной кислот // Вестник технологического университета. 2015. Т. 18. № 22. С. 37–39.

10 Codari F., Lazzari S., Soos M., Storti G. et al. Kinetics of the hydrolytic degradation of poly (lactic acid) // Polymer degradation and stability. 2012. V. 97. №. 11. P. 2460–2466.

11 El-Sayed G.O., Yehia M.M., Asaad A.A. Assessment of activated carbon prepared from corncob by chemical activation with phosphoric acid // Water Resources and Industry. 2014. V. 7. P. 66–75.

12 Harada S., Kuwano S., Yamaoka Y., Yamada K. et al. Kinetic resolution of secondary alcohols catalyzed by chiral phosphoric acids // Angewandte Chemie International Edition. 2013. V. 52. № 39. P. 10227–10230. doi: 10.1002/anie.201304281

REFERENCES

1 Karpova M.I., Fakhrutdinov R.Z., Nepryakhin A.E., Mezhuyev S.V. Phosphorites of Russia: state, problems, development strategy of small and medium business. *Razvedka i okhrana nedr* [Exploration and protection of mineral resources]. 2009. no. 10. pp. 33–37. (in Russian).

2 Nepryakhin A.E., Senatorov P.P., Karpova M.I. Phosphate raw material base of Russia: new technologies and development prospects. *Gornaya tekhnika* [Mining equipment]. 2009. pp. 136–144. (in Russian).

3 Valkov A.V., Andreev V.A., Anufrieva A.V., Makaseev Y.N. et al. Phosphogypsum technology with the extraction of valuable components. Procedia Chemistry. 2014. vol. 11. pp. 176–181.

4 Hammas I., Horchani-naifer K., Férid M., Barca D. Rare earths concentration from phosphogypsum waste by two-step leaching method. International Journal of Mineral Processing. 2016. vol. 149. pp. 78–83. doi: 10.1016/j.minpro.2016.02.011

5 Kopylev B.A. Tekhnologiya ekstraktsionnoy fosfornoy kisloty [Extraction phosphoric acid technology]. Leningrad, Khimiya, 1981. 224 p. (in Russian).

6 Tereshchenko L.Ya., Orekhov I.I., Laptev M.Ya. Proizvodstvo fosfornoy i sernoy kislot [Production of phosphoric and sulfuric acids]. Leningrad, SZPI, 1968. 157 p. (in Russian).

7 Kim S. The World Market for Phosphoric Acid. The Chemical Journal. 2011. pp. 20–24. (in Russian).

8 Grosheva L.P. Tekhnologiya neorganicheskikh veshchestv [Technology of inorganic substances: collection of laboratory works No. 2]. Novgorod State University, 2007. 29 p. (in Russian).

9 Sakharov Yu.N., Makhotkin A.F., Makhotkin I.A. Generalization of the laws of the kinetics of the decomposition of phosphate and apatite with solutions of phosphoric isometric acid. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the University of Technology]. 2015. vol. 18. no. 22. pp. 37–39. (in Russian).

10 Codari F., Lazzari S., Soos M., Storti G. et al. Kinetics of the hydrolytic degradation of poly (lactic acid). Polymer degradation and stability. 2012. vol. 97. no. 11. pp. 2460–2466.

11 El-Sayed G.O., Yehia M.M., Asaad A.A. Assessment of activated carbon prepared from corncob by chemical activation with phosphoric acid. Water Resources and Industry. 2014. vol. 7. pp. 66–75

12 Harada S., Kuwano S., Yamaoka Y., Yamada K. et al. Kinetic resolution of secondary alcohols catalyzed by chiral phosphoric acids. Angewandte Chemie International Edition. 2013. vol. 52. no. 39. pp. 10227–10230. doi: 10.1002/anie.201304281

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Рауф Ф. Сабиров аспирант, кафедра оборудование химических заводов, Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. К. Маркса 68, г. Казань, 420015, Россия, sabirov.9090@mail.ru

Алексей Ф. Махоткин д.т.н., профессор, заведующий кафедрой оборудование химических заводов, Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. К. Маркса 68, г. Казань, 420015, Россия, oxz.kstu@rambler.ru

Юрий Н. Сахаров к.т.н., доцент, кафедра оборудование химических заводов, Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. К. Маркса 68, г. Казань, 420015, Россия, usacharas@mail.ru

Игорь А. Махоткин к.т.н., доцент, кафедра оборудование химических заводов, Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. К. Маркса 68, г. Казань, 420015, Россия, oxzkstu@kstu.ru

Илья Ю. Сахаров ассистент, кафедра оборудование химических заводов, Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. К. Маркса 68, г. Казань, 420015, Россия, wisefellow@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы принимали участие в написании статьи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 10.12.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 04.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Rauf F. Sabirov graduate student, chemical plant equipment department, Kazan National Research Technological University, K. Marx st., 68, Kazan, 420015, Russia, sabirov.9090@mail.ru

Alexey F. Makhotkin Dr. Sci. (Engin.), professor, head of the Department of Chemical Plant Equipment, Kazan National Research Technological University, K. Marx st., 68, Kazan, 420015, Russia, oxz.kstu@rambler.ru

Yury N. Sakharov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, chemical plant equipment department, Kazan National Research Technological University, K. Marx st., 68, Kazan, 420015, Russia, usacharas@mail.ru

Igor A. Makhotkin Cand. Sci. (Engin.), associate professor, chemical plant equipment department, Kazan National Research Technological University, K. Marx st., 68, Kazan, 420015, Russia, oxzkstu@kstu.ru

Ilya Yu. Sakharov assistant, chemical plant equipment department, Kazan National Research Technological University, K. Marx st., 68, Kazan, 420015, Russia, wisefellow@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors participated in the writing of the article and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 12.10.2018

ACCEPTED 2.4.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 640

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-298-302

Синтез алкоголята натрия алифатических аминоспиртов

Алсу М. Ахметшина [1] alsy953@gmail.com
Юлия Н. Чиркова [1] ju.chirkova@mail.ru

[1] Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) КНИТУ, пр. Строителей, 47, Нижнекамск, 423578, Россия

Аннотация. В настоящее время развитие современного материаловедения в области разработки и синтеза новых функциональных материалов для использования в различных отраслях промышленности невозможно без обеспечения набором исходных соединений заданного состава. Введение в состав органических соединений металлов расширило синтетические возможности химии. Известно, что в качестве катализаторов анионной полимеризации можно использовать металлалкилы, алкоксиды (алкоголяты) и амиды металлов. В настоящее время с применением н-бутиллития реализованы промышленные процессы получения полибутадиена марки СКД-Л. Основной целью данной работы являлось получение этилендиамин-N,N'-диизопропилата натрия и исследование его в качестве модифицирующей добавки к инициирующей системе для получения статистического бутадиен-стирольного каучука. На первоначальном этапе работа важным являлось синтезировать оксипропилированный этилендиамин, определить оптимальные условия процесса, проанализировать состав продуктов, установить оптимальное соотношение исходных продуктов соответствующего наибольшему выходу оксипропилированному продукту, содержащему вторичные аминные группы. В работе синтезирован алкоголят взаимодействием оксипропилилерованного этилендиамина с металлическим натрием. В работе установлено, что синтезированный продукт проявляет свойства модифицирующей добавки к инициирующей системе сополимеризация стирола с бутадиеном. Бутадиен-стирольный каучук, полученный на основе этилендиамин-N,N'-диизопропилата натрия, является строго статистическим и характеризуется от среднего до преимущественного содержания 1,2 звеньев в бутадиеновой части, низким содержанием микроблочного стирола в основной части углеродной цепи.

Ключевые слова: алкоголят, β-оксипропилирование амина, алифатический аминоспирт, модификатор полимеризации

Synthesis of alcoholate of sodium aliphatic aminoalcohols

Alsu M. Akhmetshina [1] alsy953@gmail.com
Yuliya N. Chirkova [1] ju.chirkova@mail.ru

[1] Nizhnekamsk Institute for Chemical Technology (branch) KNITU, 47, Stroiteley str., Nizhnekamsk, 423570, Russia

Abstract. At present, the development of modern materials science in the field of development and synthesis of new functional materials for use in various industries is impossible without providing a set of initial compounds of a given composition. Introduction to the composition of organic compounds of metals expanded the synthetic possibilities of organic chemistry. It is known that the catalysts, the polymerization unioneu you can use metallicity, alkoxides (alcoholates), and amides of metals. Currently, with the use of n-butylithium, industrial processes of obtaining SKD-L polybutadiene have been implemented.the Main purpose of this work was to obtain Ethylenediamine-N,N'-sodium diisopropylate and study it as a modifying additive to the initiating system for the production of statistical butadiene-styrene rubber. At the initial stage, it was important to synthesize hydroxypropylated Ethylenediamine, to determine the optimal process conditions, to analyze the composition of products, to establish the optimal ratio of the initial products corresponding to the highest yield of the hydroxypropylated product containing secondary amine groups. The work synthesized alcohol interaction oxypropylation of Ethylenediamine with sodium metal. It was found that the synthesized product exhibits the properties of a modifying additive to the initiating system of styrene-butadiene copolymerization. Butadiene-styrene rubber, obtained on the basis of Ethylenediamine-N, n'-sodium diisopropylate, is strictly statistical and is characterized by an average to a predominant content of 1.2 links in the butadiene part, low content of microblock styrene in the main part of the carbon chain.

Keywords: alcohol, β-hydroxypropylation of amine, aliphatic amino alcohol, polymerization modifier

Введение

Введение в состав органических соединений металлов расширило синтетические возможности органической химии. Металлоорганические соединения находят практическое применение при получении инсектицидов и фунгицидов, антидетонаторов моторного топлива и т. д. Они привлекают внимание как возможные компоненты ракетных топлив [1, 2]. Алкоголяты щелочных металлов ароматических аминоспиртов нашли применения для получения олигомерных стабилизаторов пролонгированного действия для шинной промышленности [3, 4]. Известно, что в качестве катализаторов анионной полимеризации можно использовать металлалкилы, алкоксиды (алкоголяты) и амиды металлов [5–9]. В настоящее время с применением н-бутиллития реализованы промышленные процессы получения полибутадиена марки СКД-Л (ПАО "Нижнекамскнефтехим").

Для цитирования

Ахметшина А.М., Чиркова Ю.Н. Синтез алкоголята натрия алифатических аминоспиртов // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 298–302. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-298-302

For citation

Akhmetshina A.M., Chirkova Yu.N. Synthesis of alcoholate of sodium aliphatic aminoalcohols. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 298–302. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-298-302

Использование металлоорганических соединений в процессах полимеризации позволяет повысить скорость процесса, снижает вклад побочных процессов гелеобразования (структурирование полимерной цепи), обеспечивает синтез полимера с необходимой микроструктурой [10–12].

В то же время все больший интерес начинают приобретать инициирующие системы, способные функционализировать полимерную цепь. Наличие функциональных групп в составе каучука придает интересный комплекс свойств конечному продукту на его основе (в частности, резина) [13].

Цель работы – синтез алкоголята натрия на основе окисипропилированного этилендиамина, оценка эффективности в качестве модификатора анионной полимеризации, а также изучение физико-химических свойств синтезированных алкоголятов.

Материалы и методы

Оксипропилирование этилендиамина осуществляли на периодической установке (рисунок 1). Изотермический реактор *1* оксипропилирования снабжен мешалкой *2* и рубашкой, в которую подается теплоноситель из термостата *5*.

Подачу окиси пропилена в реактор производили со скоростью 30–100 см^3/ч, обеспечивающей давление в реакторе не выше 0,49 МПа. На установке предусмотрен аварийный сброс избыточного давления из реактора *1* через вентиль *13*. Время реакции 5–6 ч. Выгрузка продуктов реакции и отбор проб происходит через вентиль *11*.

После выгрузки реакционной массы из реактора, ее подвергали разделению на установке вакуумной перегонки.

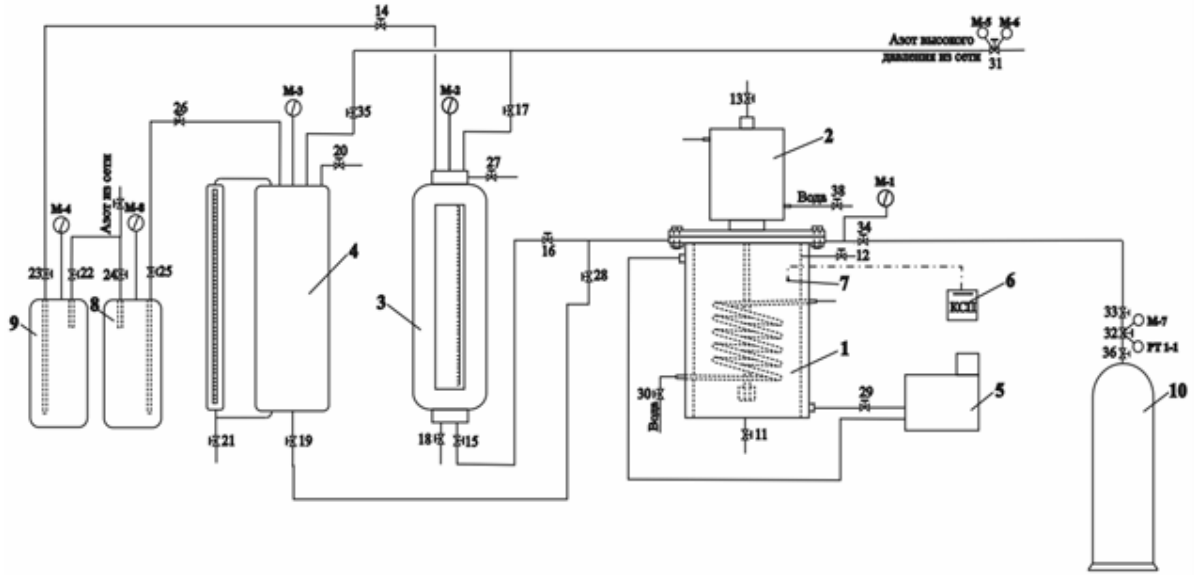


Рисунок 1. Схема лабораторной установки синтеза простых полиэфиров: 1 – реактор; 2 – электропривод мешалки; 3 – дозировочная емкость для окиси пропилена; 4 – дозировочная емкость для окиси этилена; 5 – термостат; 6 – потенциометр; 7 – термопара; 8 – контейнер для окиси этилена; 9 – контейнер для окиси пропилена; 10 – баллон с инертным газом

Figure 1. Scheme of laboratory plant for the synthesis of polyethers: 1 – reactor; 2 – electric stirrer; 3 – dosing tank for propylene oxide; 4 – dosing tank for ethylene oxide; 5 – thermostat; 6 – potentiometer;7 – thermocouple; 8 – container for ethylene oxide; 9 – container for propylene oxide; 10 – cylinder with inert gas

Для определения количественного и качественного состава продуктов оксипропилирования этилендиамина используется хроматографический метод. Пробу исследовали на хроматографе «Кристалл-2000», тип хроматографа АЦП Мета-Хром, модуль детекторов-ПИД-ЭЗД-ПФДС/Ф.

Капиллярная колонка CP-WAX-52 CB длиной 50 м, внутренним диаметром 0,32 мм, жидкая фаза 1,2 мкм.

Определение общего содержания азота в полученных продуктах осуществляли методом Къельдаля.

Влагу определяли методом Фишера. Минимальная определяемая масса воды в навеске анализируемого препарата 0,0005 г.

Синтез модификатора проводят путем взаимодействия металлического натрия с окси-пропилированным этилендиамином на установке, изображенной на рисунке 2.

Синтез модифицирующей добавки проводили в толуоле, так как он является высокотемпературным растворителем, что позволяет достичь высокого превращения натрия. Синтез модифицирующей добавки проводили при температуре 110 °С и продолжительности процесса 7 ч.

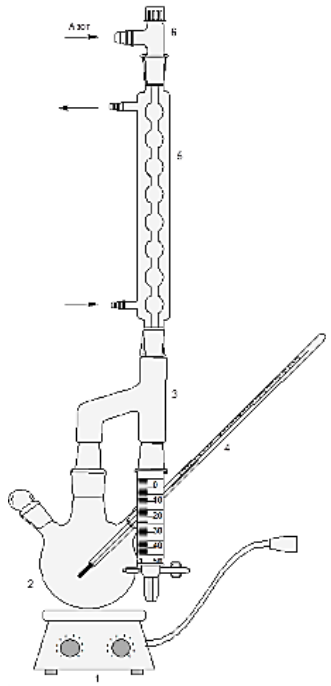


Рисунок 1. Лабораторная установка для синтеза модификатора: 1 – электрическая плитка; 2 – круглодонная трёхгорлая колба объёмом 500 см^3; 3 – насадка Дина–Старка; 4 – термометр со шкалой от 0 до 150 °С; 5 – обратный холодильник; 6 – насадка для подачи азота в системы

Figure 1. Laboratory setup for modifier synthesis 1 – electric tile; 2 – round-bottom three-neck flask of 500 cm^3; 3 – nozzle of Dean–Stark; 4 – thermometer with a scale from 0 to 150 °C; 5 – reverse refrigerator; 6 – nozzle for nitrogen supply to systems

Концентрацию модифицирующей добавки определяли путем измерения общей щелочности (О.Щ.). Метод основан на реакции взаимодействия модифицирующей добавки с водой, взятой в избыточном количестве, с образованием гидроксидов щелочных, щелочноземельных металлов и аминоспирта с последующей нейтрализацией продуктов реакции раствором соляной кислоты в присутствии индикатора – бромтимолового синего.

Результаты и обсуждение

На первоначальном этапе важным являлось синтезировать оксипропилированный этилендиамин, определить оптимальные условия процесса и проанализировать состав продуктов. Следующий этап исследования – определение оптимального соотношения исходных продуктов, соответствующего наибольшему выходу оксипропилированного продукта.

Для изучения влияния соотношения исходных реагентов на процесс оксипропилирования этилендиамина выбраны следующие мольные соотношения: этилендиамин:окись пропилена (ЭДА:ОП) : 1,00:0,25; 1,0:0.5; 1,00:0,75; 1:1. Все образцы были синтезированы при одинаковых условиях за исключением соотношений исходных реагентов (таблица 1).

Таблица 1.

Результаты анализа синтезированных образцов

Table 1.

Results of the analysis of the synthesized samples

Образцы Samples	Содержание аминов, % масс. Amine content, % by weight.		
	Первичные Primary	Вторичные Secondary	Третичные Tertiary
ЭДА:ОП EDA:OP 1,00:0,25	35,2	11,9	52,9
ЭДА:ОП EDA:OP 1,0:0,5	23,7	15,3	61
ЭДА:ОП EDA:OP 1,00:0,075	8,7	29	62,3
ЭДА:ОП EDA:OP 1:1	1,5	50,9	47,6
ЭДА:ОП: МОПЭДА EDA:OP: MOPEDA 6: 3:11	0,3	64,3	35,4

Согласно ранее проведенным исследованиям использование оксипропилированного этилендиамина с двумя вторичными аминогруппами в составе в качестве модификатора анионной полимеризации позволяет формировать макромолекулы с функциональными группами, расположенными в середине полимерной цепи. Это достигается за счет формирования амида лития при взаимодействии бутиллития с исследуемым модификатором на стадии инициирования [14].

Как видно из данных таблицы 1, при синтезе оксипропилированного этилендиамина образуется смесь соединений с аминогруппами различного строения (первичные, вторичные, третичные). Вместе с тем, как в последнем образце ОПЭДА-5, содержание соединений с вторичной аминогруппой превышает 64%.

Результат дифференциальной сканирующей калориметрии синтезированных продуктов представлен на рисунке 3.

На рисунке 3 можно наблюдать три точки фазового перехода, которые свидетельствуют о присутствии в исследуемой пробе трех продуктов с разными температурами замерзания (t = 73,2; 90,0; 118,3 °С), что доказывает наличие смеси продуктов.

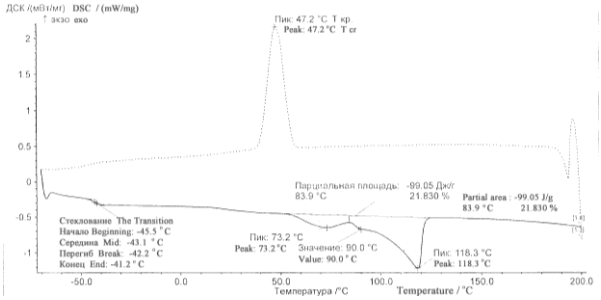


Рисунок 3. Кривая ДСК синтезированного образца ОПЭДА-5

Figure 3. DSK curve of the synthesized sample OPEDA-5

Результаты исследования синтезированных продуктов методом ИК-спектроскопии представлены на рисунке 4.

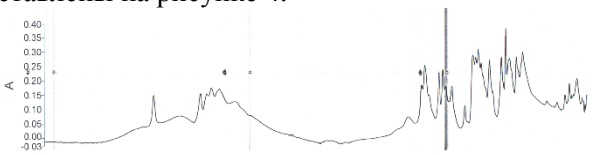


Рисунок 4. ИК-спектроскопический анализ синтезированного образца ОПЭДА-5

Figure 4. IR spectroscopic analysis of the synthesized sample OPEDA-5

Наличие на ИК-спектре одного большого пика в области 3270,88 см$^{-1}$ и отсутствие двойного пика указывает на то, что в образце в основном присутствуют вторичные аминные группы. А доля первичных (монозамещенные и дизамещенные при одном атоме азота) аминных групп в исследуемом продукте мала. На ИК-спектре присутствует группа сигналов, характерных для третичных аминов (1230–1030 см$^{-1}$).

Результаты исследования показателей модифицирующей добавки приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Результаты анализа модифицирующей добавки

Table 2.

Results of the analysis of the modifying additive

Показатель Indicator	Значение Value
Общая щёлочность, моль/л Total alkalinity, mol/l	0,68
Гидроксильное число, моль/л Hydroxyl number, mol/l	0,30
Содержание натрия, % масс. Sodium content, % by weight.	0,51
Содержание азота, % масс. Nitrogen content, % by weight.	0,76
Содержание влаги, % масс. Moisture content, % by weight.	0,42

Эффективность синтезированного продукта ОПЭДА-5 в качестве модификатора анионной полимеризации исследовали в процессе сополимеризации бутадиена и стирола в присутствии катализатора н-бутиллития (таблица 3).

Таблица 3.

Условия и результаты сополимеризации бутадиена и стирола

Table 3.

Conditions and results of copolymerization of butadiene and styrene

Показатель Indicator	Значение Value
Тип модификатора Modifier type	ОПЭДА-5 (Толуол) OPED-5 (Toluene)
Дозировка инициатора, моль/г The dosage of initiator, mol/g	$2{,}4\times10^{-5}$
Соотношение модификатор: инициатор, мол Ratio modifier:initiator, mol	1/1,35
Конверсия мономеров, % масс. Conversion of monomers, % by weight. 30 мин (min) 60 мин (min) 120 мин (min)	 47,5 70,8 95,0
Содержание 1,2-зв., % масс. The content of 1,2-links, % by weight.	44,4
Содержание стирола, % масс. Styrene content, % by weight.	25,3

Как видно из таблицы 3, в присутствии модификатора при продолжительности процесса 2 ч достигается конверсия мономеров 95%. Полимеризационная активность модификатора объясняется инициированием процесса сополимеризации с участием амидов лития, которые образуются при взаимодействии молекул н-бутиллития со вторичными аминогруппами в составе модификатора.

Заключение

Модификатор этилендиамин-N,N’–диизопропилата натрия, являющийся продуктом синтеза на основе оксипропилированного этилендиамина, проявляет свойства модифицирующей добавки к инициирующей системе «сополимеризация стирола с бутадиеном». Вторичные аминогруппы, содержащиеся в синтезированном модификаторе, при взаимодействии с катализатором н-бутиллитием образуют функционализированный инициатор, представляющий собой амид лития.

Функционализация может осуществляться как на стадии синтеза и выделения сополимера, так и в процессе его переработки. Можно сделать вывод, что бутадиен-стирольный каучук, полученный на основе этилендиамин-N,N’–диизопропилата натрия, является строго статистическим и характеризуется от среднего до преимущественного содержания 1,2 звеньев в бутадиеновой части, низким содержанием микроблочного стирола в основной части углеродной цепи. Регулирование 1,2 звеньев в бутадиеновой части полимера достигается изменением концентрации модифицирующей добавки.

ЛИТЕРАТУРА

1 Туревская Е.П., Яновская М.И., Турова Н.Я. Исследование алкоголятов металлов для получения оксидных материалов // Неорганические материалы. 2000. Т. 36. № 3. С. 265–274.

2 Туревская Е.П., Козлова Н.И., Турова Н.Я. Применение алкоксотехнологии для получения порошков и пленок // Сверхпроводимость: физика, химия, техника. 1989. Т. 2. № 9. С. 30–37.

3 Земский Д.Н., Дорофеева Ю.Н. Влияние состава олигомерных аминных стабилизаторов на термоокислительное старение вулканизатов // Каучук и резина. 2009. № 6. С. 12–13.

4 Земский Д.Н., Чиркова Ю.Н. Новые ингредиенты резиновых смесей // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 12. С. 143–145.

5 Novokshonova L.A., Meshkova I.N., Ushakova T.M., Kudinova O.I. et al. Immobilized organometallic catalysts in the catalytic polymerization of olefins // Polymer Science. Series A. 2008. V. 50. № 11. P. 1136–1150.

6 Wieser U., Schaper F., Brintzinger H.-H. Methylalumoxane (MAO) – Derived MeMAO' Anions in Zirconocene-Based Polymerization Catalyst Systems A UV-Vis Spectroscopic Study // Macromolecular Symposia. 2006. V. 236. № 63. doi: 10.1002/masy.200690068

7 Pedeutour J.-N., Radhakrishnan K., Cramail H., Deffieux A. Use of “TMA-depleted” MAO for the activation of zirconocenes in olefin polymerization // Molecular Catalysis. 2002. V. 185. № 1. P. 119–125. doi: 10.1016/S1381-1169(02)00071-7

8 Вагизов А.М., Хусаинова Г.Р., Ахметов И.Г., Сахабутдинов А.Г. Сополимеризация бутадиена – 1,3 и стирола в присутствии инициирующей системы на основе н.-бутиллития, аминосодержащего модификатора и 2,2′-бис(дитетрагидрофурфурилпропан)а // Журнал прикладной химии. 2017. Т. 90. № 1. С. 68–75.

9 Глуховской В.С., Литвин Ю.А., Ситникова В.В., Блинов Е.В. и др. Полиметаллические алкоголяты – модификаторы бутиллития // Современное состояние и перспективы инновационного развития нефтехимии: материалы IX международной научно-практической конференции. 2016. С. 35–36.

10 Вагизов А.М., Хусаинова Г.Р., Ахметов И.Г. Сополимеризация бутадиена-1, 3 и стирола под действием н-бутиллития в присутствии аминосодержащего модификатора в гексане // Журнал прикладной химии. 2016. Т. 89. № 1. С. 95.

11 Ткачев А.В., Седых В.А. Современные технологии анионной полимеризации мономеров // Вестник ВГУИТ. 2013. № 3. С. 143.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Алсу М. Ахметшина магистрант, кафедра химической технологии органических веществ, Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) КНИТУ, пр. Строителей, 47, Нижнекамск, 423578, Россия, alsy953@gmail.com

Юлия Н. Чиркова к.т.н., зав. кафедрой, кафедра химии, Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) КНИТУ, пр. Строителей, 47, Нижнекамск, 423578, Россия, ju.chirkova@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Алсу М. Ахметшина обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

Юлия Н. Чиркова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 15.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.02.2019

REFERENCES

1 Turevskaya E.P., Yanovskaya M.I., Turova N.Ya. The study of metal alkoxides to obtain oxide materials. *Neorganicheskiye materialy* [Inorganic materials]. 2000. vol. 36. no. 3. pp. 265–274. (in Russian).

2 Turevskaya E.P., Kozlova N.I., Turova N.Ya. Use of alkoxotechnology for producing powders and films. *Sverkhprovodimost': fizika, khimiya, tekhnika* [Superconductivity: physics, chemistry, technology]. 1989. vol. 2. no. 9. pp. 30–37. (in Russian).

3 Zemskiy D.N., Dorofeyeva Yu.N. Influence of the composition of oligomeric amine stabilizers on the thermo-oxidative aging of vulcanizates. *Kauchuk i rezina* [Rubber and rubber]. 2009. no. 6. pp. 12–13. (in Russian).

4 Zemskiy D.N., Chirkova Yu.N. New ingredients of rubber compounds. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University]. 2013. vol. 16. no. 12. pp. 143–145.

5 Novokshonova L.A., Meshkova I.N., Ushakova T.M., Kudinova O.I. et al. Immobilized organometallic catalysts in the catalytic polymerization of olefins. Polymer Science. Series A. 2008. vol. 50. no. 11. pp. 1136–1150.

6 Wieser U., Schaper F., Brintzinger H.-H. Methylalumoxane (MAO) – Derived MeMAO' Anions in Zirconocene-Based Polymerization Catalyst Systems A UV-Vis Spectroscopic Study. Macromolecular Symposia. 2006. vol. 236. no. 63. doi: 10.1002/masy.200690068

7 Pedeutour J.-N., Radhakrishnan K., Cramail H., Deffieux A. Use of “TMA-depleted” MAO for the activation of zirconocenes in olefin polymerization. Molecular Catalysis. 2002. vol. 185. no. 1. pp. 119–125. doi: 10.1016/S1381-1169(02)00071-7

8 Vagizov A.M., Khusainova G.R., Akhmetov I.G., Sakhabutdinov A.G. Copolymerization of butadiene - 1,3 and styrene in the presence of an initiating system based on n-butyllithium, an amino-containing modifier and 2,2′-bis (ditetrahydrofurfurylpropane). *Zhurnal prikladnoy khimii* [Journal of Applied Chemistry]. 2017. vol. 90. no. 1. pp. 68–75. (in Russian).

9 Glukhovskoy V.S., Litvin Yu.A., Sitnikova V.V., Blinov E.V. et al. Polymetallic alcoholates – butylithium modifiers. *Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy innovatsionnogo razvitiya neftekhimii* [Current state and prospects of innovative development of petrochemistry: materials of the IX International Scientific and Practical Conference]. 2016. pp. 35–36. (in Russian).

10 Vagizov A.M., Khusainova G.R., Akhmetov I.G. Copolymerization of butadiene 1, 3 and styrene under the action of n-butyllithium in the presence of an amino-containing modifier in hexane. *Zhurnal prikladnoy khimii* [Journal of Applied Chemistry]. 2016. vol. 89. no. 1. pp. 95. (in Russian).

11 Tkachev A.V., Sedykh V.A. Modern technologies of anionic polymerization of monomers. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2013. no. 3. pp. 143. (in Russian).

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Alsu M. Akhmetshina master student, chemical technology of organic substances department, Nizhnekamsk Institute for Chemical Technology (branch) KNITU, 47, Stroiteley str., Nizhnekamsk, 423570, Russia, alsy953@gmail.com

Yuliya N. Chirkova Cand. Sci. (Engin.), chemistry department, Nizhnekamsk Institute for Chemical Technology (branch) KNITU, 47, Stroiteley str., Nizhnekamsk, 423570, Russia, ju.chirkova@mail.ru

CONTRIBUTION

Alsu M. Akhmetshina review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Yuliya N. Chirkova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.15.2019

ACCEPTED 2.18.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 678

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-303-309

Свойства углепластиков, изготовленных из металлизированных углеродных лент

Владимир А. Нелюб [1] admin@emtc.ru
Александр А. Берлин [2] berlin@chph.ras.ru

[1] Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана, 2-я Бауманская ул., 5, стр. 1, г. Москва, 105005, Россия

[2] Институт химической физики им. Н.Н.Семенова Российской академии наук, ул. Косыгина, 4, г. Москва, 119991, Россия

Аннотация. Совершенствование технологий изготовления углепластиков является актуальной задачей, поскольку области их применения с каждым годом увеличиваются, что требует расширение комплекса их свойств, в том числе повышение теплофизических характеристик, что позволит повысить конкурентоспособность изделий. Недостаточная научно-экспериментальная база сдерживает разработку новых технологических способов регулирования функциональных свойств углепластиков. В связи с этим предлагается методика направленного регулирования тепло- и электропроводности углепластиков путем использования углеродных лент с металлическим покрытием. Приведены результаты экспериментальных исследований прочностных и теплофизических свойств углепластиков, изготовленных из углеродных лент с металлическими покрытиями и эпоксидного связующего по технологии вакуумной инфузии. Разработана технология нанесения методом магнетронного распыления на углеродные ленты металлических покрытий, определено давление плазмообразующего газа, ток разряда и время распыления. В качестве материала металлических покрытий были использованы: нержавеющая сталь, титан, медь, цинк, алюминиевый сплав и серебро. Методами структурного анализа определены значения толщин металлических покрытий, величина которых составляет 100 нм. Установлено, что при нанесении на углеродную ленту покрытий из титана, нержавеющей стали и меди имеет место повышение прочности при межслоевом сдвиге на 32, 39 и 13% соответственно. Экспериментально доказано, что металлизация углеродных лент приводит к снижению характеристик теплоемкости, к снижению величины электрического сопротивления и к повышению теплопроводности углепластиков. Наибольший эффект получен при использовании медного покрытия, которое позволило практически в 2 раза повысить теплопроводность и в 2,5 раза снизить величину электрического сопротивления. Полученные результаты использованы при создании углепластиков с функциональным комплексом свойств.

Ключевые слова: углеродная лента, углепластик, металлизация, прочность при межслоевом сдвиге

Properties of carbon fiber made of metallized tapes

Vladimir A. Neliub [1] admin@emtc.ru
Aleksandr A. Berlin [2] berlin@chph.ras.ru

[1] Bauman Moscow State Technical University, Baumanskaya 2-ya St., 5/1, Moscow, 105005, Russia

[2] Semenov Institute of Chemical Physics, 4 Kosygina St., 1, Moscow, 119991, Russia

Abstract. Technological advancement in the development of carbon fiber-reinforced polymer (CFRP) composites has become a priority today as their field of application is ever increasing; this task requires expanding the range of their properties, including higher thermal and physical characteristics, which allows gaining the competitive edge of products. Insufficient research and trial infrastructure is retarding development of novel technologies aimed at controlling functional properties of CFRPs. In this regard, a method has been suggested allowing directional control of CFRP thermal and electrical conductivity through the use of metal-coated carbon bands. Experimental results concerning mechanical, thermal and physical properties of CFRPs manufactured from metal-coated carbon bands and epoxy binder using vacuum infusion process have been shown. Magnetron sputtering process has been developed to deposit metal coatings on carbon bands; plasma support gas pressure, discharge current and sputtering time have been defined. Stainless steel, titanium, copper, zinc, aluminum alloy and silver have been used as metal coating materials. Metal coating thickness values have been defined using structural analysis methods, with thickness values of about 100 nm. It has been found that strength at interlaminar shear improves by 32, 39 and 13%, when titanium, stainless steel and copper, respectively, are deposited on carbon band. Research has experimentally proven that carbon band metallization results in lower heat absorption capacity, lower electrical conductivity and higher thermal conductivity of CFRPs. The maximum effect has been obtained when using copper coating, which allowed increasing thermal conductivity virtually by 2 times and decreasing electrical conductivity value by 2.5 times. The results obtained have been used in the development of CFRPs with a functional set of properties.

Keywords: carbon tape, carbon fiber, metallization, strength in interlayer shear.

Для цитирования

Нелюб В.А., Берлин А.А. Свойства углепластиков, изготовленных из металлизированных углеродных лент // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 303–309. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-303-309

For citation

Neliub V.A., Berlin A.A. Properties of carbon fiber made of metallized tapes. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 303–309. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-303-309

Введение

Углепластики обладают комплексом уникальных механических и теплофизических свойств, что обеспечивает их эффективное использование в качестве конструкционных материалов [1–3]. Основными преимуществами конструкций из углепластиков являются малая масса, высокая прочность, жесткость и износостойкость, а также уникальные теплофизические и трибологические свойства [4–6].

Конструкции из углепластиков (в отличие от металлов и сплавов), как правило, изготавливают за одну технологическую операцию, что исключает наличие стыковочных швов, которые неизбежно снижают прочность конструкции.

Длительное время при производстве деталей из углепластиков использовались препреги [7, 8] и автоклавные технологии отверждения, что обеспечивало заданное качество, но существенно увеличивало стоимость. Высокая стоимость производства деталей из углепластиков во многом связана с большой энергоемкостью автоклавов. На повышение себестоимость деталей из углепластиков оказывает влияние ограниченный срок хранения препрегов и, как следствие этого, большие отходы. Одним из эффективных способов снижения себестоимости изготовления деталей из углепластиков является использование технологий прямого формования, при которых в качестве исходных материалов используются сухие, т. е. не пропитанные связующим, ткани. Ткани не имеют ограничений в сроках хранения и процесс формования из них изделий совмещен с технологической операцией пропитывания. Наибольшее распространение при формовании деталей из углепластиков получила технология вакуумной инфузии [9, 10]. Во многом благодаря технологии вакуумной инфузии с каждым годом расширяются области применения углепластиков, и сегодня нет такой отрасли промышленности, где бы они не использовались: это авиастроение, производство ракетно-космической техники, автомобилестроение, машиностроение, строительство и др. [2–4, 6].

Дальнейшее расширение областей применения углепластиков требовало повышения комплекса их свойств. Этого достигали за счет введения различных модификаторов. Наибольшее внимание в научной литературе уделено углеродным нанотрубкам и др. наноразмерным наполнителям, которые используются как в составе связующего, так и наносятся непосредственно на поверхность углеродной ткани [11, 12].

В работе рассматриваются новые технологии направленного регулирования свойств углепластиков за счет использования тканей с нанесенными на них тонкими металлическими покрытиями [13]. Основной целью металлизации является изменение физико-химических свойств поверхности углеродных тканей, что позволяет регулировать их реакционную способность, биосовместимость, теплофизические и электрофизические свойства [14].

Цель работы – экспериментальное исследование прочности углепластиков при межслоевом сдвиге, изготовленных с использованием углеродных лент, на поверхность которых нанесено металлическое покрытие.

Материалы и методы

В качестве объектов исследований использовались импортная FibArmTape-230/300 и отечественная (ЛУП) углеродные ленты (таблица 1).

Таблица 1.

Свойства углеродных лент

Table 1.

Properties of carbon tapes

Свойства Properties	Марки углеродных лент Carbon Brands	
	ЛУП ULP	FibArm Tape-230|300
Нормативная документация Normative documents	ГОСТ 28006–88	ТУ 1916–018–61664530–2013
Поверхностная плотность, г/м^2 Surface density, g/m^2	170	230
Толщина, мм Thickness, mm	0,12	0,21
Модуль упругости, ГПа Elastic modulus	260	230
Коэффициент Пуассона Poisson's ratio	0,3	

Для нанесения на углеродные ленты металлических покрытий использовали лабораторную установку магнетронного распыления МИР-2 (таблица 2).

В качестве мишеней применяли: медь марки М1, титан ВТ1–0, нержавеющую сталь 12 х 18Н10Т, алюминиевый сплав марки АМц, цинк Ц2 и серебро 99,99. Все металлические покрытия наносили на углеродные ленты с двух сторон в толщине 100 нм.

Таблица 2.

Технические характеристики установки магнетронного распыления МИР-2 и режимы напыления

Table 2.

Technical characteristics of the installation of magnetron sputtering MIR-2 and spraying modes

Параметры Options	Показатели Indicators
Характеристики установки МАР-2 MIR-2 installation specifications	
Объем вакуумной камеры, $м^3$ Volume of the vacuum chamber, m^3	0,7
Максимальный размер ткани, мм Maximum fabric size, mm	210 x 297
Количество магнетронов The number of magnetrons	2
Рабочий газ Working gas	Аргон Argon
Режимы нанесения металлических покрытий Metal Coating Modes	
Ток разряда, А Discharge current, A	2–4
Давление плазмообразующего газа, тор Plasma gas pressure	$(1,4–1,8)\cdot10^{-3}$
Расстояние от образца до мишени, мм The distance from the sample to the target, mm	240
Время напыления, мин Spraying time, min	3

Изготовление всех углепластиков проводили после металлизации лент по технологии вакуумной инфузии. В качестве вспомогательных материалов при изготовлении вакуумного мешка использовались [10]: жертвенная ткань марки CCVM-PE90–180, распределительная сетка из материала марки «ПРО-СЕТ-200» ТУ 2291–012–30189225–2016, вакуумная трубка из полиэтилена, диаметром 8 мм, герметизирующие жгуты марки CCVM-KONTUR-15M-120C, плёнка для изготовления вакуумного мешка марки Airtecheconolon. В работе использовался вакуумный насос марки Vacmobiles 20|2.

В качестве связующего использовался состав из эпоксидиановой смолы ЭД-20 и изометилтетрагидрофталевого ангидрида в качестве отвердителя. Данный состав был выбран из-за его хороших технологических свойств и низкой себестоимости [7].

Механические испытания углепластиков проводили на универсальной испытательной машине марки Zwick //Roell. Прочность при межслоевом сдвиге определяли методом «короткой балки» по ASTMD2344.

Электропроводность углепластиков,изготовленных с использованием металлизированных углеродных лент, определяли с помощью стандартного омметра на длине 100 мм. Теплофизические свойства углепластиков определяли методом дифференциально-сканирующей калориметрии на приборе DSC 204 F1 Phoenix и методом лазерной вспышки на установке LFA 457.

Моделирование кинетики процесса нагрева образцов углепластиков проводили в программе Femap NX Nastran. При моделировании определяли значения градиентов температур на поверхности и внутри углепластика в зависимости от его геометрических размеров и скорости процесса нагрева.

Результаты и обсуждение

Перед нанесением металлических покрытий поверхность углеродных лент предварительно обрабатывали на установке плазменной активации УПМ-500 в течение 3 мин. Такая предварительная обработка позволяла удалять с поверхности углеродных лент все типы загрязнений и обеспечивала лучшее адгезионное взаимодействие между углеродной лентой и металлическим покрытием.

Качество сцепления металлического покрытия с углеродной лентой оценивалось скотч-тестом (ASTMD3359). Это удобный метод контроля адгезионной прочности между лентой и покрытием. Скотч крепили на углеродной ленте с металлическим покрытием, потом его отрывали и оценивали количество металла, которое осталось на скотче. Чем меньше его площадь, тем выше прочность сцепления металлического покрытия с углеродной лентой. Испытания методом скотч-теста проводили только на углеродной ленте FibArm Tape-230|300, что было связано с ее меньшей (по сравнению с лентой ЛУП) повреждаемостью структуры при нанесении липкой ленты.

Результаты оценки прочности сцепления металлического покрытия с углеродной лентой методом скотч-теста показали, что для всех используемых материалов металлических покрытий она практически в два раза повышается после обработки на установке плазменной активации (таблица 3). Наибольшая прочность сцепления получена при нанесении на углеродную ленту покрытий из нержавеющей стали и меди. Наименьшая прочность сцепления имеет место при использовании в качестве металлических покрытий цинка и алюминиевого сплава.

Таблица 3.

Результаты скотч-теста

Table 3.

Scotch Test Results

Тип металлического покрытия на углеродной ленте FibArm Tape-230|300 Type of metallic coating on carbon tape FibArm Tape-230|300	Процент снятого участка от общей площади покрытия Percent of the plot of the total area covered
Без предварительной обработки на установке плазменной активации УПМ-500 Without pre-processing on the installation of plasma activation UPM-500	
Титан | Titanium	70–80
Медь | Copper	40–60
Нержавеющая сталь Stainless steel	60–75
Цинк | Zinc	80–90
Алюминиевый сплав Aluminium alloy	80–90
Серебро | Silver	70–80
После предварительной обработки на установке плазменной активации УПМ-500 After pre-treatment on the installation of plasma activation UPM-500	
Титан | Titanium	30–40
Нержавеющая сталь Stainless steel	10–30
Медь | Copper	10–30
Цинк | Zinc	50–60
Алюминиевый сплав Aluminium alloy	40–60
Серебро | Silver	30–40

Таблица 4.

Прочность углепластиков при межслоевом сдвиге

Table 4.

Strength of carbon fiber at interlayer shear

Тип металлического покрытия Type of metal coating	Прочность при межслоевом сдвиге, МПа Durability at interlayer shear	
	ЛУП | ULP	FibArm Tape-230|300
Без металлического покрытия Without metallic coating	46 ± 2	49 ± 2
Титан | Titanium	61 ± 3	68 ± 3
Нержавеющая сталь марки 12х18Н10Т Stainless steel 12x18H10T	64 ± 3	54 ± 3
Медь | Copper	52 ± 3	69 ± 3
Серебро | Silver	47± 3	51± 3
Цинк | Zinc	44± 3	48± 3
Алюминий Aluminum	51± 3	47± 3

Оценку прочности сцепления металлического покрытия с углеродной лентой методом скотч-теста проводили сразу же после нанесения металлических покрытий (таблица 3) и после хранения металлизированных углеродных лент в течение 1,5 лет. Установлено, что величина прочности не изменяется в пределах 5%. В таблице 4 приведены значения прочности углепластиков при межслоевом сдвиге.

В результате проведенных исследований установлено, что нанесение металлических покрытий на углеродные ленты приводит к повышению прочности углепластиков при межслоевом сдвиге для всех рассмотренных типов металлических покрытий за исключением цинка (при его нанесении на углеродную ленту ЛУП) и серебра (при его нанесении на углеродную ленту FibArm Tape-230|300).

Для углеродной ленты ЛУП нанесение покрытий из титана, нержавеющей стали и меди привело к повышению прочности на 32, 39 и 13% соответственно. Для углеродной ленты FibArm Tape-230|300 наибольшее увеличение прочности (на 41%) получено при использовании медного покрытия, а наименьшее (10%) – при использовании в качестве покрытия нержавеющей стали. При нанесении титана прочность при межслоевом сдвиге повышается на 39%.

Таким образом, металлизация углеродных лент является эффективным способом регулирования адгезионной прочности углепластиков. В работе сделано предположение, что металлические покрытия на углеродной ленте будут оказывать влияние на тепло- и электропроводность углепластиков.

Для определения электрофизических свойств углепластиков использовались только углепластики, изготовленные на углеродной ленте FibArm Tape-230|300, на поверхность которой методом магнетронного распыления были нанесены металлические покрытия из меди, титана и нержавеющей стали (таблица 5). Данные типы металлических покрытий были выбраны по результатам ранее проведенных испытаний (таблица 4), поскольку они обеспечили наибольшее повышение прочности углепластика при межслоевом сдвиге.

В результате проведенных исследований установлено, что металлизация углеродных лент приводит к снижению характеристик теплоемкости, величины электрического сопротивления и к повышению теплопроводности углепластиков. Наибольший эффект получен при использовании медного покрытия, которое позволило практически в 2 раза повысить теплопроводность и в 2,5 раза снизить величину электрического сопротивления (тем самым увеличить проводимость углепластика).

Таблица 5.

Тепло- и электрофизические характеристики углепластиков на основе углеродной ленты FibArm Tape-230|300 и эпоксидного связующего

Table 5.

Thermal and electrophysical characteristics of carbon fiber-reinforced plastics based on carbon tape FibArm Tape-230 | 300 and epoxy binder

Типы металлических покрытий Types of metal coatings	Теплоемкость, Дж/(кг·К) Heat capacity, J/(kg·K)	Теплопроводность, Вт/(м·К) Heat conductivity, W/(m·K)	Электрическое сопротивление, Ом Electric resistance, Om
Без металлического покрытия Without metallic coating	1100	1,08	83
Медь | Copper	800	2,14	32
Нержавеющая сталь Stainless steel	950	1,76	48
Титан | Titanium	980	1,53	42

В работе сделано предположение, что повышение теплопроводности позволяет проводить равномерный нагрев в процессе отверждения углепластиков при больших скоростях нагрева. Все расчеты проводили для углепластиков, изготовленных из углеродной ленты FibArm Tape-230|300 с медным покрытием. Полученные в результате моделирования значения градиентов температур приведены в таблице 6. Нагрев проводили до температуры +200 °С.

Таблица 6.

Значения градиентов температур и продолжительности процесса нагрева углепластиков

Table 6.

Values of temperature gradients and duration of the process of carbon fiber heating

Скорость нагрева, °С/мин Heating rate, °C/min	Градиент температур по высоте, °С | Temperature gradient in height, °C	
	Углеродная лента без покрытия Uncoated carbon tape	Углеродная лента с медным покрытием Copper coated carbon tape
Углепластик толщиной 10 мм | CFRP 10 mm thick		
1	0,4	0,2
3	1,6	0,6
5	2,6	1,0
7	3,7	1,4
Углепластик толщиной 20 мм | CFRP 20 mm thick		
1	2,1	0,8
3	6,2	2,4
5	10,3	4,0
7	14,3	5,6
Углепластик толщиной 40 мм | CFRP 40 mm thick		
1	8,4	3,2
3	24,8	9,6
5	41,2	16
7	57,2	22,4

Продолжительность процесса нагрева, при скорости повышения температуры 1 °С/мин до температуры 200 °С составляет 175 мин, при скорости 3 °С/мин – 58 мин, при скорости 5 °С /мин – 35 мин и 7 °С /мин – 25 мин. Таким образом, только за счет повышения скорости процесса нагрева возможно сократить продолжительность процесса отверждения на несколько часов. Однако чем выше скорость процесса нагрева, тем больше градиент температуры по высоте образца углепластика.

Анализ результатов моделирования (таблица 6) показывает, что для углепластика толщиной 40 мм при стандартной скорости процесса нагрева, равной 3 °С/мин, значение градиента температур составляет около 25 °С, что очень много. При таких больших градиентах температур по высоте углепластика будут возникать остаточные напряжения, что в итоге приведет к снижению всех его прочностных характеристик. Если же при изготовлении углепластиков использовать углеродные ленты с покрытием из меди, то это позволит при той же самой скорости нагрева, например, 3 °С/мин, снизить значения градиентов температур более чем в 2 раза.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что металлизация углеродных тканей позволяет повысить целый комплекс эксплуатационных свойств углепластиков.

Нанесение металлических покрытий из титана, нержавеющей стали и меди на углеродную ленту ЛУП приводит к повышению прочности углепластиков при межслоевом сдвиге на 32, 39 и 13% соответственно. При использовании для изготовления углепластиков углеродной ленты FibArm Tape-230|300 с металлическими покрытиями из меди и титана имеет место повышение прочности при межслоевом сдвиге на 40 %. Все остальные исследованные типы металлических покрытий, за исключением цинка, также приводят к некоторому повышению механических характеристик углепластиков, но в меньшей степени, чем покрытия из титана, меди и нержавеющей стали.

Металлизация углеродных лент позволяет регулировать теплофизические характеристики углепластиков. Экспериментально установлено, что использование углеродных лент с медным покрытием позволяет практически в 2 раза повысить теплопроводность и в 2,5 раза увеличить электрическую проводимость (за счет снижения величины электрического сопротивления). Углепластики с улучшенными тепло- и электрофизическими характеристиками будут эффективны при изготовлении отсеков с электронным оборудованием изделий авиационной техники, корпусов распределительных щитов зданий и сооружений, в том числе элементов арктической инфраструктуры и др.

Проведенное моделирование процесса нагрева, выполненное для углепластиков, изготовленных с использованием углеродных лент с медным покрытием, показало, что при одинаковых скоростях нагрева имеет место меньшее значение градиентов температуры по толщине образца. На примере углепластика толщиной 40 мм показано, что при стандартной скорости процесса нагрева, равной 3 °С/мин, значение градиента температур составляет около 25 °С, тогда как металлизация позволяет снизить до 10 °С. Снижение значений градиентов температур по толщине деталей из углепластиков, вероятно, приведет к снижению величины остаточного напряжения и усадки, что повысить долговечность.

Благодарности

Результаты работы получены в рамках проекта по теме «Научные исследования по разработке композиционных материалов со структурой управляемого хаоса и их применение в высокотехнологичном производстве» по заданию № 11.7291.2017/БЧ.

ЛИТЕРАТУРА

1 Баженов С.Л., Берлин А.А., Кульков А.А., Ошмян В.Г. Полимерные композиционные материалы. Долгопрудный: издательский дом «Интеллект», 2010. 352 с.

2 Баурова Н.И., Зорин В.А. Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин: учеб. пособие. М.: МАДИ, 2016. 264 с.

3 Гращенков Д.В. Стратегия развития неметаллических материалов, металлических композиционных материалов и теплозащиты // Авиационные материалы и технологии. 2017. № 5. С. 264–271.

4 Kharaev A.M., Oshroeva R.Z., Zaikov G.E., Bazheva R.Ch. et al. Synthesis and Properties of Halogens Containing Simple and Complex Block Copolyethers // Chemistry and Chemical Technology. 2017. V. 11. № 2. P. 162–170.

5 Ягубов В.С., Щегольков А.В. Саморегулируемый электронагреватель на основе эластомера, модифицированный многослойными углеродными нанотрубками // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 341–345.

6 Раскутин А.Е. Российские полимерные композиционные материалы нового поколения, их освоение и внедрение в перспективных разрабатываемых конструкциях // Авиационные материалы и технологии. 2017. № 5. С. 349–367.

7 Петрова А.П., Малышева Г.В. Клеи, клеевые связующие и клеевые препреги; под общ ред. Е.Н. Каблова. М.: ВИАМ, 2017. 472 с.

8 Borodulin A.S., Kalinnikov A.S., Bazheva A.N., Beshtoev B.Z. Synthesis and properties of aromatic polyethersulfones // International Journal of mechanical engineering and technology. 2018. V. 9. № 13. P. 1109–1116.

9 Марычева А.Н., Гузева Т.А., Пье П.М., Тун Л.Х. и др. Технологии изготовления слоистых композитов // Технология металлов. 2018. № 10. С. 7–12.

10 Городецкий М.А., Тепишкина Е.С., Чирва П.И. Типовые проблемы при выборе вспомогательных материалов для инфузионных технологий формования изделий из стеклопластиков // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2017. № 4. С. 60–65.

11 Горбаткина Ю.А., Иванова-Мумжиева В.Г. Адгезия модифицированных эпоксидов к волокнам. М.: Торус Пресс, 2018. 216 с.

12 Попов Г.В., Игуменова Т.И., Гудков М.А. Управление качеством и формирование комплекса свойств полимерных композитов путем модификации углеродными наноматериалами // Вестник ВГУИТ. 2012. № 3. С. 111–114.

13 Нелюб В.А. Оценка адгезионной прочности методом pull-out в системе связующее-элементарная нить в зависимости от типа обработки нити // Клеи. Герметики. Технологии. 2018. № 3. С. 28–32.

14 Берлин Е.В., Сейдман Л.А. Получение тонких пленок реактивным магнетронным распылением. М.: Техносфера, 2014. 256 с.

REFERENCES

1 Bazhenov S.L., Berlin A.A., Kulkov A.A., Oshmian V.G. Polimernye kompozitsionnye materialy [Polymer composite materials]. Dolgoprudnyi, Intellekt, 2010. 352 p. (in Russian).

2 Baurova N.I., Zorin V.A. Primenenie polimernykh kompozitsionnykh materialov pri proizvodstve i remonte mashin [The use of polymer composite materials in the manufacture and repair of machines]. Moscow, Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), 2016. 264 p. (in Russian).

3 Grashchenkov D.V. The development strategy of non-metallic materials, metal composite materials and thermal protection. *Aviatsionnyye materialy i tekhnologii* [Aviation materials and technologies]. 2017. no. 5. pp. 264–271 (in Russian).

4 Kharaev A.M., Oshroeva R.Z., Zaikov G.E., Bazheva R.Ch. et al. Synthesis and Properties of Halogens Containing Simple and Complex Block Copolyethers. Chemistry and Chemical Technology. 2017. vol. 11. no. 2. pp. 162–170.

5 Yagubov V.S., Schegolkov A.V. Self-regulating electric heater based on elastomer, modified with multilayer carbon nanotubes. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 341–345. (in Russian).

6 Raskutin A.E. Russian polymer composite materials of a new generation, their development and implementation in promising developed designs. *Aviatsionnyye materialy i tekhnologii* [Aviation materials and technologies]. 2017. no 5. pp 394–367. (in Russian).

7 Petrova A.P., Malysheva G.V. Klei, kleevye sviazuiushchie i kleevye prepregi [Adhesives, adhesive binders and adhesive prepregs]. Moscow, VIAM, 2017. 472 p. (in Russian).

8 Borodulin A.S., Kalinnikov A.S., Bazheva A.N., Beshtoev B.Z. Synthesis and properties of aromatic polyethersulfones. Unternational Journal of mechanical engineering and technology. 2018. vol. 9. no. 13. pp. 1109–1116.

9 Marycheva A.N., Guzeva T.A., Pied P.M., Tong, L.Kh. et al. Manufacturing technology of layered composites. *Tekhnologiya metallov* [Metal Technology]. 2018. no. 10. pp. 7–12. (in Russian)

10 Gorodetsky M.A, Tepishkina E.S., Chirva P.I. Typical problems in the selection of auxiliary materials for infusion technology for molding articles from fiberglass. *Vse materialy. Entsiklopedicheskiy spravochnik* [All materials. Encyclopedic reference]. 2017. no. 4. pp. 60–65 (in Russian).

11 Gorbatkina Yu.A., Ivanova-Mumzhiev V.G. Adgeziia modifitsirovannykh epoksidov k voloknam [Adhesion of modified epoxides to fibers]. Moscow, Torus Press, 2018. pp. 216 (in Russian).

12 Popov G.V., Igumenova T.I., Gudkov M A. Quality management and the formation of a complex of properties of polymer composites by modifying with carbon nanomaterials. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2012. no. 3. pp. 111–114. (in Russian).

13 Nelyub V.A. Evaluation of adhesion strength by the method of pull-out in the system of binder-elementary thread, depending on the type of processing thread. *Klei. Germetiki. Tekhnologii* [Adhesives. Sealants. Technology]. 2018. no. 3. pp. 28–32. (in Russian).

14 Berlin E.V., Seidman L.A. Poluchenie tonkikh plenok reaktivnym magnetronnym raspyleniem [Production of thin films by reactive magnetron sputtering]. Moscow, Tekhnosfera, 2014. 256 p. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Владимир А. Нелюб к.т.н., директор, межотраслевой инжиниринговый центр «Композиты России» МГТУ им. Н.Э. Баумана., Московский Государственный Технический Университет имени Н.Э. Баумана, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, г. Москва, 105005, Россия, admin@emtc.ru

Александр А. Берлин д.х.н., академик РАН, научный руководитель, Институт химической физики, Институт химической физики имени Н.Н. Семёнова Российской Академии Наук, ул. Косыгина, д. 4, г. Москва, 119991, Россия, berlin@chph.ras.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Владимир А. Нелюб провел весь комплекс исследований, написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Александр А. Берлин консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 15.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 19.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Vladimir A. Neliub Cand. Sci. (Engin.), director, interindustry Engineering Center “Composites of Russia” , Bauman Moscow State Technical University, Baumanskaya 2-ya str., 5, Moscow 105005, Russia, admin@emtc.ru

Aleksandr A. Berlin Dr. Sci. (Chem.), academician of the Russian academy of sciences, scientific director, institute of chemical physics, Semenov Institute of Chemical Physics, 4 Kosygina str., 1, Moscow, Russia, berlin@chph.ras.ru

CONTRIBUTION

Vladimir A. Neliub wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Aleksandr A. Berlin consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.15.2019

ACCEPTED 2.19.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 661.935, 519.633.2

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-310-317

Численное исследование динамики циклических процессов адсорбционного разделения атмосферного воздуха

Евгений И. Акулинин [1] akulinin-2006@yandex.ru
Олег О. Голубятников [1] golubyatnikov_ol@mail.ru
Дмитрий С. Дворецкий [1] dvoretsky@tambov.ru
Станислав И. Дворецкий [1] sdvoretsky@mail.tstu.ru

[1] Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская, 106, г. Тамбов, 392000, Россия

Аннотация. Выполнены численные исследования динамики процессов короткоцикловой безнагревной адсорбции (КБА) разделения атмосферного воздуха, а именно: влияния изменения температуры, состава и давления исходной газовой смеси на чистоту, степень извлечения кислорода и производительность короткоцикловой адсорбционной установки в широком диапазоне изменения режимных параметров ее функционирования (давления на выходе компрессора, длительности цикла «адсорбция-десорбция», коэффициента обратного потока, законов изменения во времени степени открытия регулирующих клапанов). Установлено, что изменение режимных параметров и нагрузки по сырью оказывает существенное влияние на степень извлечения и чистоту кислорода. Установлено, что диапазон значений продолжительности стадии адсорбции и давления на выходе компрессора целесообразно ограничить интервалами 39–43 с и 2.7–2.8×10^5 Па, соответственно. Время выхода установки на периодический стационарный режим в среднем соответствует 20–30 циклам «адсорбция-десорбция». Сформулированы и решены задачи оптимизации режимных параметров циклических процессов адсорбционного разделения атмосферного воздуха, осуществляемых в двухадсорберной напорной установке с гранулированным цеолитовым адсорбентом NaX, по критерию максимальной степени извлечения кислорода; определены оптимальные режимы функционирования установки для различных условий окружающей среды, при которых обеспечиваются заданные значения чистоты продукционного кислорода (более 45 об. %) и производительности установки (~2 л/мин). Показано, что реализация оптимальных законов изменения во времени степени открытия впускных и сбросных клапанов установки КБА позволяет обеспечить заданные значения скорости газового потока в «лобовом» слое адсорбента, при которых не наблюдается истирание адсорбента при реализации многократных циклических адсорбционно–десорбционных процессов.

Ключевые слова: короткоцикловая безнагревная адсорбция, цеолитовый адсорбент NaX, кислород, воздух, динамика, математическое моделирование, вычислительный эксперимент, оптимизация

Numerical study of the dynamics and optimization of the modes of air adsorption separation and oxygen concentration

Evgeny I. Akulinin [1] akulinin-2006@yandex.ru
Oleg O. Golubyatnikov [1] golubyatnikov_ol@mail.ru
Dmitry S. Dvoretsky [1] dvoretsky@tambov.ru
Stanislav I. Dvoretsky [1] sdvoretsky@mail.tstu.ru

[1] Tambov State Technical University, Sovetskaya str., 106, Tambov, 392000, Russia

Abstract.Numerical researches of influence of temperature, composition and pressure changes of the initial gas mixture on the purity, recovery and capacity of the pressure swing adsorption (PSA) unit was made. Air separation dynamics was researches in a wide range of control (pressure at the compressor outlet, the duration of the adsorption – desorption cycle, backflow coefficient, programs of control valves opening degree in time) variables. It was found that the change of regime parameters and the inflow on has a significant impact on the purity and recovery of oxygen. Also was founded that the range of the duration of the adsorption stage and the compressor outlet pressure values should be limited to the intervals of 39-43 s and 2.7–2.8×105 Pa, respectively. The steady-state of the PSA unit mode output time was amount 20-30 cycles of "adsorption-desorption". Formulated and solved the optimization tasks of regime parameters of air separation cyclic processes by criterion of maximum oxygen recovery in 2-bed PSA unit with granular adsorbent zeolite 13X; the optimal values of the control parameters for differential environmental conditions (when the product oxygen concentration not less than 45% vol. and the PSA unit capacity ~2 l/min) are determined. It is shown that the implementation of the optimal of the inlet and discharge valves opening degree changes program in PSA unit allows to provide the set values of the gas flow rate in the "frontal" layer of the adsorbent, in which there is no abrasion of the adsorbent in the cyclic adsorption–desorption processes

Keywords:pressure swing adsorption, zeolite adsorbent 13X, oxygen, air, dynamic, mathematical modeling, numerical experiment, optimization

Для цитирования

Акулинин Е.И., Голубятников О.О., Дворецкий Д.С., Дворецкий С.И. Численное исследование динамики циклических процессов адсорбционного разделения атмосферного воздуха // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 310–317. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-310-317

For citation

Akulinin E.I., Golubyatnikov O.O., Dvoretsky D.S., Dvoretsky S.I. Numerical study of the dynamics and optimization of the modes of air adsorption separation and oxygen concentration. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 310–317. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-310-317

Введение

В последние десятилетия наиболее распространенным способом разделения газовых смесей и концентрирования в них целевых продуктов являются циклические процессы короткоцикловой безнагревной адсорбции (КБА или в англоязычной литературе PSA – Pressure Swing Adsorption), представляющие особый класс адсорбционных процессов с циклически изменяющимся давлением. В промышленности КБА – процессы широко применяют для безнагревного разделения углеводородов, извлечения метана, концентрирования водорода, кислорода, азота и других газов [1–4].

Цель работы – численное исследование динамики циклических процессов адсорбционного разделения атмосферного воздуха, постановка задачи и оптимизация режимов функционирования установки КБА.

Математическое описание циклических процессов адсорбционного разделения атмосферного воздуха

Технологический процесс концентрирования кислорода методом адсорбционного разделения воздуха осуществляется в двухадсорберной установке КБА с гранулированным адсорбентом – синтетическим цеолитом NaX и конструктивными параметрами: D_{A} – внутренний диаметр адсорбера, L – высота насыпного слоя адсорбента, d_{gr} – диаметр гранул адсорбента [5]. Входными переменными в установке КБА являются: 1) нагрузка по сырью G^{in} – расход исходной газовоздушной смеси (атмосферного воздуха); 2) возмущающие воздействия – температура T_{g}^{in}, давление P_1^{out} и покомпонентный состав y^{in} исходной газовоздушной смеси, поступающей на разделение в адсорберы. Режимные переменные u установки КБА включают: P^{in} – давление на выходе компрессора, t_{ads} – продолжительность стадии адсорбции (длительность полуцикла адсорбция-десорбция), θ – коэффициент обратного потока, степени открытия $\psi_{\text{вп,К}_1}(t), \psi_{\text{сбр,К}_4}(t)$, $t \in [0, t_{\text{ads}}]$, $\psi_{\text{вп,К}_2}(t), \psi_{\text{сбр,К}_3}(t)$, $t \in [t_{\text{ads}}, t_{\text{des}}]$ регулирующих «впускных» $К_1$, $К_2$ и «сбросных» $К_3$, $К_4$ клапанов как функции времени $t \in [0, t_{\text{c}}]$, т. е. $u = \{P^{\text{in}},\ t_{\text{ads}}, \theta,\ \psi(t)\}$.

В состав выходных переменных входят концентрации y_1^{out} продукционного кислорода и сопутствующих веществ, степень извлечения кислорода η, производительность Q установки КБА.

Математическое моделированиепроводили при следующих допущениях: 1) атмосферный воздух (состав: 1 – O_2 с концентрацией 20,8±1,0 об.%, 2 – N_2 с концентрацией 78,2 об.%., 3 – Ar и другие примеси с концентрацией 1,0±1,0 об.%) является 3-компонентной газовоздушной смесью (примеси не превышают 0,001 об.%) и рассматривается как идеальный газ, что вполне допустимо при давлении в адсорбере до $200 \cdot 10^5$ Па [6]; 2) диффузия O_2, N_2 и распространение теплоты в газовой и твердой фазах осуществляются только в аксиальном направлении движения потока газовоздушной смеси в адсорбере (по длине адсорбента) [7–9]; 3) в качестве адсорбента используется гранулированный цеолит NaX с диаметром гранул 1,6 мм; 4) адсорбционное равновесие (изотерма адсорбции) описывается уравнением Дубинина-Радушкевича [10]; 5) тепловые потери в окружающую среду пренебрежимо малы [11].

Математическое описание процесса разделения воздуха и концентрирования кислорода включает следующие уравнения [12]: 1) покомпонентного материального баланса компонентов O_2,N_2 в потоке газовой фазы с учетом продольного перемешивания в слое адсорбента (нелинейное дифференциальное уравнение в частных производных параболического типа); 2) кинетики адсорбции–десорбции (нелинейное дифференциальное уравнение в обыкновенных производных); 3) распространения тепла в газовой и твердой фазах с учетом конвективной составляющей и теплопроводности (нелинейные дифференциальные уравнения в частных производных параболического типа); 4) изменения скорости потока газовоздушной смеси (нелинейное дифференциальное уравнение в частных производных) и давления газовой смеси (дифференциальное уравнение Эргуна в обыкновенных производных) по высоте адсорбента.

Для решения системы дифференциальных уравнений в частных производных с соответствующими начальными и граничными условиями использовали метод прямых в программной среде Matlab [13].

Анализ точности математической модели процесса адсорбционного разделения воздуха проводили с использованием относительной погрешности рассогласования расчетных по модели и экспериментальных значений концентрации продукционного кислорода в стационарном периодическом режиме (после 20–30 циклов функционирования установки КБА). Максимальная погрешность рассогласования не превышала 15%, что вполне сопоставимо с погрешностью определения экспериментальных данных и позволяет использовать математическую модель

для технологического расчета, оптимизации циклических процессов адсорбционного разделения атмосферного воздуха и проектирования установок КБА.

Численное исследование динамики циклических процессов адсорбционного разделения атмосферного воздуха

На первом этапе проводили численные эксперименты по оценке влияния возмущающих и режимных переменных на выходные координаты процесса адсорбционного разделения воздуха в двухадсорберной установке КБА с гранулированным цеолитовым адсорбентом NaX и конструктивными параметрами: D_A = 0,04 м, L = 0,2 м, d_{gr} = 1,6 мм (таблица 1).

Таблица 1.
Исходные данные для вычислительного эксперимента

Table1.
Source data for Computational experiment

Варьируемые переменные Variable variables	Номинальные значения Nominal value	Диапазон изменения Range of variation
t_{ads}, с	5	0.5–20
θ, отн. ед.	1.7	–
P^{in}, $\cdot 10^5$Па	4	2–6
d_{gr}, мм	1.6	–
y^{in}, об.%	20.8, 78.2, 1	19.8–20.8, 78.2, 1–2
T_g^{in}, К	293	243–303
ψ_λ^j, отн. ед.	1	0–1
P_1^{out}, $\cdot 10^5$ Па	1	0.25–1

Из анализа зависимостей на рисунке 1 следует, что для каждого значения давления на выходе компрессора P^{in} существует значение продолжительности t_{ads} стадии адсорбции, при которой достигается максимальное значение концентрации y_1^{out} продукционного кислорода (например, для P^{in} = $2\cdot10^5$ Па и t_{ads} = 5 с – y_1^{out} =80 об% (кривая 1). При длительности стадии адсорбции менее 5 с наблюдается недостаточная регенерация адсорбента (например, для P^{in} = $2\cdot10^5$ Па на отрезке времени t_{ads} от 0,5 до5 с (кривая 1), а при большей длительности концентрация продукционного кислорода y_1^{out} уменьшается из-за проскока части газовоздушного потока в слое адсорбента (например, при P^{in} = $2\cdot10^5$ Па и продолжительности t_{ads} стадии адсорбции от 5 до 20 с (кривая1), что приводит к снижению эффективности работы установки КБА.

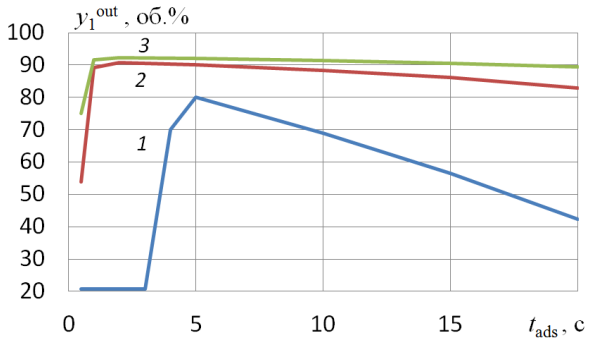


Рисунок 1. Зависимость концентрации продукционного кислорода y_1^{out} от продолжительности t_{ads} стадии адсорбции при давлении на выходе компрессора: 1– P^{in} =$2\cdot10^5$ Па; 2– P^{in} =$4\cdot10^5$ Па; 3– P^{in} =$6\cdot10^5$ Па

Figure 1. Dependence of the concentration of production oxygen y_1^{out} From Duration t_{ads} Adsorption stage At the compressor outlet pressure: 1 – P^{in} =$2\cdot10^5$Pa; 2 – P^{in} =$4\cdot10^5$Pa; 3 – P^{in} =$6\cdot10^5$Pa

Следует отметить, что увеличение давления на выходе компрессора P^{in} с $2\cdot10^5$до $6\cdot10^5$ Па приводит к уменьшению продолжительности t_{ads} стадии адсорбции от 5 до 2 с (кривые 1, 3) и повышению концентрации y_1^{out} продукционного кислорода от 80,0 до 92,3 об.%, а также к повышению степени извлечения η от 11,9% до 69,5% (на рисунках не показано) и производительности установки КБА от 0,25 до 4,9 л/мин (на рисунках не показано).

Анализ зависимостей на рисунке 2 показывает, что для наихудшего случая эксплуатации установки КБА (при повышении температуры окружающей среды и снижении концентрации кислорода в атмосферном воздухе) максимальное значение концентрации продукционного кислорода y_1^{out} уменьшается по сравнению с номинальным режимом от 90 до 60 об. %, и наблюдается резкое снижение степени извлечения кислорода η от 69,5 до 11,0% (рисунок 2). Таким образом, при неблагоприятных условиях функционирования установки КБА для поддержания заданной чистоты y_1^{out} и степени извлечения η кислорода следует повышать давление на выходе компрессора P^{in} до $6\cdot10^5$ Па и уменьшать продолжительность t_{ads} стадии адсорбции до 2–3 с (рисунок 1, кривые 2, 3).

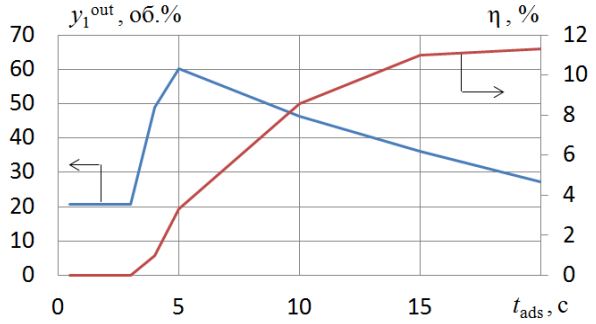


Рисунок 2. Зависимость концентрации продукционного кислорода y_1^{out} и степени извлечения η от длительности полуцикла t_{ads} при наихудшем случае эксплуатации установки

Figure 2. Dependence of the concentration of production oxygen y_1^{out} and the degree of extraction η From the duration of the half-cycle t_{ads} In the worst case operation of the installation

Оптимизация циклических процессов адсорбционного разделения атмосферного воздуха

Целью функционирования установки КБА при разделении воздуха является достижение максимальной степени извлечения кислорода и его концентрирования до заданной чистоты $y_{1,зад}^{out}$ в стационарном периодическом режиме при $t = t_{st}$ (как правило, после определенного количества циклов работы установки КБА, предшествовавших «установившемуся» режиму) и в заданном количестве (производительность Q установки КБА должна быть не ниже заданной $Q_{зад}$). При этом необходимо обеспечить минимальные энергетические затраты на стадиях адсорбции и десорбции и выполнение ограничений по скорости газовой фазы v_g при наборе и сбросе давления на стадиях адсорбции $P_{ads}^{in}(t)$ и десорбции $P_{ads}^{in}(t)$, $t \in [0, t_c / 2]$. В этом случае в качестве целевой функции оптимального управления целесообразно использовать среднее значение степени извлечения $\eta(u(t), z(t))$ кислорода на отрезке времени $[0, t_{st}]$.

Будем считать, что случайные изменения возмущений $z(t), t \in [0, t_ф]$ происходят на интервалах времени $[t_i, t_{i+1}]$, $i = 0, 1, 2...$, намного превышающих отрезок времени $[0, t_{st}]$, на котором осуществляется решение задачи оптимизации циклических режимов работы установки КБА. Таким образом, возмущения $z(t)$ на интервале времени $[0, t_ф]$ будем описывать кусочно-постоянными функциями $z(t_i) = z^i = \text{const}, i = 1, 2, 3...$ Аналогично непрерывные функции управлений $\{\psi_{вп,K_1}(t), \psi_{сбр,K_4}(t), \psi_{вп,K_2}(t), \psi_{сбр,K_3}(t)\}, t \in [0, t_c]$ на отрезке времени $[0, t_c]$ будем аппроксимировать кусочно-постоянными функциями

$$\psi_1^j = \psi_{вп,K_1}^{j,i} = \psi_{вп,K_1}(t_j, z^i), t_j \in [0, t_c / 2],$$

$$\psi_4^j = \psi_{сбр,K_4}^{j,i} = \psi_{сбр,K_4}(t_j, z^i), \; j = \overline{1,m},$$

$$\psi_2^j = \psi_{вп,K_2}^{j,i} = \psi_{вп,K_2}(t_j, z^i), t_j \in [t_c / 2, t_c],$$

$$\psi_3^j = \psi_{сбр,K_3}^{j,i} = \psi_{сбр,K_3}(t_j, z^i), \; j = \overline{1,m}.$$

Сформулируем задачу оптимизации циклических режимов работы установки КБА при разделении атмосферного воздуха: при фиксированных значениях возмущающих воздействий $\underline{z}^i \le z(t_i) = z^i \le \overline{z}^i$ и нагрузки по сырью $\underline{G}^{in} \le G^{in} \le \overline{G}^{in}$ требуется определить режимные переменные (управления) u^* (время $t_{ads}^* = t_c^* / 2$ полуцикла, давление на выходе компрессора P^{in*}, коэффициент обратного потока θ^*, степени открытия $\psi_1^{j*} = \psi_{вп,K_1}^{j,i*}$; $\psi_2^{j*} = \psi_{вп,K_2}^{j,i*}$ на отрезке времени $[0, t_c / 2]$ впускных $К_1$, $К_2$ и $\psi_3^{j*} = \psi_{сбр,K_3}^{j,i*}$; $\psi_4^{j*} = \psi_{сбр,K_4}^{j,i*}$ на отрезке времени $[t_c / 2, t_c]$ сбросных клапанов $К_3$, $К_4$) такие, что среднее значение степени извлечения кислорода $\eta(u)$ на отрезке времени $[0, t_{st}]$ достигает максимума η^*, т. е.

$$I(u^*, z^i) = \max_{u \in U} \frac{1}{t_{st}(u)} \int_0^{t_{st}(u)} \eta(u, y_1^{out}(t), z^i) dt \quad (1)$$

при связях в форме уравнений математической модели динамики процесса обогащения воздуха кислородом [12] и ограничениях на концентрацию продуктового кислорода

$$g_1(z^i, u, y_{1,st}^{out}) = y_{1,зад}^{out} - y_{1,st}^{out}(z^i, u) \le 0; \quad (2)$$

на производительность установки КБА

$$g_2(z^i, u, y_{1,st}^{out}) = Q_{зад} - Q(z^i, u, y_{1,st}^{out}) \le 0, \quad (3)$$

на скорость газовой смеси в слое адсорбента

$$g_3(z^i, u) = \max_{t \in t_c} \left| v_g(z^i, u) \right| - v_g^+ \le 0, \quad (4)$$

$$g_4(z^i, u) = \Delta P_{ads,сл} = \max_{t \in [0, t_c/2]} [P_{ads}^{out}(z^i, u, L, t) - P_{ads}^{in}(z^i, u, 0, t)] \le \Delta P_{ads}^+, \quad (5)$$

$$g_5(z^i, u) = \Delta P_{des,сл} = \max_{t \in [0, t_c/2]} [P_{des}^{out}(z^i, u, L, t) - P_{des}^{in}(z^i, u, 0, t)] \le \Delta P_{des}^+, \quad (6)$$

на управления

$$\begin{aligned} &\underline{t}_{ads} \le t_{ads} \le \overline{t}_{ads}; \underline{\theta} \le \theta \le \overline{\theta}; \\ &\underline{P}^{in} \le P^{in}(t) \le \overline{P}^{in} \\ &0 \le \psi_\lambda^j \le 1, \lambda = 1, 2, 3, 4; \; j = \overline{1,m} \end{aligned}, \quad (7)$$

где v_g^+ – максимально допустимая (критическая с точки зрения разрушения адсорбента) скорость воздуха в лобовом слое адсорбента; $\underline{t}_{ads}, \overline{t}_{ads}$ – минимальное и максимальное время полуцикла; $\underline{P}^{in}, \overline{P}^{in}$ – минимальное и максимальное давление на выходе компрессора; $\underline{\theta}, \overline{\theta}$ – минимальное и максимально допустимые значения коэффициента обратного потока.

Ограничения $g_i(z^i, u, y_{1,st}^{out}), i = 1, 2$ следует вычислять через решение уравнений динамики циклического процесса обогащения воздуха кислородом [12] до наступления нового стационарного периодического режима работы установки КБА, вызванного действием возмущения $z^i, i = 1, 2, 3...$, т. е. при $y_1^{out}(t) = y_{1,st}^{out} \approx \text{const}$, а ограничения (4)–(6) – на отрезке времени $[0, t_c]$. Ограничение максимального значения скорости воздуха в лобовом слое адсорбента необходимо учитывать при решении задачи оптимизации для предохранения гранулированного адсорбента от разрушения вследствие аэродинамического удара при резком (скачкообразном) открытии управляющих клапанов $К_1$, $К_2$, $К_3$, $К_4$ установки КБА.

Сформулированная аргументная задача оптимизации (1)–(7) при допущении об аппроксимации непрерывных функций режимных переменных $\{\psi_{вп,К_1}(t), \psi_{вп,К_2}(t), \psi_{сбр,К_3}(t), \psi_{сбр,К_4}(t)\}$, на отрезке времени $[0, t_c]$ кусочно-постоянными функциями относится к классу задач нелинейного программирования, для решения которой использовали метод последовательного квадратичного программирования [14] в программной среде MatLab. Исходные данные, диапазоны возможного изменения режимных (управляющих) переменных и результаты решения задачи оптимизации приведены в таблице 2.

Порядок решения был следующий. Для номинальных значений возмущающих воздействий решалась задача оптимизации (1)–(7) и находились оптимальные значения режимных (управляющих) параметров *u* (таблица 2). Динамика скорости, расхода и давления газового потока в лобовом слое адсорбента при ступенчатом открытии впускных клапанов $К_1$, $К_2$ представлена на рисунках 3–5. Закон изменения во времени степени $\psi_\lambda^j \le 1, \lambda = 1, 2, 3, 4; j = \overline{1, m}$ открытия клапана подбирали из условия того, что скорость потока в лобовом слое адсорбента не превышает критического значения $v_g^+ = 0,08$ м/с, при этом шаг по времени при ступенчатом управлении составлял 6 с.

Таблица 2.
Результаты решения задачи оптимизации

Table 2.
Results of optimization problem solving

Наименование переменных задачи Name of task variables	Диапазон варьирования Range of variation	Начальные приближения Initial approximation
Управления: Managements:		
t_{ads}, с	6–100	40
θ, отн. ед.	0–5	1.7
P^{in}, $\cdot 10^5$Па	2–5	3.5
ψ_λ^j, отн. ед.	0–1	0.5
Конструктивные параметры Construction parameter		
L, м	–	0.5
D_A, м	–	0.05
d_{gr}, мм	–	2
Ограничения: Restrictions:		
y_1^{out}, об.%	$y_1^{out} \ge 45$	
Q, л/мин	$Q \ge 2$	
v_g, м/с	$v_g \le 0.08$	
Возмущения: Perturbations:	Номинальные значения возмущений The nominal value of the disturbances	Наихудший случай Worst case
y^{in}, об.%	20.8; 78.2; 1	20.3, 78.2, 1.5
T_g^{in}, К	293	303
P_1^{out}, $\cdot 10^5$ Па	1	1
Оптимальные значения параметров The optimal values of the parameters		
t_{ads}^*, с	53	41
θ^*, отн. ед.	1.5	1.7
P^{in*}, $\cdot 10^5$Па	3	2.75
ψ_λ^j, отн. ед.	0.2618, 0.314, 0.3785, 0.455, 0.548, 0.658, 0.792, 0.955, 1	0.2992, 0.363, 0.445, 0.542, 0.663, 0.807, 0.985
y_1^{out*}, об.%	55.2	45.1
Q^*, л/мин	2	2
η^*, отн. ед.	67.8	53.4

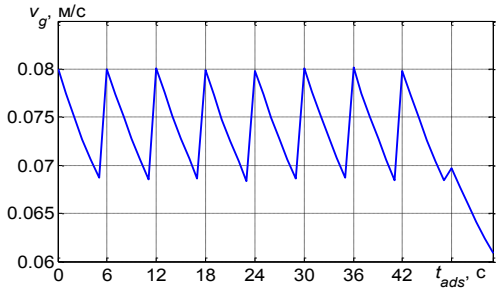


Рисунок 3. Динамика скорости газовоздушного потока в лобовом слое адсорбента при оптимальном законе изменения во времени степени открытия впускных клапанов $К_1$, $К_2$

Figure 3. Dynamics of the gas-air flow velocity in the adsorbent frontal layer under the optimal law of change in time of the degree of opening of inlet valves $К_1То_2$

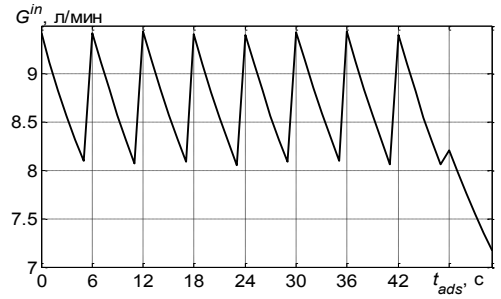


Рисунок 4. Динамика расхода газовоздушного потока в лобовом слое адсорбента при оптимальном законе изменения во времени степени открытия впускных клапанов $К_1$, $К_2$

Figure 4. The dynamics of gas-air flow in the frontal layer of adsorbent under the optimal law of change in time of the degree of opening of inlet valves $К_1$, $К_2$

Исходя из анализа физических условий осуществления циклического адсорбционного процесса было выбрано сочетание возмущающих воздействий, характеризующих наиболее неблагоприятные условия проведения процесса (таблица 2, наихудший случай). Расчеты показали, что при неблагоприятных условиях осуществления процесса найденные ранее оптимальные значения управляющих параметров не позволяют обеспечить заданную концентрацию $y_{1,зад}^{out} = 45$ об.% продукционного кислорода ($y_1^{out} = 40{,}18$ об.%).

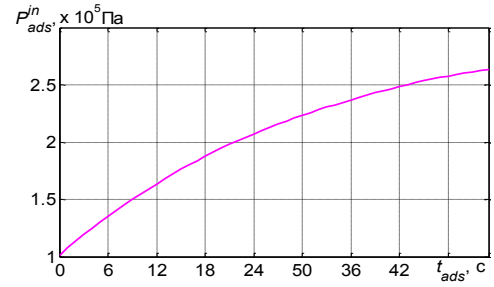


Рисунок 5. Динамика давления в адсорбере при оптимальном законе изменения во времени степени открытия впускных клапанов $К_1$, $К_2$

Figure5. Dynamics of pressure in adsorbers under the optimal law of change in time of the degree of opening of inlet valves $К_1$, $К_2$

Анализ результатов решения для наихудшего случая по сравнению с решением, полученным при номинальных значениях возмущений, показал, что степень извлечения кислорода уменьшилась на 14,4% (что объясняется уменьшением значения равновесной концентрации при повышении температуры исходной смеси), продолжительность стадии адсорбции и давление уменьшились на 12 с и $0{,}25 \cdot 10^5$ Па, соответственно, а коэффициент обратного потока увеличился на 45,5%.

Заключение

Методом вычислительного эксперимента установлено, что наибольшее влияние на эффективность функционирования установки КБА оказывают: давление на выходе компрессора, закон изменения во времени степени открытия регулирующих клапанов, продолжительность стадии адсорбции и коэффициент обратного потока. Диапазон значений, включающий оптимальное значение продолжительности стадии адсорбции давления на выходе компрессора, целесообразно ограничить интервалами 39–43 с и $2{,}7–2{,}8 \cdot 10^5$ Па соответственно. Время выхода установки на периодический стационарный режим в среднем соответствует 20–30 циклам «адсорбция-десорбция».

Показано, что реализация оптимальных законов изменения во времени степени открытия впускных и сбросных клапанов установки КБА позволяет обеспечить заданные значения скорости газового потока в «лобовом» слое адсорбента, при которых не наблюдается истирание адсорбента при реализации многократных циклических адсорбционно–десорбционных процессов. При этом влияние ограничения скорости газового потока на чистоту продукционного кислорода, степень извлечения и производительность установки КБА требует проведения дальнейших исследований.

Полученные результаты численного анализа, математическое и алгоритмическое обеспечение функционирования двухадсорберной установки КБА могут быть использованы при проектировании новых автоматизированных процессов и адсорбционных технологических установок с циклически изменяющимся давлением для разделения и очистки многокомпонентных газовых смесей.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки России в рамках проектной части Государственного задания № 10.3533.2017/ПЧ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Moran A., Talu O. Limitations of portable pressure swing adsorption processes for air separation // Ind. Eng. Chem. Res. 2018. V. 57. № 35. P. 11981–11987.
2. Li J.H. The experimental study of a new pressure equalization step in the pressure swing adsorption cycle of a portable oxygen concentrator // Bio-medical Materials and Engineering. 2014. V. 24. № 5. P. 1771–1779.
3. Wu C., Vemula R., Kothare M., Sircar S. Experimental Study of a Novel Rapid Pressure-Swing Adsorption Based Medical Oxygen Concentrator: Effect of the Adsorbent Selectivity of N_2 over O_2 // Ind. Eng. Chem. Res. 2016. V. 55. № 16. P. 4676–4681.
4. Xu M., Wu H.-C., Lin Y.S., Deng S. Simulation and optimization of pressure swing adsorption process for high-temperature air separation by perovskite sorbents // Chemical Engineering Journal. 2018. № 354. P. 62–74.
5. Ding Z., Han Z., Fu Q., Shen Y. et al. Optimization and analysis of the VPSA process for industrial-scale oxygen production // Adsorption. 2018. V. 24. № 5. P. 499–516.
6. Кириллин В.А, Сычев В.В, Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. Москва: Издательский дом МЭИ, 2016. 496 с.
7. Shokroo E., Farsani D., Meymandi H., Yadoliahi N. Comparative study of zeolite 5A and zeolite 13X in air separation by pressure swing adsorption // Korean Journal of Chemical Engineering. 2016. V. 33. № 4. P. 1391–1401.
8. Beeyani A.K., Singh K., Vyas R.K., Kumar S. et al. Parametric studies and simulation of PSA process for oxygen production from air // Polish Journal of Chemical Technology. 2010. V. 12. № 2. P. 18–28.
9. Hosseinzadeh Hejazi S.A., Estupinan Perez L., Rajendran A., Kuznicki S. Cycle Development and Process Optimization of High-Purity Oxygen Production Using Silver-Exchanged Titanosilicates // Industrial and Engineering Chemistry Research. 2017. V. 56. № 19. P. 5679–5691.
10. Ягодовский В.Д. Адсорбция М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 219 с.
11. Skvortsov S.A., Akulinin E.I., Golubyatnikov O.O., Dvoretsky D.S. et al. Mathematical modelling of cyclic pressure swing adsorption processes // Journal of Physics: Conference Series. 2018. V. 1015.
12. Акулинин Е.И., Голубятников О.О, Дворецкий Д.С., Дворецкий С.И. Оптимальное проектирование короткоцикловых адсорбционных установок для концентрирования кислорода // Известия СПбГТИ(ТУ). 2017. № 41. С. 103–111.
13. Rice R.G., Do D.D. Applied Mathematics and Modeling for Chemical Engineers: 2 ed. New Jersey, 2012.
14. Гольдштейн А.Л. Оптимизация в среде MATLAB. Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2015. 192 с.

REFERENCES

1 Moran A., Talu O. Limitations of portable pressure swing adsorption processes for air separation. Ind. Eng. Chem. Res. 2018. vol. 57. no. 35. pp. 11981–11987.
2 Li J.H. The experimental study of a new pressure equalization step in the pressure swing adsorption cycle of a portable oxygen concentrator. Bio-medical Materials and Engineering. 2014. vol. 24. no. 5. pp. 1771–1779.
3 Wu C., Vemula R., Kothare M., Sircar S. Experimental Study of a Novel Rapid Pressure-Swing Adsorption Based Medical Oxygen Concentrator: Effect of the Adsorbent Selectivity of N_2 over O_2. Ind. Eng. Chem. Res. 2016. vol. 55. no. 16. pp. 4676–4681.
4 Xu M., Wu H.-C., Lin Y.S., Deng S. Simulation and optimization of pressure swing adsorption process for high-temperature air separation by perovskite sorbents. Chemical Engineering Journal. 2018. no. 354. pp. 62–74.
5 Ding Z., Han Z., Fu Q., Shen Y. et al. Optimization and analysis of the VPSA process for industrial-scale oxygen production. Adsorption. 2018. vol. 24. no. 5. pp. 499–516.
6 Kirillin V.A., SychevV.V., Sheindlin A.E. Tekhnicheskaya termodinamika [Technical thermodynamics]. Moscow, Publishing house MEI, 2016. 496 p. (in Russian).
7 Shokroo E., Farsani D., Meymandi H., Yadoliahi N. Comparative study of zeolite 5A and zeolite 13X in air separation by pressure swing adsorption. Korean Journal of Chemical Engineering. 2016. vol. 33. no. 4. pp. 1391–1401.
8 Beeyani A.K., Singh K., Vyas R.K., Kumar S. et al. Parametric studies and simulation of PSA process for oxygen production from air. Polish Journal of Chemical Technology. 2010. vol. 12. no. 2. pp. 18–28.
9 Hosseinzadeh Hejazi S.A., Estupinan Perez L., Rajendran A., Kuznicki S. Cycle Development and Process Optimization of High-Purity Oxygen Production Using Silver-Exchanged Titanosilicates. Industrial and Engineering Chemistry Research. 2017. vol. 56. no. 19. pp. 5679–5691.
10 Yagodovskiy, V.D. Adsorbtsiya [Adsorption]. Moscow, BINOM. Laboratoriya znaniy, 2015. 219 p (in Russian).
11 Skvortsov S.A., Akulinin E.I., Golubyatnikov O.O., Dvoretsky D.S. et al. Mathematical modelling of cyclic pressure swing adsorption processes. Journal of Physics: Conference Series. 2018. vol. 1015.
12 Akulinin EI, Golubyatnikov O.O., Dvoretsky DS, Dvoretsky S.I. Optimal design of short-cycle adsorption plants for the concentration of oxygen. *Izvestiya SPbGTI(TU)* [Bulletin of St PbSIT(TU)]. 2017. no. 41. pp. 103–111. (in Russian).
13 Rice R.G., Do D.D. Applied Mathematics and Modeling for Chemical Engineers: 2 ed. New Jersey, 2012.
14 Gol'dshteyn A.L. Optimizatsiya v srede MATLAB [Optimization in the MATLAB environment]. Perm, PNRPU, 2015. 192 p. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Евгений И. Акулинин к.т.н., доцент, кафедра технологии и оборудования пищевых и химических производств, Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская, 106, г. Тамбов, 393200, Россия, akulinin-2006@yandex.ru

Олег О. Голубятников к.т.н., ст. преподаватель, кафедра технологии и оборудования пищевых и химических производств, Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская, 106, г. Тамбов, 393200, Россия, golubyatnikov_ol@mail.ru

Дмитрий С. Дворецкий д.т.н., профессор, кафедра технологии и оборудования пищевых и химических производств, Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская, 106, г. Тамбов, 393200, Россия, dvoretsky@tambov.ru

Станислав И. Дворецкий д.т.н., профессор, кафедра технологии и оборудования пищевых и химических производств, Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская, 106, г. Тамбов, 393200, Россия, sdvoretsky@mail.tstu.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Evgeny I. Akulinin Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technologies and equipment of food and chemical industries department, Tambov State Technical University, Sovetskaya str., 106, Tambov, 393200, Russia, akulinin-2006@yandex.ru

Oleg O. Golubyatnikov Cand. Sci. (Engin.), senior lecturer, technologies and equipment of food and chemical industries department, Tambov State Technical University, Sovetskaya str., 106, Tambov, 393200, Russia,, golubyatnikov_ol@mail.ru

Dmitry S. Dvoretsky Dr. Sci. (Engin.), professor, technologies and equipment of food and chemical industries department, Tambov State Technical University, ul. Sovetskaya, 106, Tambov, 393200, Russia, dvoretsky@tambov.ru

Stanislav I. Dvoretsky Dr. Sci. (Engin.), professor, technologies and equipment of food and chemical industries department, Tambov State Technical University, Sovetskaya str., 106, Tambov, 393200, Russia, sdvoretsky@mail.tstu.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Евгений И. Акулинин, **Олег О. Голубятников** обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провели эксперимент, выполнили расчёты
Дмитрий С. Дворецкий консультация в ходе исследования
Станислав И. Дворецкий написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

CONTRIBUTION

Evgeny I. Akulinin, **Oleg O. Golubyatnikov**review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations
Dmitry S. Dvoretsky consultation during the study
Stanislav I. Dvoretsky wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

ПОСТУПИЛА 26.12.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 07.02.2019

RECEIVED 12.26.2019

ACCEPTED 2.7.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 678.762.2

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-318-324

Влияние степени полимеризации катионного полиэлектролита на его дозировку при проведении коагуляции латексов синтетических эмульсионных каучуков

Юрий Н. Орлов [1] yury.oyn@yandex.ru

[1] Тольяттинский государственный университет, ул. Белорусская, 14, г. Тольятти, 445020, Россия

Аннотация. Обсуждены литературные данные по параметрам проведения коагуляции бутадиен-стирольных и бутадиен-α-метилстирольных латексов катионными полиэлектролитами в сравнении с низкомолекулярными аммонийными соединениями и неионногенными полимерами. Оптимальная дозировка катионного полиэлектролита при проведении коагуляции латексов синтетических эмульсионных каучуков, стабилизированных комбинацией мыл синтетических жирных кислот и диспропорционированной канифоли со смесью натриевых солей олигомерного продукта конденсации β-нафталинсульфокислоты с формальдегидом (лейканола), определяется, при прочих равных условиях, его степенью полимеризации. Снижение оптимальной дозировки при переходе от высокомолекулярных полиэлектролитов к олигомерным вызвано уменьшением соотношения катионных и анионных звеньев, требующегося для полного связывания лейканола, при образовании олигомер-олигомерных комплексов по сравнению с полимер-олигомерными. Это объясняется, по-видимому, тем, что с увеличением средней молекулярной массы полиэлектролита увеличивается доля так называемых хвостов и петель, состоящих из звеньев полиэлектролита, не связанных с молекулами лейканола.

Ключевые слова: коагуляция латекса, катионные полиэлектролиты, оптимальная дозировка, степень полимеризации

The impact of the of cationic polyelectrolyte polymerization degree in latexes coagulation dosage of synthetic emulsion rubbers

Yuriy N. Orlov [1] yury.oyn@yandex.ru

[1] Togliatti state university, Belorusskaya St., 14, Togliatti, 445020, Russia

Abstract. The literature data on the parameters of coagulation of butadiene-styrene and butadiene-α-methyl styrene latexes by cationic polyelectrolytes in comparison with low-molecular ammonium compounds and nonionic polymers are discussed. The optimal dosage of cationic polyelectrolyte during coagulation of synthetic emulsion rubber latex stabilized by a combination of synthetic fatty acid Soaps and disproportionated rosin with a mixture of sodium salts of the oligomeric condensation product β-naphthalenesulfonic acid with formaldehyde (Leukanol) is determined, ceteris paribus, by its degree of polymerization. The decrease in the optimum dosage during the transition from high molecular weight polyelectrolytes to the oligomers caused by decrease of the cationic and anionic groups ratio required for a complete binding Leukanol in the formation of oligomer-oligomer complexes compared with the polymer-oligomer complexes. This is due, apparently, the fact that an increase in the average molecular weight of the polyelectrolyte increases the proportion of so-called tails and loops, consisting of units of the polyelectrolyte that are not associated with molecules Leukanol

Keywords: coagulation of the latex, the cationic polyelectrolytes, the optimal dosage, the degree of polymerization

Введение

Одной из основных технологических стадий производства каучуков, получаемых эмульсионной полимеризацией, является коагуляция латекса. Стабилизация латекса в процессе полимеризации традиционно производится комбинацией мыл синтетических жирных кислот и диспропорционированной канифоли со смесью натриевых солей олигомерного продукта конденсации *β*-нафталинсульфокислоты с формальдегидом (лейканола). До недавнего времени наиболее распространённым способом дестабилизации латексов синтетических эмульсионных каучуков и последующей коагуляции являлось применение низкомолекулярного электролита – хлорида натрия в сочетании с серной кислотой. Однако электролитная коагуляция имеет существенный недостаток: минеральные соли, пройдя очистные сооружения, полностью сбрасываются в естественные водоёмы, что приводит к их засолению и ухудшению экологического состояния [1].

Для преодоления этого недостатка предлагалось использование в качестве коагулянтов полифенолов [2], поликислот [3], полиамфолитов [4] и неионогенных полимеров с полярными группами [5], но наиболее эффективными коагулянтами оказались катионные полиэлектролиты в присутствии подкисляющего агента [6–8]. Их дестабилизирующее действие основано на образовании полиэлектролитного комплекса

Для цитирования

Орлов Ю.Н. Влияние степени полимеризации катионного полиэлектролита на его дозировку при проведении коагуляции латексов синтетических эмульсионных каучуков // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 318–324. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-318-324

For citation

Orlov Yu.N. The impact of the of cationic polyelectrolyte polymerization degree in latexes coagulation dosage of synthetic emulsion rubbers. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 318–324. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-318-324

с лейканолом, нерастворимого в воде. Применение катионных полиэлектролитов для коагуляции латексов позволяет полностью исключить использование для этих целей хлорида натрия и значительно снизить сброс в естественные водоёмы бионеразлагаемого лейканола.

Эффективность полиэлектролитов по дестабилизации противоположно заряженных коллоидных дисперсий зависит от их строения, средней молекулярной массы, линейной плотности заряда, ионной силы среды [9–11]. К настоящему времени проведены исследования коагуляции латексов под действием катионных полиэлектролитов различного состава и степени полимеризации. В данном сообщении обсуждены литературные сведения о параметрах проведения коагуляции бутадиен-стирольных и бутадиен-α-метилстирольных латексов полиаминами и полиаммонийными соединениями в сравнении с низкомолекулярными аммонийными соединениями и неионогенными полимерами [12–26].

Результаты и обсуждение

В таблицах 1 и 2 представлены параметры коагуляции латексов, проведённой с использованием катионных полиэлектролитов различной степени полимеризации и характеристической вязкости.

Как видно из приведённых данных, при применении низкомолекулярных аммонийных соединений требуются относительно высокие значения дозировки коагулянта (10–30 кг/т каучука), хотя и на порядок меньшие, чем при использовании хлорида натрия. Значительно более высокая по сравнению с хлоридом натрия эффективность коагуляции латексов при использовании N, N-диметил-N-этил-N-дегидроабиетиноиламмонийбромида, гидрохлорида 2, 2, 4 – триметил – 1,2 – дигидрохинолина и N, N-диметил-N, N-диаллиламмонийхлорида объясняется образованием нерастворимых комплексов этих соединений с лейканолом [12–14]. При этом следует отметить, что оптимальная дозировка коагулянта снижается с повышением его поверхностной активности, приближаясь к эквимолекулярному соотношению с сульфогруппами лейканола для катионного ПАВ N, N-диметил-N-этил-N-дегидроабиетиноиламмонийбромида.

При использовании в качестве коагулянтов полиэлектролитов оптимальная дозировка закономерно снижается с увеличением содержания в макромолекуле третичных амино- и алкиламмонийных групп и в меньшей степени при переходе от полиаминов к полимерным аммонийным соединениям. В отличие от неионогенного поливинилкапролактама, эффективность коагулирующего действия которого определяется возможностью адсорбции его макромолекул одновременно на двух латексных частицах и повышается с ростом средней степени полимеризации, с увеличением средней степени полимеризации полиэлектролита и его характеристической вязкости наблюдается тенденция к увеличению его оптимальной дозировки. Близкая к стехиометрическому соотношению ионогенных групп оптимальная дозировка коагулянта достигается при применении олигоэлектролитов со степенью полимеризации, не превышающей 40. В случае использования полиэлектролитов с большей средней степенью полимеризации оптимальная дозировка находится на уровне, соответствующему соотношению ионогенных групп коагулянта и стабилизатора латекса, близкому к 2:1. Это объясняется, по-видимому, снижением степени связывания звеньев полиэлектролита относительно большой молекулярной массы с олигомерными молекулами лейканола из-за образования так называемых «хвостов» и «петель», состоящих из звеньев полиэлектролита, не связанных с молекулами лейканола. Подтверждением этого вывода являются результаты изучения закономерностей связывания лейканола катионными полиэлектролитами [27, 28], согласно которым с ростом степени полимеризации катионных полиэлектролитов – производных полиакриламида, содержащих боковые амидо- и аминогруппы, увеличивается расход полиэлектролита, соответствующий полному связыванию лейканола. Кроме того, аналогичное сравнительное исследование образования нерастворимых полимер-коллоидных комплексов при взаимодействии анионных групп низкомолекулярного и олигомерного эмульгаторов, соответственно додецилсульфата натрия и лейканола, с катионным полиэлектролитом методом турбидиметрического титрования показало, что если связывание низкомолекулярного ПАВ происходит в эквивалентном соотношении, то полное связывание олигомерного ПАВ из-за пространственных затруднений требует избытка полиэлектролита [18].

Таблица 1.

Параметры проведения коагуляции бутадиен-стирольных и бутадиен-α-метилстирольных латексов коагулянтами различной степени полимеризации

Table 1.

Parameters of coagulation of butadiene-styrene and butadiene-α-methyl styrene latexes

Коагулянт Coagulant	Характеристика коагулянта Characterization of coagulant		Параметры коагуляции Parameters of coagulation							Литература | Ref
	Средняя молекулярная масса Average degree of polymerization	Средняя степень полимеризации Average degree of polymerization	Сухой остаток латекса, % масс. The dry residue of the latex, wt. %	Разбавление латекса при коагуляции The ratio of latex : serum	Температура, °С Temperature, °С	Дозировка серной кислоты, кг/т каучука Dosage of sulfuric acid, kg/t of rubber	Дозировка коагулянта Coagulant dossage		Выход коагулята, % от массы сухого остатка Coagulate yield, % by weight of dry residue	
							кг/т каучука kg/t latex	ион/ион лейканола ion/ion of Leukanol		
N, N-диметил-N-этил-N-дегидроабиетиноиламмонийбромид N, N-dimethyl-N-ethyl-N-dehydroabietylammonium bromide	480	1	20,0	1:2	20–80	15	10	1,26	97	[12]
Гидрохлорид 2, 2, 4 – триметил – 1,2 – дигидрохинолина 2, 2, 4 – trimethyl – 1,2 – dihydroquinoline hydrochloride	209,5	1	21,2	1:1	20	15	12,6	3,64	97	[13]
N, N-диметил-N, N-диаллиламмонийхлорид N, N-dimethyl-N, N-diallylammonium chloride	161,5	1	22,1	1:1	60	12	30	11,2	94	[14]
			21,5	1:1	40	15	30	11,2	95	[15]
Поли-N-винилкапролактам Poly-N-vinylcaprolactam	$2,65\times10^5$	19	1,0	1:1	20	15	39	-	70	[16]
	$3,5\times10^6$	25180					53		100	
Поли-N, N-диметиламиноэтилметакрилат Poly-N, N-dimethylaminoethylmethacrylate	10×10^3	64	23.9	1:1	20	15	5,8	2,24	97	[17]
	30×10^3	192					5,4	2,08	97	
Продукт кватернизации поли-N, N-диметил-аминоэтилметакрилата н-пропилбромидом Quaternization product of poly-N, N-dimethylaminoethylmethacrylate by n-propyl bromide	$12,3\times10^3$	64*	23,9	1:1	20	15	6,7	2,10	98	[17, 18]
	$42,0\times10^3$	192**					7,0	1,94	97	
Сополимер N, N-диметиламинэтилметакрилата и метакриламида (0,5:0,5) Copolymer of N, N-dimethylaminoethylmethacrylate and methacrylamide (0.5:0.5)	-	-	23,9	1:1	20	15	15	3,75	96	[17, 18]
Продукт кватернизации сополимера N, N-диметиламинэтилметакрилата и метакриламида н-пропилбромидом Product of the quaternization of the copolymer N, N by dimethylaminoethylmethacrylate and n-propyl bromide methacrylamide	-	-	23,9	1:1	20	15	13	2,15	98	[17, 18]
Поли-N, N-диметил-N, N-диаллиламмонийхлорид Poly-N, N-dimethyl-N, N-diallylammonium chloride	$(16–172)\times10^3$	99–1065	22,1	1:1	60	12	5	1,87	94	[14, 20, 21]
Сополимер N, N-диметил-N, N-диаллиламмонийхлорида с малеиновой кислотой (0,75:0,25) Copolymer N, N-dimethyl-N, N-diallylammonium chloride with maleic acid (0,75:0,25)	$(5 – 8)\times10^3$	25–40	23,0	1:1	40–80	15	2,5–3,0	0,91	98	[20, 23]
						30	1,5	0,45	91	
						30	1,0	0,30	80	
Поли-N, N-диметил-2-оксипропиленаммоний хлорид Poly-N, N-dimethyl-2-oxypropylene ammonium chloride	3×10^5	2180	19,0	1:1	20–80	15	4	1,76	100	[24]
Продукт сополиконденсации эпихлоргидрина с диметиламином и аммиаком The polycondensation product of epichlorohydrin with dimethylamine and ammonia	$(1,1 – 1,3)\times10^3$	8–10	20,0	1:2	20–80	12	2,4	1,06	97	[25]

* – степень кватернизации 29 %;** – степень кватернизации 50 % | Note: * – the degree of quaternization 29 %;** – the degree of quaternization 50 %

Таблица 2.

Параметры проведения коагуляции бутадиен-стирольных и бутадиен-α-метилстирольных латексов полиэлектролитами различной характеристической вязкости

Table 2.

Parameters of coagulation of butadiene-styrene and butadiene-α-methyl styrene latexes

Коагулянт Coagulant	Характеристика коагулянта Characterization of coagulant		Параметры коагуляции Parameters of coagulation							Литература | Ref
	[η], дл/г	Условия определения The conditions determining	Сухой остаток латекса, % масс. The dry residue of the latex, wt. %	Разбавление латекса при коагуляции The ratio of latex : serum	Температура, °С Temperature, °С	Дозировка серной кислоты, кг/т каучука Dosage of sulfuric acid, kg/t of rubber	Дозировка коагулянта Coagulant dossage		Выход коагулята, % от массы сухого остатка Coagulate yield, % by weight of dry residue	
							кг/т каучука kg/t latex	ион/ион лейканола ion/ion of Leukanol		
Сополимер N-винилкапролактама с 1-винил-2-метилимидазолом (0,57:0,43) Copolymer of N-vinylcaprolactam with 1-vinyl-2-methylimidazole (0.57:0.43)	0,10–0,12	Вода, 25 °С	1.0	1:1	20	15	9,4	10,5	89	[16]
Сополимер N-винилкапролактама с 1-винил-2-метил-3-пропилимидазолийиодидом (0,66:0,34) Copolymer of N-vinylcaprolactam with 1-vinyl-2-methyl-3-propylimidazolium iodide (0.66:0.34)	0,10–0,12	Метанол, 25 °С	1.0	1:1	20	15	3	2,87	94	[16]
Поли-N, N-диметиламиноэтилметакрилат Poly-N, N-dimethylaminoethyl methacrylate	0,16 0,33	1 н р-р NaCl, 20 °С	23.9	1:1	20	15	5,8 5,4	2,24 2,08	97 97	[17]
Поли-N, N-диметил-N-метакрилоилоксиэтиламмонийхлорид Poly-N, N-dimethyl-N-methacryloyloxyethyl ammonium chloride	2,4 1,0	Формамид, 30 °С	23,9	1:1	20	15	7,0 5,4	2,19 1,69	93 98	[17–19]
Поли-N, N-диметил-N-метакрилоилоксиэтиламмонийнитрат Poly-N, N-dimethyl-N-methacryloyloxyethyl ammonium nitrate	1,5 4,0		23,9	1:1	20	15	8,8 13,3	2,42 3,66	95 98	[17–19]
Поли-N, N-диметил-N-метакрилоилоксиэтиламмонийсульфат Poly-N, N-dimethyl-N-methacryloyloxyethyl ammonium sulfate	3,3 5,2 4,7		23,9	1:1	20	15	11 9 29	2,61 2,14 6,88	100 95 96	[17–19]
Поли-N, N-диметил-N-метакрилоилоксиэтиламмонийфосфат Poly-N, N-dimethyl-N-methacryloyloxyethyl ammonium phosphate	1,8		23,9	1:1	20	15	17	4,03	95	[17–19]
Поли-N, N-диметил-N, N-диаллиламмонийхлорид Poly-N, N-dimethyl-N, N-diallylammonium chloride	0,76–3,1	0,1 М р-р NaCl	22,1	1:1	60	12	5	1,87	94	[14, 20, 21]
Сополимер N, N-диметил-N, N-диаллиламмонийхлорида с диоксидом серы (0,5:0,5) Copolymer N, N-dimethyl-N, N-diallylammonium chloride with sulfur dioxide (0.5:0.5)	0,056	2М р-р NaCl	22,1	1:1	60	12 8 0	5 9 19	1,34 2,41 5,10	94	[14, 20, 22]
Сополимер N, N-диметил-N, N-диаллиламмонийхлорида с акриламидом (0,2:0,8) Copolymer N, N-dimethyl-N, N-diallylammonium chloride with acrylamid (0,2:0,8)	0,21	0,1 М р-р NaCl	21,1	1:1	80	15–20	5	0,68	90	[20, 26]

Для связи с редакцией: post@vestnik-vsuet.ru

Заключение

Оптимальная дозировка катионного полиэлектролита при проведении коагуляции латексов синтетических эмульсионных каучуков, стабилизированных мылами карбоновых кислот и лейканолом, определяется, при прочих равных условиях, степенью его полимеризации. Повышение эффективности коагулирующего действия при переходе от высокомолекулярных полиэлектролитов к олигомерным связано с уменьшением соотношения катионных и анионных звеньев, требующегося для полного связывания лейканола, при образовании олигомер-олигомерных комплексов по сравнению с полимер-олигомерными.

ЛИТЕРАТУРА

1 Папков В.Н., Сигов О.В., Рогозина Т.Е. и др. Современные способы коагуляции синтетических латексов при производстве эмульсионных каучуков // Производство и использование эластомеров. 2000. № 6. С. 3–6.

2 Pat. № 4025711, USA, C08F 6/22. Latex coagulation process using lignin compound / Davidson M.J.G., Wunder R.H. Publ. 24. 05.1977.

3 А.с. № 1541219, СССР, C08 C 1/14, C08F 236/10. Способ бессолевого выделения маслонаполненных бутадиен-(метил)стирольных каучуков / Сигов О.В., Тихомиров Г.С., Сааков Э.М. и др. № 4287025/23-05; Заявл. 20.07.1987; Опубл. 07.02.1990, Бюлл. № 5.

4 А.с. № 1065424, СССР, C08C 1/15. Способ выделения синтетических каучуков из латекса / Моисеев В.В., Косовцев В.В., Попова О.К. и др. № 3489632/23-05; Заявл. 09.09.1982; Опубл. 07.01.1984, Бюлл. № 1.

5 EP № 1739102 A1, C08F 6/22, 265/04, 279/02. Method for producing coagulated particles from emulsion polymerization latex / Takashi H. Publ. 03.01.2007.

6 А.с. № 1700007, СССР, C08C 1/15. Способ выделения синтетических каучуков / Моисеев В.В., Косовцев В.В., Гуляева Н.А. и др. № 4629764/05; Заявл. 02.04.1989; Опубл. 23.12.1991, Бюлл. № 47.

7 Пат. № 2253656, RU, C08C 1/15Способ выделения синтетических каучуков из латексов / Сигов О.В., Гусев Ю.К., Папков В.Н. и др. № 2004114319/04; Заявл. 13.05.2004; Опубл. 10.06.2005, Бюлл. № 16.

8 Пат. № 2281293, RU, C08C 1/15, C08C 2/06, C02F 1/56. Коагулянт для выделения синтетических каучуков из жидких сред / Батищев Е.А., Михальская О.С., Семененко О.В. № 2005117457/15; Заявл. 07.06.2005; Опубл. 10.08.2006, Бюлл. № 22.

9 Rasteiro M.G., Garcia F.A.P., Ferreira P.J. Flocculation by cationic polyelectrolytes: relating efficiency with polyelectrolyte characteristics // Journal of Applied Polymer Science. 2010. V. 116. P. 3603–3612.

10 Christensen P.V., Hinge M., Keiding K. The use of dielectric spectroscopy in the investigation of the effect of polymer choice on the flocculation of polystyrene particles // Journal of Colloid and Interface Science. 2009. V. 331. P. 113–121. doi: 10.1016/j.jcis.2008.11.027.

11 Popa I., Gillies G., Papastavrou G., Borkovec M. Attractive and Repulsive Electrostatic Forces between Positively Charged Latex Particles in the Presence of Anionic Linear Polyelectrolytes // The Journal of Physical Chemistry B. 2010. V. 114. P. 3170–3177. doi: 10.1021/jp911482a.

12 Крючкова Н.В., Орлов Ю.Н., Головачева О.А. и др. Особенности флокуляции синтетических латексов при использовании четвертичного аммониевого соединения на основе смоляных кислот и канифоли // Журнал прикладной химии. 2011. Т. 84. № 2. С. 288–292.

13 Никулин С.С., Вережников В.Н., Пояркова Т.Н., Шмырева Ж.В. Гидрохлорид 2,2,4 – триметил – 1,2 – дигидрохинолина как коагулянт бутадиен-стирольных латексов // Журнал прикладной химии. 2003. Т. 76. № 8. С. 1355–1358.

14 Корнехо Туэрос Х.В., Никулина Н.С., Никулин С.С. Влияние концентрации дисперсной фазы, катионного электролита и серума на процесс выделения каучука из латекса с применением четвертичных солей аммония // Вестник ВГУИТ. 2013. № 1. С. 119–121.

15 Никулина Н.С., Романюк Е.В., Никулин С.С. Влияние четвертичных солей аммония на процесс выделения наполненного маслом каучука из латекса // Вестник ВГУИТ. 2016. № 1. С. 164–166.

16 Шаталов Г.В., Вережников В.Н., Чурилина Е.В. и др. Флокуляция латекса синтетического каучука гомо- и сополимерами N-винилкапролактама с N-винилимидазолами // Журнал прикладной химии. 2003. Т. 76. № 11. С. 1890–1894.

17 Вережников В.Н., Минькова Т.В., Пояркова Т.Н. Синтез и оценка флокулирующей способности полиэлектролитами на основе N, N-диметиламиноэтилметакрилата // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2004. № 2. С. 28–31.

18 Вережников В.Н., Минькова Т.В., Пояркова Т.Н. Синтез полимеров на основе N, N-диметиламиноэтилметакрилата и их флокулирующая способность // Конденсированные среды и межфазные границы. 2005. Т. 7. № 4. С. 424–429.

19 Вережников В.Н., Минькова Т.В., Пояркова Т.Н. Флокуляция бутадиен-стирольного латекса полимерными аммониевыми солями N, N-диметиламиноэтилметакрилата и минеральных кислот // Журнал прикладной химии. 2004. Т. 77. № 5. С. 835–839.

20 Мисин В.М., Никулин С.С., Дюмаев К.М. Коагуляция промышленных эмульсионных каучуков в России полимерными четвертичными аммонийными солями. Хронология развития работы // Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 1. С. 97–109.

21 Verezhnikov V.N., Nikulin S.S., Poyarkova T.N. et al. Flocculation Power of Poly-N, N-dimethyl-N, N-diallylammonium Chloride of Various Molecular Weights // Russian Journal of Applied Chemistry. 2002. V. 75. № 3. P. 461–464. doi: 10.1023/A:1016163309427.

22 Verezhnikov V.N., Nikulin S.S., Poyarkova T.N. et al. Separation of Styrene-Butadiene Rubbers from Latexes Using Dimethyldiallylammonium Chloride – SO_2 Copolymer // Russian Journal of Applied Chemistry. 2001. V. 74. № 7. P. 1225–1229. doi: 10.1023/A:1013004025985.

23 Пояркова Т.Н., Никулин С.С., Бологова Ю.С., Мисин В.М. Изучение эффективности флокулирующего действия сополимера N, N-диметил-N, N-диаллиламмонийхлорида с малеиновой кислотой при выделении бутадиен-стирольного каучука из латекса // Конденсированные среды и межфазные границы. 2008. Т. 10. № 4. С. 261–265.

24 Никулин С.С., Пояркова Т.Н., Мисин В.М. Коагуляция бутадиен-стирольного латекса поли-N, N-диметил-2-оксипропиленаммонийхлоридом // Журнал прикладной химии. 2004. Т. 77. № 6. С. 996–1000.

25 Крючкова Н.В., Орлов Ю.Н., Леванова С.В. Исследование процесса выделения эмульсионных бутадиен-(α-метил) стирольных каучуков с применением катионного полиэлектролита поли-N, N′-диметил-N-2-гидроксипропиламмонийхлорида // Журнал прикладной химии. 2011. Т. 84. № 11. С. 1893–1897.

26 Nikulin S.S., Poyarkova T.N., Misin V.M. Prospects f or Using the Copolymer of N, N-Dimethyl-N, N-diallylammonium Chloride with Acrylamide in Production of Butadiene-Styrene Rubber // Russian Journal of Applied Chemistry. 2011. V. 84. № 5. P. 853–858. doi: 10.1134/S1070427211050247.

27 Кашлинская П.Е., Вережников В.Н., Пояркова Т.Н. Взаимодействие лейканола с катионными полиэлектролитами – коагулянтами синтетических латексов // Журнал прикладной химии. 1991. № 1. С. 218–220.

28 Вережников В.Н., Никулин С.С., Пояркова Т.Н. и др. Перспективы выделения синтетических каучуков из латексов органическими коагулянтами // Вестник Тамбовского университета. 1997. Т. 2. № 1. С. 47–52.

REFERENCES

1 Papkov V.N., Sigov O.V., Rogozina T.E. et al. Modern methods of coagulation of synthetic latex in the production of emulsion rubbers. *Proizvodstvo i ispol'zovanie ehlastomerov* [Production and use of elastomers]. 2000. no. 6. pp. 3–6. (in Russian).

2 Davidson M.J.G., Wunder R.H. Latex coagulation process using lignin compound. Patent USA, no. 4025711, 1977.

3 Sigov O.V., Tikhomirov G.S., Saakov E.M. et al. Sposob bessolevogo vydeleniya maslonapolnennykh butadien-(metil)stirol'nykh kauchukov [Method for salt-free extraction of oil-filled butadiene (methyl) styrene rubbers]. Copyright certificate USSR, no. 1541219, 1990.

4 Moiseev V.V., Kosovtsev V.V., Popova O.K. et al. Sposob vydeleniya sinteticheskikh kauchukov iz lateksa [Method of extraction of synthetic rubber from latex]. Copyright certificate USSR, no. 1065424, 1984.

5 Takashi H. Method for producing coagulated particles from emulsion polymerization latex. EP no. 1739102 A1, 2007.

6 Moiseev V.V., Kosovtsev V.V., Gulyaeva N.A. et al. Sposob vydeleniya sinteticheskikh kauchukov [The method of extraction of synthetic rubber]. Copyright certificate USSR, no. 1700007, 1991.

7 Sigov O.V., Gusev Yu.K., Papkov V.N. et al. Sposob vydeleniya sinteticheskikh kauchukov iz lateksov [Method of extracting synthetic rubbers from latex]. Patent RF, no. 2253656, 2005.

8 Batishhev E.A., Mikhal'skaya O.S., Semenenko O.V. Koagulyant dlya vydeleniya sinteticheskikh kauchukov iz zhidkikh sred [Coagulant for the isolation of synthetic rubbers from liquid media]. Patent RF, no. 2281293, 2006.

9 Rasteiro M.G., Garcia F.A.P., Ferreira P.J. Flocculation by cationic polyelectrolytes: relating efficiency with polyelectrolyte characteristics. Journal of Applied Polymer Science. 2010. vol. 116. pp. 3603–3612.

10 Christensen P.V., Hinge M., Keiding K. The use of dielectric spectroscopy in the investigation of the effect of polymer choice on the flocculation of polystyrene particles. Journal of Colloid and Interface Science. 2009. vol. 331. pp. 113–121. doi: 10.1016/j.jcis.2008.11.027.

11 Popa I., Gillies G., Papastavrou G., Borkovec M. Attractive and Repulsive Electrostatic Forces between Positively Charged Latex Particles in the Presence of Anionic Linear Polyelectrolytes. The Journal of Physical Chemistry B. 2010. vol. 114. pp. 3170–3177. doi: 10.1021/jp911482a.

12 Kryuchkova N.V., Orlov Yu.N., Golovacheva O.A. et al. Features of flocculation of synthetic latexes using quaternary ammonium compounds based on resin acids and rosin. *Zhurnal prikladnoj khimii* [Journal of Applied Chemistry]. 2011. vol. 84. no. 2. pp. 288–292. (in Russian)

13 Nikulin S.S., Verezhnikov V.N., Poyarkova T.N., Shmyreva Zh.V. Hydrochloride 2,2,4 - trimethyl - 1,2 - dihydroquinoline as a coagulant of styrene-butadiene latexes. *Zhurnal prikladnoj khimii* [Journal of Applied Chemistry]. 2003. vol. 76. no. 8. pp. 1355–1358. (in Russian).

14 Kornekho Tuehros Kh.V., Nikulina N.S., Nikulin S.S. The influence of the concentration of the dispersed phase, cationic electrolyte and serum on the process of separation of rubber from latex using quaternary ammonium salts. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2013. no. 1. pp. 119–121. (in Russian).

15 Nikulina N.S., Romanyuk E.V., Nikulin S.S. The influence of quaternary ammonium salts on the process of separation of rubber filled with oil from latex. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2016. no. 1. pp. 164–166. (in Russian).

16 Shatalov G.V., Verezhnikov V.N., Churilina E.V. et al. Flocculation of synthetic rubber latex with vinylcaprolactam N-vinylimidazoles homo- and copolymers. *Zhurnal prikladnoj khimii* [Journal of Applied Chemistry]. 2003. vol. 76. no. 11. pp. 1890–1894. (in Russian).

17 Verezhnikov V.N., Min'kova T.V., Poyarkova T.N. Synthesis and evaluation of flocculating ability of polyelectrolytes based on N, N dimethylaminoethyl methacrylate. *Vestnik VGU. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya* [Vestnik VSU. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy]. 2004. no. 2. pp. 28–31. (in Russian).

18 Verezhnikov V.N., Min'kova T.V., Poyarkova T.N. Synthesis of polymers based on N, N dimethylaminoethyl methacrylate and their flocculating ability. *Kondensirovannye sredy i mezhfaznye granitsy* [Condensed media and interphase boundaries]. 2005. vol. 7. no. 4. pp. 424–429. (in Russian).

19 Verezhnikov V.N., Min'kova T.V., Poyarkova T.N. Flocculation of styrene-butadiene latex polymeric ammonium salts N, N of dimethylaminoethyl methacrylate and mineral acids. *Zhurnal prikladnoj khimii* [Journal of Applied Chemistry]. 2004. vol. 77. no. 5. pp. 835–839. (in Russian).

20 Misin V.M., Nikulin S.S., Dyumaev K.M. Coagulation of industrial emulsion rubbers in Russia with polymeric quaternary ammonium salts. Chronology of the development of work. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University]. 2013. no. 1. pp. 97–109. (in Russian).

21 Verezhnikov V.N., Nikulin S.S., Poyarkova T.N. et al. Flocculation Power of Poly-N, N-dimethyl-N, N-diallylammonium Chloride of Various Molecular Weights. Russian Journal of Applied Chemistry. 2002. vol. 75. no. 3. pp. 461–464. doi: 10.1023/A:1016163309427.

22 Verezhnikov V.N., Nikulin S.S., Poyarkova T.N. et al. Separation of Styrene-Butadiene Rubbers from Latexes Using Dimethyldiallylammonium Chloride – SO_2 Copolymer. Russian Journal of Applied Chemistry. 2001. vol. 74. no. 7. pp. 1225–1229. doi: 10.1023/A:1013004025985.

23 Poyarkova T.N., Nikulin S.S., Bologova Yu.S., Misin V.M. Study of the effectiveness of the flocculating action of N, N dimethyl-N, N copolymer of diallylammonium chloride with maleic acid in the isolation of latex-styrene butadiene rubber. *Kondensirovannye sredy i mezhfaznye granitsy* [Condensed media and interphase boundaries]. 2008. vol. 10. no. 4. pp. 261–265. (in Russian).

24 Nikulin S.S., Poyarkova T.N., Misin V.M. Coagulation of styrene-butadiene latex poly-N, N dimethyl 2 with hydroxypropylene ammonium chloride. *Zhurnal prikladnoj khimii* [Journal of Applied Chemistry]. 2004. vol. 77. no. 6. pp. 996–1000. (in Russian).

25 Kryuchkova N.V., Orlov Yu.N., Levanova S.V. Study of the process of separation of emulsion butadiene (α-methyl) styrene rubbers using cationic polyelectrolyte poly-N, N′-dimethyl-N 2 hydroxypropylammonium chloride. *Zhurnal prikladnoj khimii* [Journal of Applied Chemistry]. 2011. vol. 84. no. 11. pp. 1893–1897. (in Russian).

26 Nikulin S.S., Poyarkova T.N., Misin V.M. Prospects f or Using the Copolymer of N, N-Dimethyl-N, N-diallylammonium Chloride with Acrylamide in Production of Butadiene-Styrene Rubber. Russian Journal of Applied Chemistry. 2011. vol. 84. no. 5. pp. 853–858. doi: 10.1134/S1070427211050247.

27 Kashlinskaya P.E., Verezhnikov V.N., Poyarkova T.N. The interaction of leukanol with cationic polyelectrolytes - coagulants of synthetic latexes. *Zhurnal prikladnoj khimii* [Journal of Applied Chemistry]. 1991. no. 1. pp. 218–220. (in Russian).

28 Verezhnikov V.N., Nikulin S.S., Poyarkova T.N. et al. Prospects for the isolation of synthetic rubbers from latex organic coagulants. *Vestnik Tambovskogo universiteta* [Bulletin of Tambov University]. 1997. vol. 2. no. 1. pp. 47–52. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Юрий Н. Орлов к.х.н., доцент, кафедра химии, химических процессов и технологий, Тольяттинский государственный университет, ул. Белорусская, 14, г. Тольятти, 445020, Россия, yury.oyn@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Юрий Н. Орлов написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 17.12.2018
ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 14.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Yuriy N. Orlov Cand. Sci. (Chem.), associate professor, chemistry, chemical processes and technologies department, Togliatti state university, Belorusskaya St., 14 Togliatti, 445020, Russia, yury.oyn@yandex.ru

CONTRIBUTION

Yuriy N. Orlov wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 12.17.2018
ACCEPTED 2.14.2019

Краткое сообщение/Short message

УДК 66

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-325-328

Изменение кислотности среды в процессе разложения апатита серной кислотой

Рауф Ф. Сабиров [1] sabirov.9090@mail.ru
Алексей Ф. Махоткин [1] oxz.kstu@rambler.ru
Юрий Н. Сахаров [1] usacharas@mail.ru
Игорь А. Махоткин [1] oxzkstu@kstu.ru
Илья Ю. Сахаров [1] wisefellow@mail.ru

[1] Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. К. Маркса 68, г. Казань, 420015, Россия

Аннотация. Выполнено экспериментальное исследование процесса разложения Ковдорского апатита с определёнными размерами частиц, в реакторе периодического действия объемом 1 дм^3 при перемешивании реакционной смеси, начальной концентрации фосфорной кислоты 17% мас. в системе: Апатит-H_3PO_4–H_2SO_4-H_2O. Серная кислота вводилась в стехиометрическом количестве в начале процесса. Процесс проводили при соотношении Ж:Т 2,5:1, при температуре 78-82°С. Наблюдение за ходом процесса проводили по методике совместного определения серной и фосфорной кислот титриметрическим анализом состава реакционной смеси в присутствии метилового оранжевого, а затем фенолфталеина. Определяли концентрацию фосфорной кислоты, концентрацию избыток или недостаток серной кислоты и концентрацию геля монокальцийфосфата. Фиксировали кислотность реакционной смеси по показаниям pH-метра (pH-105 МА с электродом стеклянным комбинированным – ЭСК-10603). В системе апатит-H_3PO_4–H_2SO_4-H_2O, при анализе полученных эксперименальных значений указанных параметров показано, что в ходе процесса pH реакционной смеси повышается до значений pH 6,3 в течение порядка 30 минут, а затем происходит его уменьшение до значений pH 4,5–5. Сравнение зависимости значений pH от концентрации серной кислоты в водном растворе фосфорной кислоты и значений pH реакционной смеси при соответствующих концентрациях серной и фосфорной кислот показывает, что значение pH реакционной смеси определяется присутствующим в смеси промежуточным продуктом – гелем монокальцийфосфата. Процесс разложения апатита в системе апатит-H_3PO_4-H_2SO_4-H_2O протекает в несколько стадий. В начале проходит быстрое разложение фосфатного сырья фосфорной кислотой и соответствующее изменение pH реакционной смеси, связанное с накоплением в растворе монокальцийфосфата. Затем происходит медленное разложение монокальцийфосфата серной кислотой и соответствующее уменьшение pH до 4,5–5. Значение pH в конце процесса определяется физико-химическими свойствами фосфорной кислоты присутствующей в реакционной смеси. На всех стадиях процесса происходит постоянное увеличение концентрации фосфорной кислоты связанное с разложением геля монокальцийфосфата..

Ключевые слова: механизм, кинетика, фосфорная кислота, апатит, серная кислота, технология

Change of acidity of the environment in the process of decomposition of apatitis sulfuric acid

Rauf F. Sabirov [1] sabirov.9090@mail.ru
Alexey F. Makhotkin [1] oxz.kstu@rambler.ru
Yury N. Sakharov [1] usacharas@mail.ru
Igor A. Makhotkin [1] oxzkstu@kstu.ru
Ilya Yu. Sakharov [1] wisefellow@mail.ru

[1] Kazan National Research Technological University, K. Marx st., 68,Kazan, 420015, Russia

Abstract. An experimental study of the decomposition process of Kovdorsky apatite with certain particle sizes, in a 1 dm3 batch reactor with stirring of the reaction mixture, initial phosphoric acid concentration 17% by weight, in the system: Apatite-H_3PO_4 – H_2SO_4-H_2O. Sulfuric acid was introduced in stoichiometric amount at the beginning of the process. The process was carried out at a ratio L:S 2.5:1, at a temperature of 78–82 °C. The process was monitored by the method of joint determination of sulfuric and phosphoric acids by titrimetric analysis of the composition of the reaction mixture in the presence of methyl orange, and then phenolphthalein. Determined the concentration of phosphoric acid, the concentration of excess or deficiency of sulfuric acid and the concentration of monocalcium phosphate gel were determined. The acidity of the reaction mixture was recorded according to the indications of a Ph-meter (pH-105 MA with a combined glass electrode – ESK-10603). In the system: Apatite-H_3PO_4-H_2SO_4-H_2O, when analyzing the obtained experimental values of these parameters, it was shown that during the process the pH of the reaction mixture rises to pH 6.3 for about 30 minutes, and then decreases to pH 4.5–5. Comparison of the dependence of pH values on the concentration of sulfuric acid in an aqueous solution of phosphoric acid and the pH values of the reaction mixture with the corresponding concentrations of sulfuric and phosphoric acids shows that the pH value of the reaction mixture is determined by the presence in the mixture between weft product - monocalcium phosphate gel. The process of decomposition of apatite in the system Apatite-H_3PO_4-H_2SO_4-H_2O proceeds in several stages. At the beginning, a rapid decomposition of phosphate raw materials with phosphoric acid and a corresponding change in the pH of the reaction mixture, associated with the accumulation of monocalcium phosphate in solution, takes place. Then there is a slow decomposition of monocalcium phosphate with sulfuric acid and a corresponding decrease in pH to 4.5–5. The pH value at the end of the process is determined by the physicochemical properties of phosphoric acid present in the reaction mixture. At all stages of the process there is a constant increase in the concentration of phosphoric acid associated with the decomposition of monocalcium phosphate gel.

Keywords: mechanism, kinetics, phosphoric acid, apatite, sulfuric acid, technology

Для цитирования

Сабиров Р.Ф., Махоткин А.Ф., Сахаров Ю.Н., Махоткин И.А., Сахаров И.Ю. Изменение кислотности среды в процессе разложения апатита серной кислотой // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 325–328. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-325-328

For citation

Sabirov R.F., Makhotkin A.F., Sakharov Yu.N., Makhotkin I.A., Sakharov I.Yu. Change of acidity of the environment in the process of decomposition of apatitis sulfuric acid. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 325–328. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-325-328

Введение

Фосфорная кислота является основным сырьем для производства фосфорных удобрений, кормовых добавок, инсектицидов и других фосфорсодержащих продуктов. По оценке отраслевых экспертов Российской Федерации, количество минеральных удобрений, вносимых в почвы сельскохозяйственного назначения, более чем в 10 раз меньше необходимой по нормативам [1, 2]. В настоящее время проводятся исследования, направленные на реализацию этапов получения экологически чистых отходов от производства удобрений [3]. Общее мировое потребление фосфатного сырья в настоящее время составляет более 150 млн т в год. Около 85% фосфатного сырья используется для производства минеральных удобрений.

Технология фосфорсодержащих удобрений основана на разложении природных фосфатов кислотами. Ведутся разработки способов кислотной переработке апатита [4]. Наиболее распространённый способ получения фосфорных удобрений – обработка фосфатов серной кислотой, при этом получаются концентрированные удобрения. Фосфорная кислота является основным исходным сырьем в производстве фосфорных удобрений [5].

В зависимости от температуры процесс разложения апатита можно вести дигидратным, полугидратным или ангидритным способами при разных температурах с получением фосфорной кислоты различной концентрации [6, 7].

Материалы и методы

С целью поиска идентификации процесса выполнено исследование процесса разложения Ковдорского апатита с размерами частиц 0,16 мм в реакторе периодического действия объемом 1 дм^3 при перемешивании реакционной смеси. Начальная концентрация фосфорной кислоты 17% масс. Серная кислота вводилась сразу в стехиометрическом количестве при навеске апатита 50 г и соотношении Ж:Т 2,5:1, температура поддерживалась в процессе 78–82 °С [8].

Наблюдение за ходом процесса проводили по методике совместного определения серной и фосфорной кислот титриметрическим анализом состава реакционной смеси в присутствии метилового оранжевого, а затем фенолфталеина [9].

В результате определяли содержание фосфорной кислоты, избыток или недостаток серной кислоты и содержание геля монокальцийфосфата [10]. Фиксировали кислотность реакционной смеси по показаниям pH-метра (pH-105 МА с электродом стеклянным комбинированным – ЭСК-10603).

Результаты и обсуждение

На рисунке 1 показана зависимость концентрации фосфорной и серной кислот в системе апатит-H_3PO_4-H_2SO_4-H_2O от времени протекания процесса. Значения pH реакционной смеси в ходе процесса разложения апатита в системе апатит-H_3PO_4-H_2SO_4-H_2O показаны на рисунке 2.

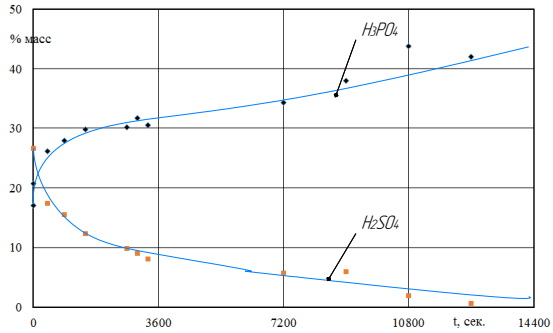


Рисунок 1. Зависимость массовой концентрации кислот в реакционной смеси от времени протекания процесса разложения апатита с начальными размерами частиц 0,16 мм

Figure 1. The dependence of the mass concentration of acids in the reaction mixture on the time of the process of decomposition of apatite with initial particle sizes of 0.16 mm

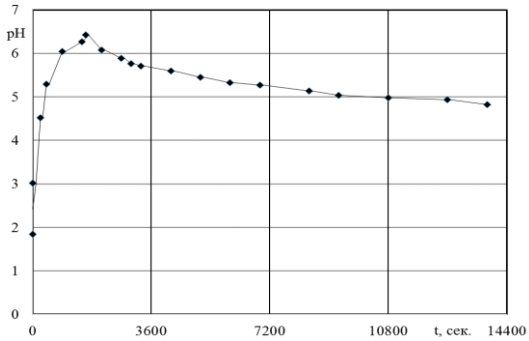


Рисунок 2. Зависимость pH реакционной смеси от времени протекания процесса разложения апатита в системе апатит-H_3PO_4-H_2SO_4-H_2O. Размеры частиц 0,16 мм. Начальное отношение Ж:Т 2,5:1. Температура 80 °С

Figure 2. The dependence of the pH of the reaction mixture on the time of the process of decomposition of apatite in the system apatite-H_3PO_4-H_2SO_4-H_2O. Particle size 0.16 mm. The initial ratio L:S 2,5:1. Temperature 80 °C

В системе апатит-H_3PO_4-H_2SO_4-H_2O при температуре 80 °С экспериментально показано, что в ходе процесса pH реакционной смеси повышается до значений pH 6,3 в течение порядка 30 мин, а затем происходит его уменьшение до значений pH 4,5–5,0. Остаточный pH в конце процесса определяется значением pH фосфорной кислоты [11, 12]. Сравнение значений pH раствора серной кислоты в водном растворе фосфорной кислоты (рисунок 3) и значений pH реакционной смеси (рисунок 2) при соответствующих концентрациях серной кислоты (рисунок 1) показывает, что значение pH реакционной смеси определяется присутствующим в смеси гелем монокальцийфосфата.

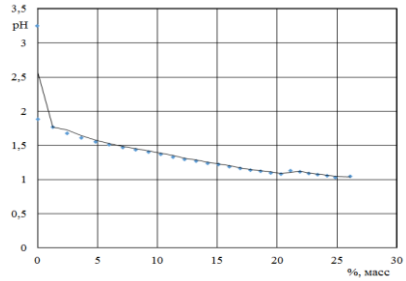


Рисунок 3. Изменение величины pH водного раствора фосфорной кислоты при начальной концентрации фосфорной кислоты равной 17%, при добавлении серной кислоты

Figure 3. The change in pH of an aqueous solution of phosphoric acid with an initial concentration of phosphoric acid equal to 17% with the addition of sulfuric acid

ЛИТЕРАТУРА

1 Карпова М.И., Фахрутдинов Р.З., Непряхин А.Е., Межуев С.В. Фосфориты россии: состояние, проблемы, стратегия развития МСБ // Разведка и охрана недр. 2009. № 10. С. 33–37.

2 Непряхин А.Е., Сенаторов П.П., Карпова М.И. Фосфатно-сырьевая база России: новые технологии и перспективы освоения // Горная техника.2009. С. 136–144.

3 Valkov A.V., Andreev V.A., Anufrieva A.V., Makaseev Y.N. et al. Phosphogypsum technology with the extraction of valuable components // Procedia Chemistry. 2014. V. 11. P. 176–181.

4 Hammas-Nasri I., Horchani-Naifer K., Ferid M., Barca D. Rare earths concentration from phosphogypsum waste by two-step leaching method // International Journal of Mineral Processing. 2016. V. 149. P. 78–83.

5 Копылев Б.А. Технология экстракционной фосфорной кислоты. Ленинград: Химия, 1981. 224 с.

6 Мухлёнов И.П. Основы химической технологии. Москва: Высшая школа, 1991.463 с.

7 Торочешников Н.С., Родионов А.И., Кельцев Н.В., Клушин В.Н. Техника защиты окружающей среды. Москва: Химия, 1981. 512 с.

8 Сахаров Ю.Н., Махоткин А.Ф., Махоткин И.А., Ситкин А.И. Механизм и кинетика разложения фосфатного сырья // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 11. С. 18–22.

9 Васильев В. Аналитическая химия. Книга 2. Физико-химические методы анализа. Дрофа, 2018.

10 Сахаров Ю.Н., Махоткин И.А., Махоткин А.Ф. Обобщение закономерностей кинетики процессов разложения фосфорита и апатита растворами фосфорной и серной кислот // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 22. С. 37–38.

11 Ciceri D., Mason L.R., Harvie D.J.E., Perera J.M. et al. Extraction kinetics of Fe (III) by di-(2-ethylhexyl) phosphoric acid using a Y–Y shaped microfluidic device // Chemical Engineering Research and Design. 2014. V. 92. № 3. P. 571–580.

12 Mori K., Itakura T., Akiyama T. Enantiodivergent Atroposelective Synthesis of Chiral Biaryls by Asymmetric Transfer Hydrogenation: Chiral Phosphoric Acid Catalyzed Dynamic Kinetic Resolution // Angewandte Chemie International Edition. 2016. V. 55. № 38. P. 11642–11646. doi: 10.1002/anie.201606063

REFERENCES

1 Karpova M.I., Fakhrutdinov R.Z., Nepryakhin A.E., Mezhuyev S.V. Phosphorites of Russia: state, problems, strategy for the development of SMEs. *Razvedka i okhrana nedr* [Exploration and protection of subsoil]. 2009. no. 10. pp. 33–37. (in Russian).

Заключение

Процесс разложения апатита серной кислотой в системе апатит-H_3PO_4-H_2SO_4-H_2O протекает в несколько стадий. В начале установлено быстрое разложение фосфатного сырья и соответствующее изменение pH реакционной смеси, связанное с накоплением в растворе монокальцийфосфата. Затем происходит медленное уменьшение pH до 4,5–5,0. Последнее происходит в результате разложения монокальцийфосфата серной кислотой. В ходе процесса имеет место постоянное увеличение концентрации H_3PO_4.

2 Nepryakhin A.E., Senatorov P.P., Karpova M.I. Phosphate raw material base of Russia: new technologies and development prospects. *Gornaya tekhnika* [Mining equipment]. 2009. pp. 136–144. (in Russian).

3 Valkov A.V., Andreev V.A., Anufrieva A.V., Makaseev Y.N. et al. Phosphogypsum technology with the extraction of valuable components. Procedia Chemistry. 2014. vol. 11. pp. 176–181.

4 Hammas-Nasri I., Horchani-Naifer K., Ferid M., Barca D. Rare earths concentration from phosphogypsum waste by two-step leaching method. International Journal of Mineral Processing. 2016. vol. 149. pp. 78–83.

5 Kopylev B.A. Tekhnologiya ekstraktsionnoy fosfornoy kisloty [Technology of extraction phosphoric acid]. Leningrad, Khimiya, 1981. 224 p. (in Russian).

6 Muhlenov I.P. Osnovy khimicheskoy tekhnologii [Fundamentals of Chemical Technology]. Moscow, Vysshaya shkola,1991. 463 p. (in Russian).

7 Torocheshnikov N.S., Rodionov A.I., Keltsev N.V., Klushin V.N. Tekhnika zashchity okruzhayushchey sredy [Environmental Protection Technique]. Moscow, Khimiya, 1981.512 p. (in Russian).

8 Sakharov Yu.N., Makhotkin A.F., Makhotkin I.A., Sitkin A.I. Mechanism and kinetics of decomposition of phosphate raw materials. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University]. 2011. no. 11. pp. 18–22. (in Russian).

9 Vasiliev V. Analiticheskaya khimiya. Kniga 2. Fiziko-khimicheskiye metody analiza [Analytical Chemistry. Book 2. Physical and chemical methods of analysis]. Drofa, 2018. (in Russian).

10 Sakharov Yu.N., Makhotkin I.A., Makhotkin A.F. Generalization of the regularities of the kinetics of the processes of decomposition of phosphate and apatite with solutions of phosphoric and sulfuric acids. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University]. 2015. vol. 18. no. 22. pp. 37–38. (in Russian).

11 Ciceri D., Mason L.R., Harvie D.J.E., Perera J.M. et al. Extraction kinetics of Fe (III) by di-(2-ethylhexyl) phosphoric acid using a Y–Y shaped microfluidic device. Chemical Engineering Research and Design. 2014. vol. 92. no. 3. pp. 571–580.

12 Mori K., Itakura T., Akiyama T. Enantiodivergent Atroposelective Synthesis of Chiral Biaryls by Asymmetric Transfer Hydrogenation: Chiral Phosphoric Acid Catalyzed Dynamic Kinetic Resolution. Angewandte Chemie International Edition. 2016. vol. 55. no. 38. pp. 11642–11646. doi: 10.1002/anie.201606063

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Рауф Ф. Сабиров аспирант, кафедра оборудование химических заводов, Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. К. Маркса 68, г. Казань, 420015, Россия, sabirov.9090@mail.ru

Алексей Ф. Махоткин д.т.н., профессор, заведующий кафедрой оборудование химических заводов, Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. К. Маркса 68, г. Казань, 420015, Россия, oxz.kstu@rambler.ru

Юрий Н. Сахаров к.т.н., доцент, кафедра оборудование химических заводов, Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. К. Маркса 68, г. Казань, 420015, Россия, usacharas@mail.ru

Игорь А. Махоткин к.т.н., доцент, кафедра оборудование химических заводов, Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. К. Маркса 68, г. Казань, 420015, Россия, oxzkstu@kstu.ru

Илья Ю. Сахаров ассистент, кафедра оборудование химических заводов, Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. К. Маркса 68, г. Казань, 420015, Россия, wisefellow@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы принимали участие в написании статьи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 10.12.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 04.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Rauf F. Sabirov graduate student, chemical plant equipment department, Kazan National Research Technological University, K. Marx st., 68, Kazan, 420015, Russia, sabirov.9090@mail.ru

Alexey F. Makhotkin Dr. Sci. (Engin.), professor, head of the Department of Chemical Plant Equipment , Kazan National Research Technological University, K. Marx st., 68, Kazan, 420015, Russia, oxz.kstu@rambler.ru

Yury N. Sakharov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, chemical plant equipment department, Kazan National Research Technological University, K. Marx st., 68, Kazan, 420015, Russia, usacharas@mail.ru

Igor A. Makhotkin Cand. Sci. (Engin.), associate professor, chemical plant equipment department, Kazan National Research Technological University, K. Marx st., 68, Kazan, 420015, Russia, oxzkstu@kstu.ru

Ilya Yu. Sakharov assistant, chemical plant equipment department, Kazan National Research Technological University, K. Marx st., 68, Kazan, 420015, Russia, wisefellow@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors participated in the writing of the article and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 12.10.2018

ACCEPTED 2.4.2019

Экономика и управление

Оригинальная статья/Original article

УДК 336.563.1

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-329-336

Разработка рекомендаций предоставления грантов начинающим фермерам

Василий А. Козлов [1] vasilevs969@mail.ru
Ольга А. Фролова [1] ekfakngiei@yandex.ru
Юлия А. Юхлина [1] Yulia-zhukova2010@yandex.ru

[1] Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, ул. Октябрьская, 22, г. Княгинино, 606340, Россия

Аннотация. В виду своих особенностей, а также низкого уровня производства продукции, сельскохозяйственные товаропроизводители нуждаются в государственной поддержке. Она выделяется по разным направлениям согласно государственной программе. При этом существует поддержка начинающим фермерам в виде грантов от государства, цель которой – помочь развить предпринимательскую деятельность в любой отрасли сельского хозяйства: в разведении лошадей, коров, овец, коз, свиней, птицы, выращивании картофеля, зерновых культур, овощей на открытом и закрытом грунте, плодов и ягод, рыболовство, пчеловодство. Гранты предоставляются лицам, зарегистрированным как ИП не менее года, имеющим бизнес-план по расширению или модернизации хозяйства. Поддержка предоставляется 1 раз, в течение 10 лет. Помощь начинающим фермерам предоставляется по двум основным направлениям: на создание (развитие) хозяйства 1,5–3,0 млн р.; помощь на устройство быта до 250 тыс. р. Цель исследования – рассмотрение теоретических аспектов государственной поддержки, анализ помощи начинающим фермерам, а также разработка рекомендаций по предоставлению грантов. В статье используются абстрактная логика и расчетно-конструктивные методы. Проанализирована деятельность сельского хозяйства на федеральном и региональном уровнях. Уточнено и дополнено понятие «государственная поддержка сельского хозяйства»: средства государственного бюджета, направленные на развитие отрасли и сельских территорий по определенным направлениям; на прямое повышение их доходности, путем производства необходимой сельскохозяйственной продукции; главным критерием которой остается эффективность использования данной поддержки. Усовершенствована программа государственной поддержки «Начинающий фермер», разработаны рекомендации по внесению изменений в данную программу.

Ключевые слова: государственная поддержка, помощь, сельское хозяйство, бюджет, субсидии, начинающий фермер, Нижегородская область, гранты, тепличные комплексы

Development of recommendations to provide grants for beginning farmers

Vassily A. Kozlov [1] vasilevs969@mail.ru
Olga A. Frolova [1] ekfakngiei@yandex.ru
Yulia A. Yukhlina [1] Yulia-zhukova2010@yandex.ru

[1] Nizhny Novgorod state University of engineering and Economics, October str., 22, Knyaginino, 606340, Russia

Abstract. In view of their features, as well as the low level of production, agricultural producers need government support. It stands out in different directions according to the state program. At the same time, there is support to novice farmers in the form of grants from the state, the purpose of which is to help develop business in any branch of agriculture: in breeding horses, cows, sheep, goats, pigs, poultry, growing potatoes, grain crops, vegetables in the open and closed ground, fruits and berries, fishing, beekeeping. Grants are provided to persons registered as an individual entrepreneur for at least a year who have a business plan for expanding or modernizing the economy. Support is provided 1 time, for 10 years. Assistance to novice farmers is provided in two main areas: the creation (development) of the economy 1.5–3.0 million rubles; help for the device of life up to 250 thousand rubles. The purpose of the study is to examine the theoretical aspects of state support, analysis of assistance to novice farmers, as well as the development of recommendations for the provision of grants. The article uses abstract logic and design methods. Analyzed the activities of agriculture at the federal and regional levels. The concept of "state support for agriculture" was clarified and supplemented: state budget funds aimed at developing the industry and rural areas in certain areas; direct increase in their profitability, through the production of necessary agricultural products; the main criterion for which remains the effectiveness of the use of this support. The state farmer beginner state support program has been improved, recommendations on introducing changes to this program have been developed.

Keywords: state support, assistance, agriculture, budget, subsidies, novice farmer, Nizhny Novgorod region, grants, greenhouse complexes

Для цитирования

Козлов В.А., Фролова О.А., Юхлина Ю.А. Разработка рекомендаций предоставления грантов начинающим фермерам // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 329–336. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-329-336

For citation

Kozlov V.A., Frolova O.A., Yukhlina Yu.A. Development of recommendations to provide grants for beginning farmers. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 329–336. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-329-336

Введение

В современных экономических условиях залогом устойчивого развития сельскохозяйственного предприятия является его оптимальное финансовое обеспечение. Государственная поддержка является составной частью системы государственного регулирования всех отраслей агропромышленного комплекса.

Цель исследования – рассмотрение теоретических аспектов государственной поддержки, анализ предоставляемой помощи (грантов) начинающим фермерам, а также разработка рекомендаций предоставления данных грантов.

Для поддержки российского сельского хозяйства в рамках международной торговли Правительством Российской Федерации была утверждена «Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы» [6].

Инструментом государственной поддержки согласно госпрограмме является постепенный переход от прямого субсидирования производства к поддержке доходности отрасли. Однако действующий механизм господдержки пока не отвечает в полной мере запросам аграрного сектора экономики, поскольку недостаточно полно учитывает сложившееся состояние сельскохозяйственных производителей, темпы и механизмы технологической модернизации производства и многие другие отраслевые особенности.

Согласно ст. 7 п. 1 Федерального закона от 29.12.2006 № 264-ФЗ (ред. от 28.12.2017) «О развитии сельского хозяйства», государственная поддержка развития сельского хозяйства устойчивого развития сельских территорий осуществляется по следующим основным направлениям:

1) обеспечение доступности кредитных ресурсов для сельскохозяйственных товаропроизводителей, производящих сельскохозяйственную продукцию, осуществляющих ее переработку и оказывающих соответствующие услуги, при условии, что доля дохода от реализации этой продукции в доходе указанных организаций и указанных индивидуальных предпринимателей составляет не менее чем 70% за календарный год;

2) развитие системы страхования рисков в сельском хозяйстве;

3) развитие племенного животноводства;

4) развитие элитного семеноводства;

5) обеспечение производства продукции животноводства;

6) обеспечение закладки многолетних насаждений и уход за ними;

7) обеспечение обновления основных средств сельскохозяйственных товаропроизводителей;

8) обеспечение мероприятий по повышению плодородия почв;

9) обеспечение устойчивого развития сельских территорий, в том числе строительство и содержание в надлежащем порядке связывающих населенные пункты автомобильных дорог;

10) предоставление консультационной помощи сельскохозяйственным товаропроизводителям, подготовка и переподготовка специалистов для сельского хозяйства;

11) информационное обеспечение при реализации государственной аграрной политики;

12) поддержка сельскохозяйственных товаропроизводителей, осуществляющих производство сельскохозяйственной продукции на неблагоприятных для такого производства территориях.

Основная часть

Для того чтобы осветить сущность государственной поддержки сельского хозяйства следует дать как можно более полное представление о ней. Раскроем данное понятие в интерпретации разных ученых (таблица 1).

Мы провели исследование подходов к определению понятия «государственная поддержка сельского хозяйства», предложенных разными учеными, и отметили схожесть в суждениях авторов.

На основании вышесказанных мнений авторов мы пришли к выводу, что есть необходимость уточнить и дополнить понятие. Под государственной поддержкой сельского хозяйства предложено понимать систему мер, ориентированную на выплату за счёт государственного бюджета денежных средств сельскохозяйственным товаропроизводителям, которые направлены как на развитие отрасли и сельских территорий по определенным направлениям, так и на прямое повышение их доходности путем производства необходимой сельскохозяйственной продукции. Главным критерием остается эффективность использования данной поддержки.

Актуальность проблемы эффективности государственной поддержки сельскохозяйственных организаций Нижегородской области обусловлена:

1) недостаточным уровнем выделяемых денежных средств на всех уровнях, а именно на федеральном, региональном и местном;

2) неэффективным использованием сельскохозяйственными организациями выделяемых денежных средств.

Таблица 1.

Table 1.

Сравнительный анализ определений понятия «государственная поддержка сельского хозяйства»

Comparative analysis of the definitions of «state support of agriculture»

Ref	Определение | Definition	Примечание | Note
[7]	«…понятие более общее и включает различные способы воздействия на развитие как агропромышленного производства, так и общества в целом. В самом общем смысле государственная поддержка включает и такие составляющие, как административное воздействие, меры ограничительного характера.» «... Concept is more general and includes different ways of influencing the development of both agro-industrial production and society as a whole. In the most common Public support Includes such components as administrative impact, restrictive measures.»	Перечислены только виды воздействия государственной поддержки Only types of impact of state support are Listed
[5]	«…господдержка выступает в качестве неотъемлемого атрибута госрегулирования и представлена системой совокупности экономических и административных рычагов и инструментов по стимулирующему воздействию на наиболее проблемные в экономическом плане сельскохозяйственные производства, организации, отрасли. Меры государственной поддержки не затрагивают основы сложившегося в отрасли экономического механизма, при этом сохраняются все основные принципы формирования, диверсификации доходных составляющих.» «... State support acts as an integral attribute of state regulation and is represented by the system of the set of economic and administrative levers and instruments on stimulating influence on the most problematic in economic terms Agricultural production, organization, industry. State support Measures do not affect the basis of the economic mechanism established in the industry, while all the basic principles of formation, diversification of profitable constituents are kept.»	Данное определение затрагивает именно организации, которым необходима поддержка для дальнейшего их существования This definition affects organizations that need support for their continued existence
[2]	«…система мер, направленных на выплату за счёт государственного бюджета денежных средств непосредственно сельскохозяйственным товаропроизводителям в целях прямого повышения их доходов.» «... System of measures, directed On payment of funds from the State budget directly to agricultural producers in order to directly increase their incomes.»	Узкое толкование, в которое не включены иные меры государственного регулирования Narrow interpretation, which does not include other measures of state regulation
[9]	«…система, обеспечивающая конкурсную организацию государственной поддержки приоритетных направлений развития отрасли и сельских территорий на основе взаимодействия научно-образовательных учреждений, органов государственной, муниципальной власти и хозяйствующих субъектов с целью сохранения сельского образа жизни, реализации инфраструктурных проектов и производства необходимой сельхозпродукции заданного качества под заранее определенный и согласованный производственный план с обеспечением доходности каждого сельхозтоваропроизводителя на уровне расширенного, инновационного воспроизводства. «…System providing the competitive organization of State support of priority directions of development of branch and rural territories on the basis of interaction of scientific and educational institutions, bodies of State, municipal authority and Economic subjects with the purpose of preservation of rural way of life, realization of infrastructural projects and production of necessary agricultural production of the preset quality under the predetermined and agreed production plan with providing Profitability of each agricultural producer at the level of advanced, innovative reproduction.	Сложное определение, которое следует из представлений автора о государственной поддержке сельского хозяйства The Complex definition that follows from the author's submissions on state support for agriculture

Для связи с редакцией: post@vestnik-vsuet.ru

Государственное регулирование доходов сельскохозяйственных организаций путем всесторонней поддержки является приоритетным направлением аграрной политики большинства стран. Тем не менее объемы государственной поддержки сельскохозяйственных товаропроизводителей в России значительно ниже, чем в других странах мира (рисунок 1).

Размер государственной поддержки в расчете на 1 га сельскохозяйственных угодий составляет: в Японии – 9,5 тыс. долл., в Швейцарии и Норвегии – 3 тыс. долл., в США – 1,5 тыс. долл., в России – всего 9 долл. У европейских фермеров тоже есть льготы по кредитам. На закупку новой сельхозтехники они могут привлекать средства под 3–4% годовых, на покупку земли – примерно под 7% годовых

В среднем за последние 5 лет в странах ЕС на сельское хозяйство выделялось 50 млрд евро в год. В России общий размер государственной поддержки сельскохозяйственных организаций ниже, чем, к примеру, в Швейцарии в 350 раз.

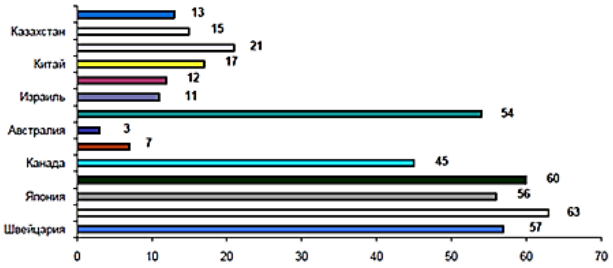


Рисунок 1. Доля государственных субсидий в стоимости сельскохозяйственной продукции, %

Figure 1. Share of state subsidies in the cost of agricultural products, %

Проанализировав сведения, возможно сказать, что в силу обеспечения страны продовольствием аграрный сектор экономики должен буквально регулярно получать государственную помощь, насколько это происходит в большинстве стран мира.

На сегодняшний день в Российской Федерации действуют следующие государственные программы поддержки сельского хозяйства:

– «Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы»; сноска на список – Федеральная целевая программа «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы»;

– Федеральная целевая программа «Устойчивое развитие сельских территорий на 2014–2017 годы и на период до 2020 года»;

– Государственная программа Российской Федерации «Развитие рыбохозяйственного комплекса»;

– Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы [6].

По состоянию на октябрь 2018 года Минсельхозом России до регионов доведены лимиты бюджетных обязательств на общую сумму 122,5 млрд р., из них 26,5 млрд р. – иные межбюджетные трансферты на возмещение части затрат на уплату процентов по инвестиционным кредитам (займам) в агропромышленном комплексе, на предоставление которых в настоящее время Минсельхозом России ведется работа по заключению соглашений с регионами [4].

Регионами на государственную поддержку сельского хозяйства непосредственным получателям направлено 78,8 млрд р. средств федерального бюджета.

Среди регионов-лидеров по доведению средств до аграриев – Ямало-Ненецкий, Чукотский, Ненецкий автономный округ, Магаданская, Кемеровская, Ивановская, Курганская область, Алтайский, Забайкальский, а также Красноярский край [4].

Все средства федерального бюджета были направлены на лицевые счета в начале 2018 года, открытые в территориальных органах Федерального казначейства субъектов Российской Федерации в объеме 11 341,7 млн р. Выделенные средства были доведены до сельскохозяйственных товаропроизводителей в объеме 702,2 млн р., из них: за счет средств федерального бюджета – 470,2 млн р., за счет средств региональных бюджетов – 232,0 млн р. [4].

По данным, представленными Минсельхозом России на октябрь 2018 г., сельскохозяйственным товаропроизводителям перечислено 77,2 млрд р. (92,3% предельного объема финансирования) (таблица 2). В соответствии с заключенными соглашениями в бюджетах субъектов Российской Федерации на государственную поддержку сельского хозяйства предусмотрено 25,0 млрд р., из которых, по данным отчетности субъектов, перечислено получателям 20 млрд р. или 79,9% предусмотренного объема [4].

Рассматривая государственную поддержку сельского хозяйства, можно отметить, что она выделяется по разным направлениям согласно государственной программе. При этом существует поддержка начинающим фермерам в виде грантов от государства, цель которой – помочь развить предпринимательскую деятельность в любой отрасли сельского хозяйства: в разведении лошадей, коров, овец, коз, свиней, птицы, выращивании картофеля, зерновых (зернобобовых) культур, овощей на открытом и закрытом грунте, плодов и ягод, рыболовство, пчеловодство.

Таблица 2.

Информация о расходах федерального бюджета и бюджетов субъектов Российской Федерации по состоянию на октябрь 2018 года, млн р.

Table 2.

Information on expenditures of the Federal budget and budgets of subjects of the Russian Federation as of October 2018, million rubles

	Федеральный бюджет | Federal budget		Региональный бюджет | Regional budget	
	Направлено расходными расписаниями на лицевые счета территориальных органов Федерального казначейства Sent by expense schedules to personal accounts of territorial bodies of the Federal Treasury	Перечислено сельхоз товаропроизводителям за счет средств федерального бюджета Listed agricultural producers at the expense of the federal budget	Предусмотрено средств на текущий год в бюджетах субъектов РФ Provided funds for the current year in the budgets of the constituent entities of the Russian Federation	Перечислено сельхоз товаропроизводителям за счет средств бюджетов субъектов РФ Listed agricultural producers at the expense of the budgets of the constituent entities of the Russian Federation
РФ | Russian Federation	122 453,7	78 782,2	24 982,9	20 610,6
Центральный Ф.О. | Central F.O.	43 163,8	25 436,9	6 749,4	5 586,1
Северо-западный Ф.О. | North-West F.O.	6 473,7	4 361,7	2 140,2	1 875,6
Южный Ф.О. | South Of F.O.	14 063, 8	8 339,8	2 258,8	1 620,8
Северо-кавказский Ф.О. | North Caucasus Federal District	11 525,8	6 958,8	747,7	482,1
Приволжский Ф.О. | Volga F.O.	26 575,7	18 200,9	6 465,9	5 744,5
Уральский Ф.О. | Ural F.O.	5 161,7	3 112,5	3 354,5	2 653,3
Сибирский Ф.О. | Siberian F.O.	12 257,3	10 089, 7	2 436,1	1 978,0
Дальневосточный Ф.О. | Far Eastern Federal District	3 231,8	2 282,0	830,3	670,2

Данная помощь выделяется в форме грантов, которые предоставляются лицам, которые зарегистрированным как ИП не менее года, имеют бизнес-план по расширению или модернизации хозяйства. Поддержка предоставляется 1 раз, в течение 10 лет. Приобретенное имущество запрещено продавать.

Данные гранты обеспечивают условия для модернизации существующих и создания новых фермерских хозяйств и доступность финансов. Поддержка государства стимулирует переход с подсобного хозяйства на фермерское [1].

Помощь начинающим фермерам предоставляется по двум основным направлениям: на создание (развитие) хозяйства 1,5–3,0 млн р.; помощь на устройство быта до 250 тыс. р.

Полученные от государства средства по можно использовать:

– на покупку земли сельхоз назначения, транспортных средств, животных, оборудования, инвентаря;

– на разработку проектов возведения (модернизации, реконструкции) помещений для производства, складов;

– на покупку, возведение, ремонт помещений для производства, складов, инженерных коммуникаций, заграждений, их регистрацию и подключение к инженерным сетям;

– на строительство дорог, без которых невозможно производство, переработка, хранение продукции;

– на приобретение семян (другого материала для посадок), ядохимикатов, удобрений.

Для участия необходимо предоставить: заявку установленного образца; анкету; документ, удостоверяющий соответствие образования; трудовую книжку (для определения опыта); выписку, удостоверяющую наличие хозяйства; бизнес-план; документ, удостоверяющий юридическую форму хозяйства; паспорт; смету затрат по проекту; выписку из банка, подтверждающую наличие собственных средств; справку, подтверждающую наличие оборудования; выписку из налоговой службы [1].

Одним из обязательных условий получения субсидии является достижение показателей результативности. По данному виду поддержки установлено создание не менее одного постоянного рабочего места на каждые 3 млн р. гранта и прирост объема сельхозпродукции предшествующего года к году получения гранта.

По информации субъектов РФ в 2017 году на указанные мероприятия из средств федерального бюджета было выделено 10,3 млрд р., или 26% общего объема ассигнований федерального бюджета, выделенных на «единую» субсидию, что свидетельствует о заинтересованности регионов в развитии малых форм хозяйствования (таблица 3).

Таблица 3.

Расходы федерального бюджета на реализацию мероприятий, направленных на поддержку малых форм хозяйствования, млн руб.

Table 3.

Expenditures of the Federal budget for the implementation of measures aimed at supporting small businesses, million rubles

Мероприятие | Event	Финансирование за счет ассигнований федерального бюджета Funding the appropriations of the Federal budget				
	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Всего | Total	8500,0	8059,7	11 773,3	10194,5	10298,6
В том числе: | Including: Поддержка начинающих фермеров Novice Farmers Support	2000,0	1898,6	3200,0	3826,0	3776,4
Поддержка развития семейных животноводческих ферм Support the development of family livestock farms	1500,0	1415,2	3074,8	3449,9	3723,5
Грантовая поддержка сельскохозяйственных потребительских кооперативов для развития материально-технической базы Grant support for agricultural consumer cooperatives for the development of material and technical base	–	–	400,0	900,0	1494,6
Возмещение части процентной ставки по долгосрочным, среднесрочным и краткосрочным кредитам, взятым КФХ Reimbursement of part of the interest rate on long-term, medium-term and short-term loans taken by KFH	5000,0	4745,9	5098,5	2018,6	1304,1

Согласно данным, представленным Минсельхозом России, в реализации мероприятия по поддержке начинающих фермеров в 2017 году приняли участие 80 субъектов РФ, среди которых с высоким значением среднего размера гранта отмечена Нижегородская область – 2,81 млн руб.

Минсельхозпродом Нижегородской области образована комиссия, которая определяет размер субсидии, предоставляемой конкретному крестьянскому (фермерскому) хозяйству, сельскохозяйственному потребительскому кооперативу.

По итогам отбора Минсельхозпрод Нижегородской области готовит проект распоряжения Правительства Нижегородской области о предоставлении грантов в порядке, предусмотренном регламентом, утвержденным постановлением Правительства Нижегородской области от 11 декабря 2009 года № 920. В течение 7 рабочих дней со дня принятия распоряжения Правительства Нижегородской области о предоставлении грантов на официальном сайте Правительства Нижегородской области и на официальном сайте Минсельхозпрода в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» размещается информация об итогах отбора [3].

В соответствии со статьей 31 Закона Нижегородской области от 22 декабря 2017 года № 173–З «Об областном бюджете на 2018 год и на плановый период 2019 и 2020 годов)» утвержден перечень получателей грантов в форме субсидий на поддержку начинающим фермерам, на развитие семейных животноводческих ферм и материально-технической базы сельскохозяйственных потребительских кооперативов в 2018 году в Нижегородской области.

Получили гранты в форме субсидии на поддержку начинающим фермерам 16 человек, сумма общего размера гранта составила 47 557,602 тыс. р. Получили гранты в форме субсидии на развитие семейных животноводческих ферм на 2018 год 11 человек, сумма общего размера гранта составила 56 135,533 тыс. р., что на 8 577,931 тыс. р. или на 18% больше гранта в форме субсидии на поддержку начинающим фермерам на 2018 год. Получателем гранта в форме субсидии на развитие материально-технической базы сельскохозяйственных потребительских кооперативов на 2018 год стал ССПоК «Благодать». Грант составил 11227,106 тыс. р. [3].

Таким образом, претендовать на распределение субсидии вправе КФХ, индивидуальные подсобные хозяйства, организации, которые относятся к микропредприятиям. Перечень критериев, которым следует соответствовать есть на сайте Минсельхоза.

По мнению М.Д. Строгоновой, кризисные явления в последние годы становятся все более ощутимыми. Геополитическая ситуация остается напряженной. В ответ на многочисленные антироссийские санкции наше правительство приняло решение объявить эмбарго на поставку ряда импортных товаров. Это коснулось и продукции сельскохозяйственного производства, в частности, овощей закрытого грунта [8].

Заключение

На отечественном рынке образовалась ниша для продукции тепличных хозяйств. Заполнить ее в краткосрочном периоде сложно. Крупные и средние отечественные товаропроизводители не в состоянии за короткий срок организовать поставки такой продукции. Организация материальной базы производства требует финансовых затрат и определенного времени. Единственным способом отчасти решить поставленную задачу является организация небольших тепличных хозяйств в рамках крестьянских (фермерских) и личных подсобных хозяйств [1].

Мы предлагаем включить в программу поддержки начинающих фермеров направление по строительству и модернизации тепличных комплексов. Данное предложение объясняется тем, что население будет обеспечиваться продукцией местных товаропроизводителей, что положительно скажется на продовольственной безопасности страны.

По нашему мнению, предложение актуально, поскольку в экономике страны имеют место и прогрессируют кризисные явления и сложная политическая ситуация в отношениях с другими странами. Спрос на импортную продукцию тепличных хозяйств не удовлетворен. Иностранные фирмы покинули рынок, а отечественные производители еще в полной мере не смогли заполнить образовавшуюся нишу.

Само государство лояльно настроено к овощеводам и готово помогать. При этом есть и некоторые риски ведения тепличного бизнеса, но при грамотной организации их можно избежать.

Постройка личного подсобного хозяйства требует определенных знаний. Для начала необходимо выбрать земельный участок для теплицы; конструкцию для постройки теплицы; обдумать, какие растения будут выращиваться в хозяйстве; определить размещение культур. Следует отметить, что для удачного бизнеса необходимо учитывать спрос на продукцию и прибыльность. Нужно организовать работу и выращивать в разное время разные культуры, что благоприятно повлияет на грунт теплицы и прибыль от производства.

Таким образом, мы считаем, что направление по строительству и модернизации тепличных комплексов благоприятно повлияет на положение отечественного рынка, а для начинающих фермеров это может стать началом выгодного бизнеса.

ЛИТЕРАТУРА

1 Казаченко Ю.Ю. Государственная поддержка малых форм хозяйствования // Информация как двигатель научного прогресса: сборник статей Международной научно-практической конференции. 2018. С. 66–70.

2 Маслова И.А., Дудина К.Э. Аналитический обзор поддержки сельского хозяйства в Российской Федерации и мире // Управленческий учет. 2017. № 8. С. 73–81.

3 Министерство сельского хозяйства и продовольственных ресурсов Нижегородской области URL: https://mcx-nnov.ru/

4 Министерство сельского хозяйства Российской Федерации URL: http://mcx.ru/

5 Папахчян И.А. Сущность и эволюция системы госрегулирования сельского хозяйства // Актуальные проблемы развития хозяйствующих субъектов, территорий и систем регионального и муниципального управления: материалы XIII международной научно-практической конференции. 2018. С. 205–208.

6 О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы: постановление Правительства РФ от 14.07.2012 № 717

7 Прынцев М.Н. Анализ видов, форм государственной помощи и порядок ее предоставления сельхозтоваропроизводителям // Бухгалтерский учет в бюджетных и некоммерческих организациях. 2015. № 21. С. 37–45.

8 Строганова М.Д., Евсюкова Н.Ю. Предоставление грантов начинающим фермерам как способ оптимизации отечественного производства продукции защищенного грунта // Актуальные проблемы развития хозяйствующих субъектов, территорий и систем регионального и муниципального управления: материалы XIII международной научно-практической конференции; под редакцией Ю.В. Вертаковой. 2018. С. 257–259.

9 Хакимов Р.Р. Развитие государственной поддержки сельскохозяйственных организаций в регионе. Новосибирск, 2015. 22 с.

10 Пашута А.О., Котелевская Н.К. Повышение эффективности земельных отношений как один из факторов развития агропромышленного комплекса // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 343–350. doi: 10.20914/2310-1202-2018-2-343-350

REFERENCES

1 Kazachenko Yu.Yu., State support of small business forms. Informatsiya kak dvigatel' nauchnogo progressa [Information as an engine of scientific progress: a collection of articles of the International Scientific and Practical Conference]. 2018. pp. 66–70. (in Russian).

2 Maslova I.A., Dudina K.E. Analytical review of agricultural support in the Russian Federation and the world. *Upravlencheskiy uchet* [Management accounting]. 2017. no. 8. pp. 73–81. (in Russian).

3 Ministerstvo sel'skogo hozyajstva i prodovol'stvennyh resursov Nizhegorodskoj oblasti [Ministry of Agriculture and Food Resources of the Nizhny Novgorod Region]. Available at: https://mcx-nnov.ru/ (in Russian).

4 Ministerstvo sel'skogo hozyajstva Rossijskoj Federacii [Ministry of Agriculture of the Russian Federation]. Available at: http://mcx.ru/ (in Russian).

5 Papahchyan I.A. The essence and evolution of the system of state regulation of agriculture. Aktual'nye problemy razvitiya hozyajstvuyushchih sub"ektov, territorij i sistem regional'nogo i municipal'nogo upravleniya [Actual problems of development of economic entities, territories and systems of regional and municipal government: materials of the XIII International Scientific and Practical Conference].2018. pp. 205–208. (in Russian).

6 O Gosudarstvennoj programme razvitiya sel'skogo hozyajstva i regulirovaniya rynkov sel'skohozyajstvennoj produkcii, syr'ya i prodovol'stviya na 2013–2020 godi [On the State Program for the Development of Agriculture and Regulation of Agricultural Products, Raw Materials and Food Markets for 2013–2020: Resolution of the Government of the Russian Federation of July 14, 2012 No. 717]. (in Russian).

7 Pryncev M.N. Analysis of types, forms of state assistance and the procedure for its provision to agricultural producers. *Buhgalterskij uchet v byudzhetnyh i nekommercheskih organizaciyah* [Accounting in budget and non-profit organizations]. 2015. no. 21. pp. 37–45. (in Russian).

8 Stroganova M.D., Evsyukova N.Yu. Providing grants to novice farmers as a way to optimize domestic production of protected soil. Aktual'nye problemy razvitiya hozyajstvuyushchih sub"ektov, territorij i sistem regional'nogo i municipal'nogo upravleniya [Actual problems of development of economic entities, territories and systems of regional and municipal management: Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference]. 2018. pp. 257–259. (in Russian).

9 Hakimov R.R. Razvitie gosudarstvennoj podderzhki sel'skohozyajstvennyh organizacij v regione [Development of state support for agricultural organizations in the region]. Novosibirsk, 2015. 22 p. (in Russian).

10 Pashuta A.O., Kotelevskaya N.K. Increase in efficiency of the land relations as one of factors of development of agro-industrial complex. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 343–350. doi: 10.20914/2310-1202-2018-2-343-350(in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Василий А. Козлов к.э.н., доцент, кафедра организации и менеджмента, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, ул. Октябрьская, д. 22, г. Княгинино, 606340, Россия, vasilevs969@mail.ru

Ольга А. Фролова д.э.н., профессор, директор института экономики и управления, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, ул. Октябрьская, д. 22, г. Княгинино, 606340, Россия, ekfakngiei@yandex.ru

Юлия А. Юхлина магистр, институт экономики и управления, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, ул. Октябрьская, д. 22, г. Княгинино, 606340, Россия, Yulia-zhukova2010@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 25.09.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 08.11.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Vassily A. Kozlov Cand. Sci. (Econ.), organization and management department, Nizhny Novgorod state University of engineering and Economics, October street, d. 22, Knyaginino, 606340, Russia, vasilevs969@mail.ru

Olga A. Frolova Dr. Sci. (Econ.), professor, director of the institute of economics and management, Nizhny Novgorod state University of engineering and Economics, October street, d. 22, Knyaginino, 606340, Russia, ekfakngiei@yandex.ru

Yulia A. Yukhlina master student, institute of economics and management, Nizhny Novgorod state University of engineering and Economics, October street, d. 22, Knyaginino, 606340, Russia, Yulia-zhukova2010@yandex.ru

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 9.25.2018

ACCEPTED 11.8.2018

Оригинальная статья/Original article

УДК 664.6/.7

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-337-344

Опыт Казахстана по регулированию агропромышленного комплекса в рамках межгосударственных интеграционных процессов

Салима К. Мизамбекова [1]

Ирина П. Богомолова [2] uopioe@yandex.ru

[1] Казахский национальный аграрный университет пр-т Абая, 8, Алматы, 050010, Республика Казахстан

[2] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Результативность государственного регулирования агропромышленного комплекса России и эффективность предпринимательской деятельности организаций – участников отраслевых рынков во многом определяется грамотным применением методов и инструментов, используемых в передовых государствах мира. Для нашей страны наиболее приемлемыми являются механизмы государств – бывших республик СССР. Изучение опыта этих стран позволяет более оперативно и гибко проводить рыночные реформы, а также осуществлять мероприятия стабилизации деятельности сельскохозяйственных организаций, перерабатывающих предприятий и инфраструктурных субъектов в современных условиях, в связи с тем что на трансформацию их деятельности оказывают существенное влияние факторы изменения макросреды. Следует констатировать, что в сложившихся условиях управление рисками, формирующими угрозы национальной безопасности обусловлено, в том числе, требует учета внешнеэкономической и внешнеполитической ситуации и международной конъюнктуры на рынка зерна и продуктов его переработки. Рассмотрены действенные механизмы государственного управления интеграционными процессами в технологической цепи организаций зернового рынка, применяемые в Республике Казахстан. Выявлены особенности интеграционных инструментов, обусловленные развитием рыночных отношений. Установлены меры государственного воздействия на регулирование функционирования рынка продовольственной пшеницы с целью укрепления продовольственной безопасности и экспортного потенциала страны. Доказана необходимость адаптации опыта РК в реформировании российского АПК, что является важным для укрепления социально-экономической устойчивости государства и разработки мероприятий с учетом трансформации межгосударственных интеграционных процессов.

Ключевые слова: интеграционные процессы, государственное регулирование, агропромышленный комплекс, инфраструктура рынка зерна

Kazakhstan's experience in regulating agro-industrialo Complex within the framework of Interstate Processes

Salima K. Mizambekova [1]

Irina P. Bogomolova [2] uopioe@yandex.ru

[1] Kazakh National Agrarian University, Abai Ave., 8, Almaty, 050010, Republic of Kazakhstan

[2] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The effectiveness of state regulation of the agro – industrial complex of Russia and the efficiency of business activities of organizations-participants of industry markets is largely determined by the competent use of methods and tools used in the advanced countries of the world. For our country, the mechanisms of the former Soviet republics are the most acceptable. The study of the experience of these countries allows for more rapid and flexible market reforms, as well as to implement measures to stabilize the activities of agricultural organizations, processing enterprises and infrastructure entities in modern conditions, due to the fact that the transformation of their activities is significantly influenced by the factors of changes in the macro environment. It should be noted that in the current conditions, the management of risks that form threats to national security is due, among other things, to take into account the foreign economic and foreign policy situation and the international situation on the market of grain and products of its processing. The effective mechanisms of state management of integration processes in the technological chain of grain market organizations used in the Republic of Kazakhstan are considered. The features of integration tools caused by the development of market relations are revealed. Measures of state influence on regulation of functioning of the market of food wheat for the purpose of strengthening of food security and export potential of the country are established. The need to adapt the experience of Kazakhstan in reforming the Russian agroindustrial complex, which is important for strengthening the socio-economic stability of the state and the development of measures taking into account the transformation of interstate integration processes.

Keywords: integration processes, state regulation, AGRoIndustrial complex, grain market infrastructure

Для цитирования

Мизамбекова С.К., Богомолова И.П. Опыт Казахстана по регулированию агропромышленного комплекса в рамках межгосударственных интеграционных процессов // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 337–344. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-337-344

For citation

Mizambekova S.K., Bogomolova I.P. Kazakhstan's experience in regulating agro-industrialo Complex within the framework of Interstate Processes. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 337–344. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-337-344

Введение

Как показывает анализ, в 2018–2019 гг. сложившаяся неблагоприятная природно-климатическая ситуация, в том числе продолжительный период засухи на территории большинства европейских государств, сельское хозяйство которых имеет растениеводческий профиль, способствовала снижению урожайности зерновых культур, в том числе пшеницы, на 25–30% по сравнению с прошлым периодом. По данным министерства сельского хозяйства России прогнозировалось уменьшение валовых сборов зерна практически по всем регионам страны. Вместе с тем объемы экспорта российской пшеницы возросли в третьем-четвертом кварталах 2018 г. практически на 50%. Наблюдающиеся тренды ухудшения показателей качества собранного зерна обусловили необходимость ввода в действие с 01 июля 2018 г. требований нового стандарта, который фактически отменил разделение пшеницы на продовольственную и кормовую. Это, в свою очередь, ставит отечественных аграриев, осуществляющих вывоз пшеницы за рубеж, перед необходимостью изучения и адаптации к российскому рынку передового мирового опыта. Актуальность исследования обусловлена тем, что для Казахстана целесообразно использовать эффективные инструменты управления рынком зерна и механизмы регулирования деятельности агропромышленного комплекса.

Результаты и обсуждение

Известно, что одной из характерных черт агропромышленного комплекса является тесная взаимная связь и зависимость результатов и эффективности деятельности между отраслями, входящими в его состав. В современных условиях функционирования экономики Казахстана процессы формирования и развития интеграции и образования интегрированных структур характеризуются множеством особенностей, обусловленных не только проведением реформирования деятельности предприятий и организаций агропромышленного комплекса, но и развитием процессов формирования многоукладности в сельском хозяйстве в условиях использования преимущественно рыночных отношений. Ученые и практики отмечают, что за последние несколько лет Казахстан в рамках протекающих межгосударственных интеграционных процессов продолжает достаточно результативно развивать свой транспортный потенциал с целью достижения позиций ключевого игрока на рынке логистических перевозок, включая зерно и продукты его переработки, для чего у страны существуют соответствующие предпосылки, в том числе выгодное географическое местоположение.

В соответствии со статистическими данными значение валового выпуска продукции (услуг) сельского, лесного и рыбного хозяйства республики в январе 2018 г. в целом составило 113,4 млрд тенге, что превысило уровень января 2017 г. более чем на 3,7%. Как считают аналитики, увеличение показателей роста объема производства продукции обусловлено, прежде всего, положительной динамикой изменения объемов забоя скота и птицы в живом весе на 4,2%, производства сырого коровьего молока – на 2,4%, куриных яиц – на 19,3%.

Подчеркнем, что рынок продовольственной пшеницы представляет собой не только достаточно сложную экономическую систему, но и является одним из наиболее крупных и важных сегментов зернового рынка. Это обусловлено тем, что уровень и тренды его развития фактически определяют показатели надежности хлебофуражного снабжения государства и его отдельных регионов, а также возможность формирования экспортного ресурсного задела.

При этом особую значимость для страны приобретает решение вопроса, связанного с необходимостью повышения результативности работы именно рынка продовольственной пшеницы в связи с требованием значительного увеличения объемов ее экспорта и реализацией ключевых направлений принятой «Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия». Положения Программы определяют важнейшие показатели динамики зерновой отрасли, а также методы, основные меры и инструменты осуществления государственного воздействия в рамках регулирования зернового рынка.

За последнее время в силу общемировых тенденций увеличения выращивания белковосодержащих растительных культур в Казахстане значительно расширились площади, занятые зернобобовыми, достигнув к 2018 г. 381 тыс. га. Кроме того, значительно выросли площади, отведенные для возделывания масличных культур, которые составили 2,4 млн га. Особо обратим внимание на динамику посевных площадей чечевицы, увеличившихся по сравнению с предшествующим периодом в 2,8 раза (около 300 тыс. га). По этому показателю Казахстан занимает пятую позицию в мире. Отмеченная тенденция не является случайной, в связи с тем что при высоком содержании белка бобовые зерновые становятся

ценным компонентом в рационе питания различных народов мира, что объясняет повышение спроса на них. Важно также и то, что производство растительных белков является гораздо более дешевым по сравнению с белками животного происхождения, что объясняет их возрастающую роль в обеспечении сбалансированного питания особенно малообеспеченных групп населения.

Безусловно, следует остановиться и на других ценных свойствах зернобобовых, которые обладают способностью по обогащению почвы азотом, вследствие чего в агротехнологиях требуется значительно меньше удобрений. Они менее требовательны к климатическим условиям выращивания, в том числе поливу, чем другие культуры, и отличаются более низкими потерями при сборе урожая, транспортировке и хранении.

Объемы производства масличных культур в текущем периоде оцениваются в сумме, превышающей 411 млн долл. США. Это составляет почти 4% совокупного валового сельскохозяйственного производства. При этом за истекшие 10 лет результативность указанного сегмента выросла более чем в четыре раза и продолжает сохранять сложившиеся тренды. Аналогично развивается и производство зернобобовых культур. За отмеченный период валовой доход вырос почти в шесть раз. Отечественные фермеры продолжают эксперименты и испытывают на практике новые сорта, поскольку считают, что уже в ближайшем будущем площади под масличными и зернобобовыми культурами могут и должны занять ключевые позиции в севообороте для подавляющего большинства сельскохозяйственных производителей Казахстана. И это в условиях, когда бобовые остаются еще малоизвестными и на их долю в общем объеме посевных площадей приходится менее 1%. Следует выделить и сдерживающие развитие факторы, среди которых, прежде всего, недостаточная осведомленность производителей в сфере технологий возделывания культур, нехватка или экономическая ценовая недоступность качественного семенного материала, недостаточное развитие инфраструктуры по хранению, а также несформированность и неустойчивость связей с рынками сбыта.

Вместе с тем согласно данным мировой статистики наблюдается устойчивое снижение экспорта казахстанской продукции, что связано с принятием и вводом ряда защитных мер в странах Центральной Азии с целью достижения их продовольственной независимости от импорта, в том числе по муке и другим продуктам переработки зерна. В последние годы эти страны предпочитают покупать пшеницу, чтобы развивать собственные мельницы. В текущем сельскохозяйственном сезоне с учетом стратегических и тактических прогнозов по производству зерна на уровне 17,3 млн т, значение экспортного потенциала казахстанского зерна и муки должно составить около 7 млн т. При этом среди основных направлений экспорта по-прежнему следует выделить многие государства Центральной Азии и Афганистан. Кроме того, к числу перспективных и растущих направлений следует отнести два ключевых – это Китай и страны Юго-Восточной Азии; Иран и транзитом через его территорию в страны Персидского залива.

Сегодня Казахстан обладает значительным потенциалом для повышения уровня поставок зерновых на китайский рынок. Этому способствует не только достижение соглашения между Казахстаном и Китаем о сотрудничестве в сфере торговли зерновыми, но и включение 24 казахстанских предприятия в реестр поставщиков, имеющих право на поставки продукции в Китай.

Следует отметить, что за последний год объем экспорта казахстанской пшеницы вырос более чем в четыре раза по сравнению с показателями 2014–2015 гг., когда было экспортировано 110 тыс. т и 2015–2016 гг. – 414 тыс. т.

В перспективе планируется значительное увеличение квоты для казахстанских сельскохозяйственных товаропроизводителей с понижением уровня таможенных пошлин для экспорта в Китай 500 тыс. т пшеницы с дальнейшим увеличением до 1 млн т, а также квоты на экспорт непродовольственной пшеницы до 300 тыс. т с постепенным увеличением до 2,5 млн т.

В рамках принятия новой государственной программы развития АПК РК на 2017–2021 гг. АО НК «Продкорпорация» осуществляет работу по поддержке дальнейшего продвижения экспорта сельхозпродукции как на традиционные, так и вновь осваиваемые рынки сбыта. Специально созданный Экспортный центр оказывает информационную и консультационную поддержку в рамках организации внешнеэкономической деятельности с целью обеспечения равноправного доступа к зарубежным рынкам сбыта продукции для всех участников АПК.

В частности, в результате получения АО «НК «Продкорпорация» лицензии на осуществление биржевой деятельности зафиксировано существенное повышение результативности ее участия в биржевой торговле зерном. Основной

задачей деятельности «Продкорпорации» является увеличение объемов сделок, которые заключаются через казахстанскую биржу с применением наиболее прогрессивных биржевых инструментов путем участия в двойных встречных анонимных аукционах. В этих условиях основной функцией биржи ЕТС является установлении справедливых цен для каждого участника отраслевого рынка, что позволяет не только достигнуть формирования прозрачных цен на зерновые, но и существенно уменьшить стоимость посреднических затрат при закупке и реализации зерна.

Кроме того, в настоящее время в полномочия АО «НК «Продкорпорация» входит еще один эффективный инструмент государственного регулирования – разработка и применение мер, направленных на регулирование внутреннего рынка. Так, например, для реализации программы в рамках принятых межведомственных меморандумов, в которых обозначены меры, нацеленные на стабилизацию цен на муку 1-го сорта и формовой хлеб из пшеничной муки 1-го сорта, в отдельных регионах страны предусматривались поставки более 738 тыс. т зерна. Из указанного объема только на зерноперерабатывающие предприятия было направлено свыше 158,1 тыс. т зерна.

Согласно прогнозам в краткосрочной перспективе сельские товаропроизводители республики смогут получить существенное преимущество от проведенной девальвации национальной валюты, так как себестоимость производимого зерна к началу уборки, когда произошло падение тенге, была почти полностью сформирована, и осталось только реализовать урожай по новым ценам. В связи с этим влияние девальвации в текущем году, по мнению аналитиков, будет минимальным. Вместе с тем основные расходы планируются в аграрном производстве в весенний и летний периоды, когда необходимо будет проводить соответствующие сезонные работы по обработке полей химикатами, закупке техники и запасных частей по новому курсу национальной валюты.

Как полагают практики, стабильные перспективы развития казахстанского экспорта могут укрепляться только при условии проведения мероприятий по одновременному созданию и совершенствованию объектов экспортной инфраструктуры, в их числе следует выделить строительство зерновых терминалов и железных дорог на перспективных направлениях экспорта, а также освоение новых транспортных коридоров. Одним из путей решения существующих инфраструктурных проблем при организации экспорта казахстанского зерна могло бы стать увеличение отгрузок с использованием российских глубоководных портов Черного моря и, прежде всего, Новороссийска.

Погрузку зерна в порту города Новороссийска может быть осуществлена в соответствии с прямым вариантом «железнодорожный вагон – борт судна». В текущем зерновом сезоне с использованием названного метода было экспортировано порядка 100 тыс. т казахстанского зерна, однако имеющийся потенциал в данном направлении оценивается как достаточно большой. Емкость применения такого метода отгрузки зерновых на экспорт в будущем оценивается порядка 1 млн т в год. Еще одним механизмом реализации казахстанского зерна через новороссийский порт РФ может служить организация контейнерных отправок грузов для расширения возможностей по освоению новых зарубежных рынков. В частности, это рынок потребления зерна и масличных культур Юго-Восточной Азии, который подавляющее большинство мировых экспертов оценивают как самый емкий и быстро растущий.

С целью апробации проекта первую пробную партию казахстанского зерна отправили через порт Ляньюнган (Китай) в порт Хошимин (Вьетнам). Организацией пилотной отправки зерновых занималась дочерняя организация «ҚТЖ», которая является мультимодальной компанией АО «KTZ Express», совместно с ООО «Китайско-казахстанская международная логистическая компания г. Ляньюньган». Это позволило обеспечить безопасность транзитного коридора для проведения экспорта продовольственного зерна из Казахстана через Китай. Для сравнения отметим, что по продолжительности транспортировка пшеницы из Австралии в Юго-Восточную Азию занимает 30 дней, а из Казахстана при условии транзитных перевозок через Китай – около 20 дней, то есть в полтора раза быстрее. Одним из конкурентных преимуществ является и более низкая стоимость тонны пшеницы казахстанского производства в сравнении с зерном австралийского производства аналогичного качества.

В настоящее время рассматривается предложение по созданию «зернового коридора» с условием строительства зернового хранилища в бассейне реки Ишим на севере Казахстана, который сможет скооперировать деятельность четырех государств Центральной Азии – Узбекистана, Туркменистана, Таджикистана и

Кыргызстана. Одновременно зерно из Республики Казахстан можно транспортировать через контрольно-пропускной пункт «Алашанькоу», используя экономический коридор «Китай – Пакистан», а через пакистанский порт Гвадар далее поставлять его в страны Южной Азии и Африки. В Республике уверены, что созданный «зерновой коридор» будет способствовать не только покрытию дефицита зерна в Китае, но и содействовать дальнейшему укреплению и развитию сотрудничества между странами.

Имеется и другой опыт, который следует перенять РФ. В частности, в январе прошлого года более 700 т казахстанского зерна в 32 контейнерах было отправлено с железнодорожной станции Жалтыр в порт Хошимин через порт Ляньюньган. В перспективе рассматривается возможность развития транспортного коридора через Казахстан, что позволит экспортировать продукцию транзитом через территорию Китая в страны Юго-Восточной Азии. В дальнейшем по данному коридору можно будет осуществлять также импорт в Казахстан различной продукции из стран Юго-Восточной Азии.

Организация перевозки казахстанской продукции с использованием потенциальных возможностей морского порта Ляньюньган может способствовать дальнейшему развитию Экономического пояса Шелкового пути, в связи с тем что порт является одним из крупнейших в мире и может обеспечить прямое железнодорожное сообщение с Китаем. Более того, в настоящее время транспортно-логистический терминал в порту Ляньюньган принадлежит совместному предприятию, созданному ООО «ГК Порт Ляньюньган» и дочерней организацией АО «НК «ҚТЖ» – АО «KTZ Express».

Как уже отмечалось, в качестве одного из перспективных направлений экспорта зерна из республики Казахстан назван Китай. Вместе с тем проблемными вопросами, возникающими в процессе отгрузки зерна в эту страну, следует назвать несформированность соответствующей рациональной логистической инфраструктуры и завышенные требования к качеству осуществления затаривания зерна в мешки. Поэтому актуальным управленческим вопросом для АО «НК «Продкорпорация» по-прежнему является проведение изучения и разработка мероприятий по формированию оптимальных схем и способов доставки зерна в Китай, а также использованию возможностей осуществления транзитных операций через его территорию в страны Юго-Восточной Азии.

Отметим также появившуюся реальную перспективу по организации перевозок с использованием железнодорожного транспорта в Иран, согласно расчетам позволяющую увеличить объемы экспорта зерновых в два раза. Уже сегодня имеется положительный опыт по задействованию имеющейся инфраструктуры морских портов для организации экспорта казахстанской пшеницы на иранском направлении в рамках реализации проекта «Расширение порта Актау в северном направлении» с целью увеличения объемов перевалки дополнительно до 1 млн т зерновых в год.

В рамках выполнения действующей государственной Программы по развитию агропромышленного комплекса в РК на 2013–2020 гг. «Агробизнес-2020» планируются и проводятся мероприятия, предусматривающие расширение мощностей для хранения зерновых культур суммарно до 700 тыс. т. В соответствии с контрольными показателями на территории трех главных зернопроизводящих регионов Казахстана были запущены в эксплуатацию современные мощности в объеме 1,897 млн т для хранения зерна различных культур. Особо отметим, что в строительстве элеваторов и современных зернохранилищ с целью покрытия дефицита мощностей активно принимает участие и частный сектор, базируясь в том числе и на мерах государственной поддержки.

Назовем еще одну эффективную форму межотраслевой интеграции в соответствии с мировой практикой и имеющимся отечественным опытом РК, которой служат агропромышленные формирования в виде холдинговых структур, объединяющих как сельскохозяйственные организации, так и производства, обеспечивающие поставку для сельского хозяйства необходимых ресурсов, занятые переработкой его продукции и реализацией произведенной продовольственной продукции.

Решение основной задачи агрохолдинговыми формированиями, состоящей в увеличении объемов производства пищевой продукции при одновременном обеспечении повышения эффективности их функционирования, достигается, прежде всего, путем совершенствования механизмов по построению взаимоотношений между входящими в их состав предприятиями. При этом должны быть учтены финансово-экономические интересы всех равноправных участников интеграции и созданы необходимые условия для роста производительности труда штатного персонала предприятий.

Формирование Единого зернового холдинга предусматривает соблюдение принципов добровольного и равноправного объединения всех игроков зернового рынка при условии сохранения их юридической и хозяйственной самостоятельности в полном объеме для реализации следующих совместных целей: расширения возможностей доступности к источникам финансовых ресурсов для проведения весенне-полевых, в том числе посевных и уборочных, работ сельских товаропроизводителей, а также обеспечения гарантированного сбыта зерна в осенний период по рыночным ценам; управления реализацией зерна с последующим распределением среди зернопроизводителей, которые являются участниками договора, части чистой прибыли, полученной по результатам деятельности «Продкорпорации»; создания и устойчивого развития действующих инфраструктурных объектов по хранению и экспортной перевалке зерна. Кроме того, такой договор дает возможность для формирования единой правовой основы при привлечении производителей зерна к вступлению и активному участию в работе Единого зернового холдинга.

Представлять интересы участников договора призван в «Продкорпорации» созданный общественный совет, функцией которого является обеспечение баланса интересов участников договора на зерновом рынке в процессе выработки и принятия решений органами «Продкорпорации». Для этого у совета имеются достаточные права и полномочия, чтобы осуществлять влияние на принятие решений по эффективному управлению зерновыми ресурсами. Кроме того, впервые был введен элемент обеспечения общественного участия в деятельности крупных участников отраслевого рынка.

В качестве эффективного инструмента отметим подписанный договор об осуществлении совместной деятельности в Едином зерновом холдинге акционерного общества «НК «Продкорпорация» (дочерняя организация «КазАгро») и Союза фермеров РК. В его составе в настоящее время насчитывается более 70 участников, порядка 60% которых представляют Акмолинскую область, соответственно 20% и 15% – Костанайскую и Северо-Казахстанскую области и 5% Павлодарский регион. Как правило, это мелкие и средние хозяйства, посевная площадь которых колеблется в диапазоне от 200 до 20 тыс. га.

Осуществление этой новации проводилось с использованием инструментария добровольного объединения участников зернового рынка в форме консорциума на базе АО «НК «Продкорпорация». Интеграция признана целесообразной в связи с тем, что указанная национальная компании имеет в своем распоряжении крупные терминалы, современные элеваторы, а также значительный опыт проведения работ с зерном и высокий квалификационный уровень кадрового состава. Поэтому проведение работ по созданию Единого зернового холдинга, в составе которого присутствуют не только казахстанские фермеры, но и представители организаций-экспортеров – трейдеров, предприятий мукомольной и зерноперерабатывающей промышленности, организаций транспортных перевозок, производителей сельскохозяйственной техники, хлебозаготовительных организаций и элеваторного хозяйства, имеет стратегическую цель по формированию консорциума. В качестве основной цели деятельности последнего названа выгодная реализация общего специфического товара (зерна и продукции его переработки) и получение максимальных показателей прибыли и рентабельности. При этом участники консорциума продолжают полностью сохранять свою юридическую самостоятельность.

В перспективе принимать равноправное участие в таком договоре сможет любой (мелкий и средний) сельскохозяйственный производитель, так как участие в договоре не предполагает первоначальных взносов имущественного или иного характера. Предусмотрены добровольные возможности по выходу из состава участников договора.

Представлять интересы зернопроизводителей и обеспечивать их участие в управлении деятельностью Холдинга должен учрежденный при совете директоров Холдинга общественный совет по зерновому рынку. Одной из ключевых компетенций этого органа является работа по определению объемов и цен на зерно, прямые закупки которого проводятся осенью через осуществление прямых поставок в коммерческие ресурсы АО «НК «Продкорпорация». Кроме того, определяется реализационная цена для зерна, составляющего коммерческие ресурсы, и утверждаются размер и сроки распределения среди зернопроизводителей.

Участники Холдинга по окончании работ по реализации зерна на внешнем рынке получают распределенную в соответствии с их долей часть экспортной прибыли. В планах Холдинга также включена деятельность по координации процесса реализации зерна на внутреннем и внешних зерновых рынках на основе проведения единой экспортной политики с использованием механизма формирования экспортного зернового пула.

Следует подчеркнуть, что в процессе организационных работ по созданию Холдинга принимался во внимание успешный зарубежный опыт, в частности, действующего до последнего времени в Канаде Пшеничного совета, функционирующей в США Товарно-Кредитной Корпорации. Учитывалось также и то, что в Европе формируется единая ценовая политика для аграрных сообществ. Важно, что основная функция перечисленных органов состоит в установлении в развитых странах регулируемых цен на зерновые культуры, в том числе зерно пшеницы.

Заключение

Подводя итоги, отметим, что за годы проводимых рыночных преобразований в республике Казахстан произошли кардинальные структурные изменения в системе производства и сбыта зерна, включая продовольственную пшеницу. Производители зерна сегодня не только обладают правом по распоряжению землей и имуществом, но и произведенной продукцией и совокупным доходом от ее реализации. Результатом стал сложившийся свободный рынок зерна при одновременном значительном снижении объемов государственных закупок зерна и вкладываемых инвестиций со стороны его производителей. Отмечая определенное снижение эффективности ведения зерновой отрасли, уменьшение объемов производства и реализации зерна в переходный период вследствие не сразу сложившихся стабильных и взаимовыгодных экономических связей между хозяйствующими субъектами зернового рынка и не развитости его инфраструктуры, выделим положительные тренды современного периода. Выделенные проблемы и инструменты эффективного менеджмента функционирования зернового рынка РК и его отдельных сегментов, например, продовольственной пшеницы, имеет важное не только экономическое, но и стратегическое значение для России, поскольку зерно и продукты его переработки традиционно являются основой питания всех групп населения нашей страны, обеспечения ее продовольственной безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1 Богомолова И.П., Рукин Б.П., Нечаева С.Н., Шатохина Н.М. Повышение эффективности деятельности предприятий мукомольной промышленности на основе системы управления качеством продукции. Воронеж: Издательство «Истоки», 2007. 204 с.

2 Богомолова И.П., Глеков П.М. методический подход к оценке рыночного потенциала предприятий в процессно-ориентированном менеджменте // Экономика и предпринимательство. 2015. № 10–1 (63–1). С. 1074–1081.

3 Дремучева Г.Ф., Невский А.А., Цурикова Н.В. Воздействие ферментного препарата Амилоризин нового поколения на хлебопекарные свойства пшеничной муки // Хлебопродукты. 2017. № 12. С. 27–30.

4 Куприянова Л.М. Лаборатория современных практик // Менеджмент. 2015. № 3. С. 75–84.

5 Мизанбекова С.К., Калыкова Б.Б., Мизанбеков И.Т. Вопросы устойчивого развития зернопродуктового подкомплекса Казахстана // Проблемы агрорынка. 2018. № 2. С. 139–147.

6 Петриченко В.В., Пономарева Е.И., Иванов М.Г., Зубкова Е.В. Изучение влияния пищевой добавки «EnzoWay 5.02» на свойства хлеба и его микробиологические показатели // Вестник ВГУИТ. 2017. № 1. С. 165–168. doi: 10.20914/2310-1202-2017-1-165-168

7 Качество муки из зерна урожая 2017 года: особенности и методы корректировки, специальные виды муки // Хлебопродукты. 2017. № 12. С. 34–36.

8 Mizanbekova S., Uspanova M., Kunanbaeva D. Food supply security: the case of Eaeu member-states // Journal of Entrepreneurship Education. 2018. V. 21. № 3. P. 2–15.

9 Bogomolova I.P., Shatokhina N.V., Bogomolov A.V., Stryapchikh E.S. et al. Improvement of the Resource Potential Management in Socially Important Enterprises of Agricultural Sector // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2016. V. 11. № 6. P. 1235–1242. doi: 10.3923/jeasci.2016.1235.1242

10 Mizanbekova S., Umbetaliev N., Aitzhanova A., Bogomolov A. The quality management system improvement for the enhancement of production competitiveness // Espacios. 2017. V. 38. № 42. P. 29–41.

REFERENCES

1 Bogomolova I.P., Rukin B.P., Nechaeva S.N., Shatokhina N.M. ovysheniye effektivnosti deyatel'nosti predpriyatiy mukomol'noy promyshlennosti na osnove sistemy upravleniya kachestvom produktsii [Improving the efficiency of the enterprises of the flour-milling industry on the basis of the product quality management system]. Voronezh, Istoki, 2007. 204 p. (in Russian).

2 Bogomolova I.P., Glekov P.M. Methodical approach to assessing night potential of enterprises in process-oriented management. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Economics and entrepreneurship]. 2015. no. 10–1 (63–1). pp. 1074–1081. (in Russian).

3 Dremucheva G.F., Nevsky A.A., Tsurikova N.V. The impact of the new generation gene enzyme amilorysin on the baking properties of wheat flour. *Khleboprodukty* [Bakery products]. 2017. no. 12. pp. 27–30. (in Russian).

4 Kupriyanova L.M. Laboratory of modern practices. *Menedzhment* [Management]. 2015. no. 3. pp. 75–84. (in Russian).

5 Mizanbekova S.K., Kalykova B.B., Mizanbekov I.T. Issues of sustainable development of the grain products subcomplex of Kazakhstan. *Problemy agrorynka* [Agrimarket problems]. 2018 no. 2 pp. 139–147. (in Russian).

6 Petrichenko V.V., Ponomareva E.I., Ivanov G.G., Zubkova E.V. Study of the effect of the food additive “EnzoWay 5.02” on the properties of bread and its microbiological indicators. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2017. No. 1. pp. 165–168. doi: 10.20914/2310-1202-2017-1-165-168 (in Russian).

7 Quality of flour from grain of 2017 harvest: features and methods of adjustment, special types of flour. *Khleboprodukty* [Bread products]. 2017. no. 12. pp. 34–36. (in Russian).

8 Mizanbekova S., Uspanova M., Kunanbaeva D. Food supply security: the case of Eaeu member-states. Journal of Entrepreneurship Education. 2018. vol. 21. no. 3. pp. 2–15.

9 Bogomolova I.P., Shatokhina N.V., Bogomolov A.V., Stryapchikh E.S. et al. Improvement of the Resource Potential Management in Socially Important Enterprises of Agricultural Sector. Journal of Engineering and Applied Sciences. 2016. vol. 11. no. 6. pp. 1235–1242. doi: 10.3923/jeasci.2016.1235.1242

10 Mizanbekova S., Umbetaliev N., Aitzhanova A., Bogomolov A. The quality management system improvement for the enhancement of production competitiveness. Espacios. 2017. vol. 38. no. 42. pp. 29–41.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Салима К. Мизамбекова д.э.н., кафедра менеджмент и организация агробизнеса, Казахский национальный аграрный университет, пр-т Абая, 8, Алматы, 050010, Республика Казахстан

Ирина П. Богомолова д.э.н., профессор, кафедра управления, организации производства и отраслевой экономики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, uopioe@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 01.09.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 16.11.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Salima K. Mizambekova Dr. Sci. (Econ.), management and organization of agribusiness department, Kazakh National Agrarian University, Abai Ave., 8, Almaty, 050010, Republic of Kazakhstan

Irina P. Bogomolova Dr. Sci. (Econ.), professor, management, production organization and branch economy department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, uopioe@yandex.ru

CONTRIBUTION

Authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 9.1.2018

ACCEPTED 11.16.2018

Оригинальная статья/Original article

УДК 658.14/.17

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-345-350

Выручка предприятия в условиях применения программ лояльности

Екатерина С. Крикун [1] eskrikun@yandex.ru
Никита С. Суворов [1] atikin.2011@mail.ru
Евгения В. Агеева [1] ageeva-ev@bgu.ru

[1] Байкальский государственный университет, ул. Ленина, 11, г. Иркутск, 664003, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы формирования выручки предприятия в условиях реализации программ лояльности. Как свидетельствует практика, предприятия активно внедряют программы лояльности, являющиеся институциональной формой взаимодействия различных субъектов рынка. Программы лояльности, объединяют в себе комплекс различных инструментов для увеличения продаж или продажи дополнительных товаров и услуг постоянным клиентам. Результативность функционирования предприятий зависит от способности обеспечить достаточную величину выручки от продаж для финансирования текущих затрат и получения прибыли. Анализ показывает, что вопросы лояльности рассматриваются чаще всего с позиции управленческого аспекта с целью обеспечения конкурентоспособности бизнеса. Вместе с тем существует необходимость согласования управленческих решений и оценки их влияния на финансовое состояние предприятия. Одновременно, возникает информационная потребность внешних аналитиков в оценке состояния и динамики финансового состояния предприятия, что затруднено из-за ограниченности и недостаточной достоверности информации, представленной в финансовой отчетности. Формирование выручки от продаж представляет собой разносторонний процесс. Особое значение для финансовой отчетности предприятия имеет величина выручки и ее динамика, что определяется порядком признания доходов. В данной статье рассмотрены вопросы, касающиеся порядка признания доходов российскими предприятиями по программам лояльности и полноты отражения информации в финансовой отчетности. Рассмотрены участники и направленность финансовых отношений при организации программ поощрения. Уделено внимание раскрытию информации о выручке в соответствии с Международными стандартами финансовой отчетности. Определено, что разработка клиентской политики на предприятиях должна иметь комплексный подход, а именно, направлена, как на обеспечение необходимой величины выручки от продаж, так и определение ее влияния на финансовую устойчивость предприятия, его структуру источников капитала.

Ключевые слова: программы лояльности, лояльность бизнес-партнеров, финансовые отношения, выручка от продаж, отложенная выручка, контрактное обязательство, показатели бухгалтерской отчетности, международные стандарты финансовой отчетности, управленческое решение, ценовая политика, вероятность

Income of the company and customer's loyalty programs

Ekaterina S. Krikun [1] eskrikun@yandex.ru
Nikita S. Suvorov [1] atikin.2011@mail.ru
Evgeniya V. Ageeva [1] ageeva-ev@bgu.ru

[1] Baikal state university, Lenina st., 11 Irkutsk, 664003, Russia

Abstract. The article is about company's income shaping by applying customer's loyalty programs. As it reveals by the practice, companies widely applying loyalty programs, as an institutional form of communication for wide range of market participants. Loyalty programs, as a rule, contains instruments for increasing sales and selling additional products and services for existing customers. Performance of the company depends on its ability to generate enough inflows to payback operating costs and calculating profit. Our analysis shows that customer's loyalty issues studying, as a rule, in the way to improve business competitiveness. Additionally, there is a necessity to negotiate all and any business decisions and also necessity of estimation its impact on company's financial condition. The same time there are informational needs in the external analytics to proceed financial condition estimation and its dynamic. In that case company faces with the lack of transparency and objectivity of the information provided by financial reports. Company's income shaping is a multifactorial process. The key value for the company's financial reports belongs to income's size and its dynamic. Withal, the size and dynamic of company's income depends on the accepted accounting policy. The article studying issues about Russian companies accounting policy features linked to company's income shaping by applying customer's loyalty programs and its accounting and disclosure in the financial reports. In the current article we also paid attention to issues linked to the inflows information disclosure under International financial reports standards (IFRS). Defined, that customer's policy development should be comprehensive, namely directed and to generate enough inflows, and defining its impact on financial reports and liabilities structure.

Keywords: loyalty programs, business partner loyalty, financial communications, income, prepaid expense, contract liability, financial report indicators, international financial reports standards, management decision, pricing policy, probability

Введение

Развитие предприятий осуществляется при наличии долгосрочных отношений с клиентами и создании благоприятных условий для формирования и увеличения выручки от продаж. Одним из способов, обеспечивающих эти условия, является применение программ лояльности. На сегодняшний день рынок программ лояльности охватывает различные сферы бизнеса: торговля, медицинские услуги, транспортные перевозки, туристический и гостиничный бизнес, банковские услуги и услуги страхования. Программы лояльности разнообразны по содержанию: индивидуальные и партнерские, с материальным и нематериальным вознаграждением, сегментированные и несегментированные,

Для цитирования

Крикун Е.С., Суворов Н.С., Агеева Е.В. Выручка предприятия в условиях применения программ лояльности // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 345–350. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-345-350

For citation

Krikun E.S, Suvorov N.S., Ageeva E.V. Income of the company and customer's loyalty programs. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 345–350. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-345-350

дисконтные и бонусные, активно используют и комплексные программы. В России активно применяются бонусные программы как наиболее популярные. Особенностью бонусных программ является механизм их реализации, основанный на накоплении баллов, которые впоследствии могут быть обменяны на ценные подарки и всевозможные льготы. Как показывают исследования, применение бонусных программ оказывает существенное влияние на процесс формирования выручки от продаж, факторы, определяющие ее динамику.

Выручка от продаж является важнейшим финансовым показателем, характеризующим результативность реализации программ поощрения покупателей, поскольку расширяется горизонт прогнозирования ее величины – принятие управленческих решений осуществляется на предположениях о получении дохода в будущем. Применение программ лояльности оценивается, как правило, с помощью внутренних показателей измерения уровня лояльности по отношению к покупателям, с использованием информации управленческого учета. Вместе с тем, как показывает практика, такой подход является ограниченным с позиции оценки внешних взаимоотношений предприятия на рынке. Актуальность настоящего исследования определяется необходимостью внедрения комплексного подхода к формированию выручки от продаж при применении программ лояльности, обеспечивающего достоверную и содержательную аналитическую информацию для принятия управленческих решений предприятия и диагностики перспектив его развития.

Выявление взаимосвязи между управленческими решениями, связанными с реализацией программ лояльности, и величиной выручки от продаж, формируемой в рамках бухгалтерской (финансовой) отчетности российских предприятий является целью исследования.

Для достижения цели в исследовании были поставлены следующие задачи: выделить основные направления хозяйствующих субъектов по программам лояльности; рассмотреть порядок формирования выручки через признание доходов предприятий по программам лояльности; установить взаимосвязь показателей финансовой и управленческой отчетности предприятия при применении программ лояльности; обосновать необходимость внедрения комплексного подхода к формированию выручки от продаж по программам лояльности.

Многочисленные публикации, посвященные практике применения программам лояльности различными субъектами рынка и оценке их эффективности, главным образом, раскрывают маркетинговые вопросы [1–6] и правовые [7–9] в части вытеснения контрактов с ограничением выхода с помощью поощрений. Вместе с тем существует необходимость исследования финансовых аспектов последствий применения программ лояльности российскими предприятиями.

Научная новизна исследования состоит в доказательстве возможности применения комплексного подхода к формированию показателей бухгалтерской (финансовой) отчетности, связанных с выручкой от продаж при применении программ лояльности, с учетом цели управленческих решений и достоверности информации.

Теоретическая значимость заключается в разработке новых алгоритмов анализа формирования, величины и динамики показателей бухгалтерской (финансовой) отчетности российских предприятий в условиях применения новых инструментов увеличения выручки от продаж.

Практическая значимость работы состоит в использовании алгоритма формирования и определения величины, динамики показателей бухгалтерской (финансовой) отчетности, связанных с выручкой от продаж для целей корректировки управленческих решений и оценки достоверности финансовой информации.

Обсуждение

Выручка от продаж является важнейшим объектом финансового управления коммерческих предприятий. Ее значимость обусловлена содержанием и экономическим назначением в рамках кругооборота капитала предприятия.

Прежде всего, следует отметить, что выручка от продаж является инструментом для высвобождения капитала, задействованного в кругообороте при организации основной деятельности. Высвобождение капитала может быть организовано в форме финансовых потоков, высвобождающих капитал, или потоков, генерируемых в результате ускорения оборачиваемости капитала. В первом случае первостепенная роль отводится выручке от продаж товаров, работ и услуг [10]. Механизм высвобождения реализуется посредством получения денежных средств в обмен на реализацию товара, услуги. Как следствие, выручка от продаж выступает источником денежных поступлений и внутреннего финансирования текущих затрат предприятия и по величине должна быть сопоставима с ними.

Необходимым условием деятельности коммерческих предприятий является получение выручки как дохода, который является источником развития и источником финансовых ресурсов предприятия, таких, как прибыль и амортизационные отчисления. Выручка от продаж является базовым элементом в системе показателей, характеризующих финансовое

состояние предприятия. Изменение величины выручки влияет на доходность, финансовую устойчивость, платежеспособность и деловую активность любого коммерческого предприятия. От величины денежной выручки во многом зависит возможность предприятия своевременно и в полном объеме погашать свои обязательства.

Разработка конкретных мероприятий предприятия по повышению выручки от продажи учитывает и факторы, воздействующие на ее изменение. В частности, при применении бонусных программ показатель выручки от продаж чувствителен к изменению экономических условий, платежеспособности населения, доступности потребительского кредитования, а также доверия покупателей. Как считают исследователи, для формирования устойчивых конкурентных преимуществ более ценно не столько привлечение новых потребителей, сколько удержание уже имеющихся, формирование так называемой «потребительской верности» [11]. Это качество обеспечивается через реализацию программ лояльности. Наличие лояльности служит основой для получения стабильного объема продаж, и стабильной выручки предприятий. Некоторые исследователи считают, что так называемый эффект лояльности является более мощным фактором успешной деятельности предприятия в любой сфере бизнеса, чем доля и структура затрат [12]. Так, в намерениях клиентов продолжать пользоваться продуктами и услугами компании заинтересованы не только крупные предприятия, но в наибольшей степени малый бизнес. Ведь именно для малого бизнеса крайне сложно найти в настоящее время эффективные пути привлечения новых клиентов. Однако следует отметить, что дисконтные и бонусные программы в чистом виде не могут гарантировать долгосрочных отношений клиента с компаниями [13]. Не стоит забывать, что любая программа лояльности строится с учетом психологических потребностей большинства потребителей.

При реализации программ лояльности необходимо принимать во внимание особенности финансовых отношений, возникающих между участниками, и их направленность. В частности, исследователи выделяют следующие звенья взаимодействия различных субъектов: бизнес-потребители; бизнес-партнеры (участники одного процесса); компания – персонал; власть – потребители; власть – малый и микробизнес [14]. В контексте нашей статьи речь идет о первых двух звеньях участников программ лояльности, то есть предприятие с одной стороны, и потребители, или бизнес-партнеры, с другой стороны.

В первом случае анализ теоретических подходов к характеристике и внедрению программ лояльности сводится к взаимоотношениям предприятия с конечными потребителями, причем чаще всего с розничной торговлей и оказанием услуг населению. В данном случае речь идет об индивидуальных программах, разработанных и принятых отдельными предприятиями. Во втором случае особые взаимоотношения, называемые лояльностью бизнес-партнеров, могут складываться и между предприятиями различных сфер деятельности на разных этапах цепочки реализации продукции. Формируется некий альянс различных предприятий, объединенных целями формирования долгосрочных отношений с клиентами. Программа лояльности основана на добровольном согласии участников предоставлять льготы потребителям товаров и услуг тех компаний, которые разделяют лояльное отношение к клиентам друг друга. В то же время программа лояльности означает взаимное движение со стороны клиентов, предпочитающих иметь дело с предприятиями, участвующими в программе лояльности, поскольку это сулит им определенные выгоды и особое отношение со стороны компаний к «своим» клиентам [15]. Кроме того, предприятие при формировании выручки может получать и значительные суммы бонусов, скидок, вознаграждений, не только от покупателей, но и от своих поставщиков. Финансовые взаимоотношения с каждым поставщиком носят индивидуальный характер, так как формируются особые условия для каждого вида соглашений и выплат. Преимущественно соглашения представлены бонусами за достижение ранее оговоренного объема закупок, поддержание рентабельности продаж, а также о компенсации снижения торговой наценки, компенсации расходов на рекламу и маркетинг. Начисленные бонусы могут поступать и в форме денежных платежей в соответствии с принятым и заключенным соглашением.

Выручка от продаж в процессе применения на предприятии программ лояльности, в частности бонусных программ, формируется под воздействием различных факторов.

Прежде всего, ее величина, которая получает отражение в финансовой отчетности, зависит от порядка признания выручки в условиях бонусных программ.

Так, среди таких особенностей, можно выделить: механизм формирования выручки в компаниях; формирование контрактного обязательства; зависимость величина выручки от вероятности; отсутствие единых правил отражения бонусов по программам лояльности в бухгалтерском учете.

Следует обратить внимание на механизм формирования выручки в российских компаниях. В настоящее время российским законодательством не определено понятие «программа лояльности», в том числе и в бухгалтерском законодательстве. Порядок признания доходов

предприятий по программам лояльности, в том числе и выручки от продаж, устанавливается в общепринятом порядке. Не предусматриваются специальные нормы, регулирующие специфику отражения в учете бонусных баллов. Как следствие, такие предприятия оформляют хозяйственные операции, исходя из собственных представлений о целях управленческого и бухгалтерского учета, что приводит к существенной неоднородности информации, содержащейся в финансовой отчетности. Вместе с тем российские предприятия вправе отражать хозяйственные операции, связанные с лояльностью, исходя из положений Международных стандартов финансовой отчетности (МСФО). Признание МСФО, определение организаций, обязанных составлять отчетность по данным стандартам, способствуют повышению интереса к ним и представлению потенциальным инвесторам и состоявшимся участникам рыночных отношений необходимой отчетной информации [16]. Правила отражения бонусов по программам лояльности клиентов в бухгалтерском учете регулирует МСФО (IFRS) 15 «Выручка по договорам с покупателями». Следует отметить, что до 2018 года, действовали правила МСФО (IAS) 18 «Выручка» и разъяснения IFRIC 13 «Программы лояльности покупателей», в соответствии с которыми предоставление бонусных баллов учитывалось как поставка товаров или услуг в будущем, формируя при этом «отложенную выручку» в составе краткосрочных обязательств в течение срока существования риска предъявления данных бонусных единиц. Впоследствии в момент использования баллов или истечения сроков требования их для обмена, отложенные доходы признавались в составе выручки от продаж. В связи с заменой стандартов МСФО обещанные товары/услуги рассматриваются как отдельная обязанность к исполнению в виде «существенного права» [17]. Как результат, поступления от продажи на момент их фактической реализации участникам программы разделяются между бонусными баллами, в рамках отдельного контракта, и обычной продажей. То есть баллы учитываются как идентифицируемый компонент сделки по продаже, в результате которой они предоставлялись. Возникшее «контрактное обязательство» включается, как и прежде, в состав краткосрочных обязательств компании. И лишь при условии выполнения всех требований пятишаговой модели учета выручки входит в состав выручки от продаж [18]. Вследствие создания такого механизма формирования выручки видно, что возникает прямая зависимость признания отдельного показателя в части обязательства при осуществлении операций по продаже. Следует отметить, что контрактное обязательство становится одним из элементов кредиторской задолженности, которая отражается среди источников капитала предприятия, происходит расширение состава кредиторской задолженности, что оказывает влияние на расчет показателей, характеризующих финансовое состояние предприятия. Таким образом, определение величины выручки на момент продажи и выручки, подлежащей отсрочке и имеющей форму контрактного обязательства, тесно связано с ценовой и клиентской политикой предприятия. Эти показатели могут рассматриваться в качестве показателей, формируемых как результат управленческих решений, исходя из суждений менеджеров относительно величины начисленных баллов по конкретному продукту и ожидаемого процента сгорания бонусных баллов.

Формирование выручки от продаж при применении бонусных программ находится в зависимости от вероятности того, в какой мере покупатель реализует причитающийся ему бонус и скидку. Действующие законодательные нормы по бухгалтерскому учету не предусматривают учета вероятности при определении величины выручки от продаж. В этих условиях возникает риск завышения дебиторской задолженности в отчетности предприятий на величину безнадежной или сомнительной задолженности, что требует корректировки формирования показателей отчетности с учетом платежеспособности покупателя.

При реализации программ лояльности менеджеры предприятия вправе в рамках управленческих решений определять, насколько высока вероятность того, что индивидуальный покупатель воспользуется своим правом получения скидки при следующей покупке. Исходя из ПБУ 8/2010 «Оценочные обязательства, условные обязательства и условные активы», величина обязательства, подлежащего отражению, а также в рамках реализации программы лояльности, определяется на основании экспертной оценки и корректируется в случае изменения оценки экспертов степени вероятности с возможностью отнесения на затраты предприятия. Следует заметить, что данный нормативный документ регулирует оценочные обязательства в рамках мероприятий по программам лояльности клиентов при выполнении условий с четким определением сферы деятельности торговых предприятий.

Результативность деятельности компаний, применяющих программы лояльности, существенным образом зависит от управленческих решений, которые, в свою очередь, предполагают организацию информационных связей, в том числе через финансовые показатели. При этом каждая организация разрабатывает собственную систему внутренней отчетности, зачастую игнорируя общие теоретические рекомендации, касающиеся определения ее состава и структуры,

формата и порядка формирования показателей [19]. Так, чаще всего внутренними показателями измерения лояльности компаний являются средний чек, количество повторных покупок, продолжительность сотрудничества, сравнительная частота покупок и др. [20]. Именно эти показатели, оценивающие эффективность и рентабельность программ лояльности, закладываются на стадии планирования и являются количественными показателями фактической успешной реализации конкретных программ. Приведённых данных с управленческой точки зрения может быть достаточно для понимания менеджерами предприятия того, что направление ресурсов для совершения повторных приобретений покупателями приводит к повышению доходности, чем инвестирование тех же средств в целях привлечения новых клиентов. Однако менеджеры должны принимать во внимание и механизм формирования выручки по программам лояльности, предполагать и оценивать каждое управленческое решение с позиции влияния на финансовые показатели отчетности предприятия, на состав, структуру и динамику источников капитала предприятия.

Заключение

Содержание и реализация управленческих решений по формированию выручки от продаж в условиях применения программ лояльности предполагают сбалансированность интересов предприятия и внешних пользователей финансовой информацией. Такую сбалансированность обеспечивает комплексный подход к оценке влияния выручки от продаж на показатели бухгалтерской (финансовой) отчетности, характеризующие финансовое состояние предприятия, к разработке алгоритма формирования выручки с учетом требований бухгалтерских стандартов, выявления особенностей динамики показателей в зависимости от отраслевой принадлежности предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1 Березка С.М. Программы лояльности: зарубежный и российский опыт // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. 2016. № 5. С. 113–131

2 Кузнецова Е.Л., Гетманова А.В. Лояльность клиентов как фактор роста эффективности продаж // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2016. № 4. С. 38–52.

3 Бахматов С.А., Орхокова Н.О. Лояльность покупателей к бренду и ее влияние на конкурентоспособность страховой компании // Baikal Research Journal. 2014. № 4. С. 16.

4 Новикова Н.Г. Факторы, влияющие на результаты управления продажами в условиях конкуренции в сфере услуг (на примере услуг розничной торговли) // Baikal Research Journal. 2017. Т. 8. № 2. С. 19. doi: 10.17150/2411–6262.2017.8(2).19

5 Колесникова Т.В. Взаимосвязь финансовой устойчивости и конкурентоспособности страховой организации // Известия Иркутской государственной экономической академии (Байкальский государственный университет экономики и права). 2015. Т. 6. № 3. С. 10. doi: 10.17150/2072–0904.2015.6(3).10

6 O'Brien L., Jones C. Do Rewards Really Create Loyality? // Harvard Business Review. 2015. P. 75–83.

7 Bar-Gill O., Ben-Shahar O. Exit from Contract // Journal of Legal Analysis. 2014. V. 6. № 1. P. 151–183.

8 Bar-Gill O., Ben-Shahar O. Regulatory Techniques in the Consumer Protection: A Critique of European Consumer Contract Law // Common Market Law Rev. 2013. № 50. P. 109–125.

9 Bar-Gill O. Seduction by Contract: Law, Economics and Psychology in Consumer Markets, Oxford: Oxford University Press, 2012.

10 Кислицына Л.В., Суворов Н.С. Актуальные вопросы организации процесса финансирования предприятий малого бизнеса // Baikal Research Journal. 2016. Т. 7. № 4. С. 7. doi: 10.17150/2411–6262.2016.7(4).7

11 Семакина Г.А. Взаимоотношения с потребителями – основа конкурентоспособности предприятий сферы сервиса // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2015. № 2 (31). С. 115–119.

12 Согачева О.В., Симоненко Е.С. Использование маркетинговых коммуникаций и PR-менеджмента в современных социально-экономических условиях как инструмента оценки конкурентоспособности организации: практический аспект // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2014. № 2 (27). С. 164–170.

13 Березка С.М. Практика применения и перспективы развития программ лояльности клиентов в России и за рубежом // Теория и практика общественного развития. 2014. № 1. С. 427–430.

14 Аракелова И.В. Причины и условия институционализации партнерских отношений в малом и микробизнесе // Известия ВГПУ. 2013. № 3 (78). С. 88–91.

15 Аракелова И.В. Институциональные аспекты формирования лояльности бизнес-партнеров на рынке B2B // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2013. № 3 (24). С. 198–203.

16 Сорокина Е.М. Возможности и проблемы применения Международных стандартов финансовой отчетности в России // Известия Иркутской государственной экономической академии. 2016. Т. 26. № 3. С. 469–477. doi: 10.17150/1993–3541.2016.26(3).469–477

17 Дружиловская Т.Ю., Дружиловская Э.С. МСФО (IFRS) 15: новые требования и их соотношение с российскими стандартами бухгалтерского учета // Международные стандарты учета и отчетности. 2015. № 15 (357). С. 22–36.

18 Гасанова Э.Г. Программы лояльности. Опыт зарубежных стран // Учет. Анализ. Аудит. 2017. № 2. С. 87–92.

19 Слободняк И.А. Теоретические основы формирования показателей внутренней бухгалтерской управленческой отчетности // Известия Иркутской государственной экономической академии. 2011. № 3 (77). С. 36–39.

20 Capizzi M., Ferguson R., Salmon W.J. Loyalty trends for the 21st century // Journal of Targeting, Measurement and Analysis for Marketing. 2014. V. 12. № 3. P. 199–212.

REFERENCES

1 Berezka S.M. Loyalty programs: foreign and Russian experience. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6: Ekonomika* [Moscow State University Bulletin. Series 6: Economics]. 2016. no. 5. pp. 113–131. (in Russian).

2 Kuznetsova E.L., Getmanova A.V. Custoer loyalty as a sales efficiendy growth driver. *Finansovaya analitika: problemy i resheniya* [Financial Analytics: Science and Experience]. 2016. no. 4. pp. 38–52. (in Russian).

3 Bakhmatov S.A., Orkhokova N.O. Customers' brand loyalty and its impact on competitiveness of the insurance company. Baikal Research Journal. 2014. no. 4. pp. 16. (in Russian).

4 Novikova N.G. Factors influencing the results of sales management in terms of competition in service sphere (as exemplified by retail trade services). Baikal Research Journal. 2017. vol. 8. no. 2. pp. 7. doi: 10.17150/2411–262.2017.8(2).19 (in Russian).

5 Kolesnikova T.V. Interrelation of financial solvency and competitiveness of the insurance company. *Izvestiya Irkutskoy gosudarstvennoy ekonomicheskoy akademii (Baykalskiy gosudarstvennyy universitet ekonomiki i prava)* [Izvestiya of Irkutsk State Economics Academy (Baikal State University of Economics and Law)]. 2015. vol. 6. no. 3. pp. 10. doi: 10.17150/2072–0904.2015.6(3).10 (in Russian).

6 O'Brien L., Jones C. Do Rewards Really Create Loyality? Harvard Business Review. 2015. pp. 75–83.

7 Bar-Gill O., Ben-Shahar O. Exit from Contract. Journal of Legal Analysis. 2014. vol. 6. no. 1. pp. 151–183.

8 Bar-Gill O., Ben-Shahar O. Regulatory Techniques in the Consumer Protection: A Critique of European Consumer Contract Law. Common Market Law Rev. 2013. no. 50. pp. 109–125.

9 Bar-Gill O. Seduction by Contract: Law, Economics and Psychology in Consumer Markets. Oxford, Oxford University Press, 2012.

10 Kislitsyna L.V., Suvorov N.S. Topical issues of the small business funding organizational process. Baikal Research Journal. 2016. vol. 7. no. 4. pp. 7–7. doi: 10.17150/2411–6262.2016.7(4).7 (in Russian).

11 Semakina G.A. Relationships with customers are the basis of the service company competitiveness. *Biznes. Obrazovaniye. Pravo. Vestnik Volgogradskogo instituta biznesa* [Business. Education. Right. Bulletin of Volgograd business Institute]. 2015. no. 2 (31). pp. 115–119. (in Russian).

12 Sogacheva O.V., Simonenko E.S. Use Of the marketing comunicationc and PR-management in the modern socio-economic conditions as the tool for evaiuation of the company competitiveness: Practical Aspects. *Biznes. Obrazovaniye. Pravo. Vestnik Volgogradskogo instituta biznesa* [Business. Education. Right. Bulletin of Volgograd business Institute]. 2014. no. 2 (27). pp. 164–170. (in Russian).

13 Berezka S.M. Implementation and development prospects of the customer loyalty Programs in Russia and foreign countries. *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya* [Theopy and Practice of Social Development]. 2014. no. 1. pp. 427–430. (in Russian).

14 Arakelova I.V. Reasons and conditions of institutionalization of partner relations in small-scale and microbusiness. *Izvestiya VGPU* [Izvestiya VSPU]. 2013. no. 3 (78). pp. 88–91. (in Russian).

15 Arakelova I.V. Institutional aspects of formation of loyalty of business partners in the B2B market. *Biznes. Obrazovaniye. Pravo. Vestnik Volgogradskogo instituta biznesa* [Business. Education. Right. Bulletin of Volgograd business Institute]. 2013. no. 3 (24). pp. 198–203. (in Russian).

16 Sorokina E.M. Opportunities and challenges for implementation of International Financial Reporting Standards in Russia. *Izvestiya Irkutskoi gosudarstvennoi ekonomicheskoi akademii* [Bulletin of Irkutsk State Economics Academy]. 2016. vol. 26. no. 3. pp. 469–477. doi: 10.17150/1993–3541.2016.26(3).469–477 (in Russian).

17 Druzhilovskaya T.Y., Druzhilovskaya E.S. IFRS 15: new requirements and their correlation with the Russian accounting standards. *Mezhdunarodnyye standarty ucheta i otchetnosti* [International Standards of Accounting and Reporting]. 2014. no. 15 (357). pp. 22–36. (in Russian).

18 Gasanava E.G., Loyalty Programs. The Experience of Foreign Countries. *Uchet. Analiz. Audit.* [Accounting. Analysis. Auditin]. 2014. no. 2. pp. 87–92. (in Russian).

19 Slobodnyak I.A. Theoretical bases of forming indices of internal management accounting statement. *Izvestiya Irkutskoi gosudarstvennoi ekonomicheskoi akademii* [Bulletin of Irkutsk State Economics Academy]. 2011. no. 3 (77). pp. 36–39. (in Russian).

20 Capizzi M., Ferguson R., Salmon W.J. Loyalty Trends for the 21st Century. Journal of Targeting, Measurement and Analysis for Marketing. 2014. vol. 1. no. 3. pp. 199–212.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Екатерина С. Крикун ст. преподаватель, кафедра финансов и финансовых институтов, Байкальский государственный университет , ул. Ленина, 11, г. Иркутск, 664003, Россия, eskrikun@yandex.ru

Никита С. Суворов аспирант, кафедра финансов и финансовых институтов, Байкальский государственный университет, ул. Ленина, 11, г. Иркутск, 664003, Россия, atikin.2011@mail.ru

Евгения В. Агеева к.э.н., доцент, кафедра финансов и финансовых институтов, Байкальский государственный университет, 664003, г. Иркутск, ул. Ленина, 11, ageeva-ev@bgu.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Екатерина С. Крикун написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Никита С. Суворов обзор литературных источников по исследуемой проблеме

Евгения В. Агеева консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 23.01.2019
ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 20.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Ekaterina S. Krikun senior lecturer, finance and financial institutions department, Baikal state university, Lenina st., 11, Irkutsk, 664003, Russia, eskrikun@yandex.ru

Nikita S. Suvorov graduate student, finance and financial institutions department, Baikal state university, Lenina st., 11, Irkutsk, 664003, Russia, atikin.2011@mail.ru

Evgeniya V. Ageeva PhD in Economics, Associate Professor, Chair of Finance and financial institutions, Baikal State University, 11 Lenin St., 664003, Irkutsk, Russian Federation, ageeva-ev@bgu.ru

CONTRIBUTION

Ekaterina S. Krikun wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Nikita S. Suvorov review of the literature on an investigated problem

Evgeniya V. Ageeva consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.23.2019
ACCEPTED 2.20.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 336.64

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-351-356

Финансовое равновесие как особое состояние капитала в границах холдинга: возможность обеспечения

Лариса В. Кислицына [1] visnip@mail.ru

Светлана А. Капустина [1] svetlana-2503@list.ru

[1] Байкальский государственный университет, ул. Ленина, 11, г. Иркутск, 664003, Россия

Аннотация. Развитие любой компании в современных условиях предполагает не только выбор тех или иных тактических и стратегических целей, но и соблюдение определенных финансовых требований к состоянию капитала. Как известно, состояние капитала компании оценивается с помощью системы финансовых коэффициентов. Данная методика зачастую критикуется как практиками, так и теоретиками, но несмотря на это, находит свое практическое применение. С нашей точки зрения не менее актуальным и значимым при характеристике состояния капитала является использование такого понятия как «финансовое равновесие». При этом, характеризуя состояние капитала компании в части соответствия финансовому равновесию, особое внимание целесообразно уделять таким параметрам как: ликвидность, доходность и риск. Поскольку обеспечение и поддержание равновесия между названным параметрами позволяет менеджерам по умолчанию достичь заданного уровня финансового состояния и сделать процесс реализации тактических и стратегических задач более результативным. Сказанное имеет особую актуальность для холдингов, поскольку характерная для них сложная структура внутренних взаимоотношений существенно затрудняет решение поставленных тактических и стратегических задач. Холдинговые структуры нуждаются в разработке и соблюдении особых правил при использовании капитала, которые призваны помочь и в обеспечении финансового равновесия. Таковыми являются в том числе лимиты финансовых обязательств, влиянию которых на состояние капитала в холдинге и посвящена настоящая статья. При подготовке материалов статьи был изучен практический опыт применения лимитов финансовых обязательств, результатом чего стали выводы, представленные в настоящей работе.

Ключевые слова: капитал, холдинг, лимиты финансовых обязательств, финансовое равновесие, ликвидность, доходность, риск, цели компании, потенциал компании, бизнес-план

Financial equilibrium as the special capital condition in holding: abilities to achieve

Larisa V. Kislitsyna [1] visnip@mail.ru

Svetlana A. Kapustina [1] svetlana-2503@list.ru

[1] Baikal state university, Lenina st., 11 Irkutsk, 664003, Russia

Abstract. Modern company development requires not only tactical and strategic goals settings. It also requires to meet specific financial requirements for capital conditions. As it widely known company's capital conditions estimates with financial performance indicators. This method is quite discussion, nevertheless it still widely applicable. From our point of view, «financial equilibrium» as a one of group key financial performance indicator is crucial. In the capital condition estimation while discussing its adequacy to financial equilibrium, special attention should be given to such performance indicators as: liquidity, risk and yield. Balancing those parameters allows to management by default to achieve financial condition that required. Shown issue reveals its especial actuality for holdings, due to its complicated structure of inner communications which made it hard to achieve tactical and strategic goals that been set. Holdings needs to develop and apply special rules for structuring capital flows, which allows to achieve financial equilibrium. This article is about Financial liability limits as a one of factors that impacting holding capital condition. Current article based on researching of the practical approach of financial liabilities limits. Key conclusions revealed in the article.

Keywords: capital, holding, financial liability limits, financial equilibrium, liquidity, yield, company's goals, company's potential, business plan

Введение

При достижении тактических и стратегических целей любой компании и холдинга необходимо уделять внимание достижению и поддержанию особого состояния капитала, которое характеризуется в настоящей работе как «финансовое равновесие».

Цель исследования – определение роли и значения лимитов финансовых обязательств для обеспечения финансового равновесия.

Для достижения цели исследования были поставлены следующие задачи: рассмотреть связь ликвидности, доходности и риска для целей достижения и поддержания финансового равновесия, охарактеризовать основные этапы управления лимитами финансовых обязательств в холдинге, определить роль лимитов финансовых обязательств в обеспечении финансового равновесия капитала.

Теоретико-методической основой исследования являлись работы авторов, чьи интересы

Для цитирования

Кислицына Л.В., Капустина С.А. Финансовое равновесие как особое состояние капитала в границах холдинга: возможность обеспечения // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 351–356. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-351-356

For citation

Kislitsyna L.V., Kapustina S.A. Financial equilibrium as the special capital condition in holding: abilities to achieve. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 351–356. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-351-356

касаются вопросов характеристики состояния капитала компании, проблематики управления финансами компании. Отдельные выводы в исследовании были сформулированы на базе научных трудов отечественных экономистов: Е.А. Арбатской, И.Е. Козырской, М.И. Тертышник, А.Ю. Беликова, Б.Ж. Тагарова.

Научная новизна состоит в развитии теоретических представлений о капитале компании холдингового типа и выявлении роли лимитов финансовых обязательств в процессе управления им.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования полученных выводов при принятии решений в части управления капиталом компании холдингового типа с целью обеспечения финансового равновесия.

Результаты

Методологической основой работы являлось использование системного подхода при изучении процесса управления капиталом холдинга для цели определения роли и значения лимитов финансовых обязательств в обеспечении финансового равновесия капитала. Эмпирическими методами исследования являлись: наблюдение, сравнение, синтез теоретического и практического материала, выборка и обобщение.

Для обеспечения устойчивого развития компании в современных условиях необходимо верно выбрать приоритетные цели и четко следовать им. Как известно, выбор приоритетов в конечном итоге определяет конкурентоспособность компании [1, 2]. Если исходить из функциональной классификации целей деятельности, а именно: производственные, экономические и финансовые, то важнейшее значение приобретает оценка взаимодействия таких целей, как производственные и финансовые.

Взаимоотношение указанных целей может меняться во времени, а их достижимость в конечном итоге можно характеризовать с помощью различных понятий. Одним из них является потенциал производственный и инвестиционный, роль которого трудно переоценить [3–5]. Но стоит отметить, что формирование и реализация потенциала как такового предопределяется достижением баланса между такими параметрами, как ликвидность, доходность и риск. В настоящее время менеджерам недопустимо отдавать предпочтение одному из них, поскольку такой подход не позволяет обеспечить финансовое равновесие капитала компании в целом.

По-нашему мнению, состояние финансового равновесия капитала достижимо при обязательном и одновременном соблюдении двух условий. Прежде всего, при реализации заданного уровня доходности следует обеспечить использование предоставленного капитала таким образом, чтобы имело место покрытие всех издержек, которые понесла компания в связи с его привлечением. А кроме того, соблюдая требование необходимого уровня ликвидности, важно обеспечить поддержание достаточного уровня платежеспособности на регулярной основе, гарантируя тем самым устойчивую платежеспособность.

Говоря о финансовом равновесии, нельзя недооценивать и роль риска. Как известно, рост рентабельности (доходности) сопровождается ростом финансового риска. При этом значимость фактора риска в современных условиях в силу асимметричности информации неуклонно повышается [6]. В общем виде, наращивая долю заемных средств в структуре капитала, компания создает для себя возможность получить положительное воздействие эффекта финансового рычага. Но, как известно, рост заемных источников неизбежно приводит в дальнейшем к снижению уровня ликвидности компании. В этом и заключается логическая взаимосвязь важнейших финансовых категорий: роста рентабельности (доходности), роста финансового риска и снижения ликвидности, что в конечном итоге определяет тот или иной уровень финансовой устойчивости компании, оценить который традиционно возможно с помощью системы финансовых коэффициентов [7–11].

В этих условиях для компании важным является использование принципа финансовой антимонии, смысл которого заключается в выборе из множества неблагоприятных финансовых альтернатив наиболее приемлемого варианта. Так, ориентируясь на доходность, компания стремится наращивать прибыль, осуществляя таким образом финансовую поддержку капитала. А при стремлении в части поддержания определенного уровня ликвидности и увеличивая при этом оборот, неизбежно обеспечивает физическую поддержку своего капитала.

Таким образом, умение верно оценить результаты осуществления главной (приоритетной) цели в зависимости от фактора времени есть важнейшее условие успешной деятельности компании. Сказанное приобретает особую актуальность для сложноструктурированных компаний, в том числе и холдингового типа.

Результатом корпоративного строительства в России стало формирование большого количества холдингов [12]. А поскольку подавляющее их большинство характеризуется как директивное, то такая квалификация подразумевает со стороны головной компании осуществление жесткого контроля за финансовой деятельностью дочерних и зависимых обществ (ДЗО). В качестве основной

цели такого контроля называется чаще всего обеспечение эффективности использования капитала холдинга в целом, чего, с нашей точки зрения, невозможно достичь, пренебрегая соблюдением финансового равновесия между указанными выше параметрами. Система контроля в современном директивном холдинге четко отлажена, включает в себя комплекс мер и методов от разработки стандартов до проверок из головного офиса. Все решения принимаются с согласия руководства головной организации, помимо тех, что могут быть возложены на руководителя общества. Все бизнес-планы, планируемые показатели обоснованы перед руководством головной организации и приняты только с его согласия. Такой контроль позволяет, находясь на разных территориях, представлять собой единую систему. При этом каждое новое предприятие, входящее в состав холдинговой структуры, незамедлительно форматируется под стандарты холдинга и должно строго действовать согласно данным стандартам.

В общем виде финансовый механизм корпоративного контроля может строиться по одному из трех возможных вариантов: консолидированный, с представлением хозяйственной самостоятельности определенным участникам и смешанный. Чаще всего на практике реализуется третий вариант, характеризующийся тем, что ДЗО могут наделяться самостоятельностью в части ведения оперативной деятельности. В свою очередь, реализация инвестиционных программ полностью находится под контролем головной (материнской) компании, которая определяет стратегические и долгосрочные цели, ключевые финансовые параметры.

Текущая деятельность при этом и ее порядок регламентированы стандартами деятельности холдинга в целом. Данные стандарты распространяются на все сферы работы предприятия, начиная с межличностных отношений и этики на рабочем месте для сотрудников и заканчивая принятием стратегических решений об инвестициях. Они являются едиными и обязательными для всех ДЗО.

Среди множества стандартов, которые вводятся головными компаниями, одним из важнейших и знаковых по причине его существенного влияния на возможность обеспечивать и поддерживать финансовое равновесие ДЗО является стандарт компании, касающийся системы управления лимитами финансовых обязательств. В общем виде лимит финансовых обязательств представляет собой определенный предел полномочий ДЗО в части заключения договорных отношений с контрагентами по отдельным бизнес-процессам и направлениям деятельности в денежном отношении. Такие финансовые обязательства могут рассматриваться и как доходные, и как расходные, следствием их является изменение кредиторской и дебиторской задолженности, а соответственно и капитала в целом.

Утверждение величины лимита финансовых обязательств происходит после утверждения головной организацией бизнес-плана ДЗО, а также лимитов величин дебиторской и кредиторской задолженностей.

При этом бизнес-план, как и в целом сам процесс бизнес-планирования в компании любого уровня, является важнейшим процессом управления, а также принятия и реализации управленческих решений. Выстраивая бизнес-план компания, учитывая текущее финансовое состояние и прогнозы, определяет планируемые величины показателей. Управление происходит по каждой статье расходов и доходов, создаются целые системы управления. Так, система управления лимитов финансовых обязательств позволяет обеспечить соответствие принимаемых обязательств с величиной обязательств, утверждённых бизнес-планом компании.

Бизнес-планирование само по себе в данном случае является своеобразной формой внутреннего финансового контроля, поскольку в основе закладываются собственные нормативы и показатели, выполнение или невыполнение которых отслеживается головной компанией в обязательном порядке. Согласно этому плану выстраиваются системы управления показателями, а также способы решения практических задач, которые ставит перед собой та или иная система. В частности, система управления лимитами финансовых обязательств подразумевает под собой решение следующих основных задач, а именно: контроль за возникновением и погашением финансовых обязательств, предотвращение превышения лимитов финансовых обязательств относительно тех показателей, что были указаны и утверждены в бизнес–плане, обеспечение организации планирования и учета финансовых обязательств, обеспечение уполномоченных лиц оперативной информацией относительно состояния расходования лимитов.

Такими уполномоченными лицами являются распорядитель лимита, который несет ответственность за контроль над расходами в рамках утвержденных лимитов финансовых обязательств, менеджеры, которые оформляют эти расходы посредством заключения договоров, а также вышестоящее руководство.

При заданном объёме лимитов финансовых обязательств финансовому менеджеру компании необходимо после получения платежных документов корректировать эту сумму. Это позволяет формировать оперативный отчет и планировать те или иные финансовые обязательства. Основным, с нашей точки зрения, в этой системе является расчет величины лимита, а также его утверждение в головном офисе.

Управление базируется на нескольких принципах, которые соответствуют общекорпоративным принципам, в соответствии с которыми осуществляется финансово-хозяйственная деятельность компании: единство (данная политика распространяется на все компании внутри холдинга и является единой для всех), прозрачность (каждый субъект системы в соответствии с установленными правами имеет доступ к информации по финансовым обязательствам компании), непрерывность (данная система функционирует на постоянной основе с момента ее утверждения или до момента изменения), ответственность (полная и персональная ответственность каждого субъекта за возложенные на него обязательства по управлению лимитами), разделение обязанностей (с целью снижения риска мошенничества идет строгое разделение обязанностей внутри компании), развитие (должно обеспечиваться условие для постоянного развития системы управления с целью повышения эффективности).

Величина лимита финансовых обязательств состоит: из суммы по договорам и иным документам, влекущим за собой возникновение обязательств, заключаемым и финансируемым в планируемом периоде; суммы по договорам и иным документам, заключенным ранее планируемого периода, но влекущим расходы в планируемом периоде; суммы по договорам и иным документам, заключенным в планируемом периоде, но финансируемым после окончания планируемого периода.

Как и любой процесс управления, управление лимитами финансовых обязательств включает в себя несколько этапов, начиная с планирования и заканчивая анализом их исполнения. Каждый этап имеет специфические особенности и требования для его выполнения.

Обсуждение

Начальный этап планирования лимитов финансовых обязательств предполагает выдвижение требований, среди которых особое внимание уделяется следующим: источником формирования указанного лимита является утвержденный бизнес-план компании, планирование осуществляется на каждый отдельный календарный год и может классифицироваться в зависимости от этапа бизнес-планирования. Этот же этап включает в себя и расчет лимитов финансовых обязательств. Для расчета данной величины лимита обязательств возможно использование нескольких способов, зависящих от состава расходных обязательств.

Так, один из вариантов расчета подразумевает суммирование планируемых расходов на год, для которых осуществляется расчет лимита финансовых обязательств в рамках планируемого периода и дебиторской задолженности на конец года, для которой также осуществляется расчет лимита в рамках планируемого периода. При этом в состав задолженности включается только сумма авансов выданных, дата возникновения которых относится к соответствующему году.

Другой вариант расчета лимита финансовых обязательств учитывает не только совокупные текущие расходы, но и капитальные вложения. И в этом случае величина лимита увеличивается на величину освоения капитальных вложений на год и прочих расходов, которые не включены в план освоения капитальных вложений на год, но принимаемые счетами–фактурами в течение этого года.

Третий способ расчета включает в себя не только величину дебиторской задолженности, но и кредиторскую задолженность. В конечном итоге лимит финансовых обязательств определяется в данном случае как сумма финансирования на год, для которого осуществляется расчет лимита, дебиторской задолженности на конец года, для которой также осуществляется его расчет в рамках планируемого периода, запасов, которые были приобретены до начала года, для которых осуществляется расчет лимита, но которые будут вовлечены в производство в течение года, и разницы между кредиторской задолженностью на конец и начало года, для которого осуществляется расчет лимита обязательств (за вычетом суммы полученных авансов).

Следующим этапом является исполнение и контроль лимитов финансовых обязательств. Тут основным требованием является именно контроль и проверка всех документов возникновения и погашения финансовых обязательств на наличие лимитов на полную сумму всех обязательств. Если же сумма будет недостаточна, то исполнение данного обязательства будет отклонено, или же при обосновании головной организации может подлежать корректировке сумма самого лимита финансовых обязательств.

Третьим и наиболее важным этапом для целей внутреннего финансового контроля дочернего общества является сверка данных системы контроля лимитов обязательств с данными системы бухгалтерского учета. Такие проверки проводятся регулярно, ежемесячно и охватывают все операции, отраженные в системе контроля. Результатом такой сверки будет является корректировка данных в системе контроля и в системе бухгалтерского учета при расхождении данных, а также пояснения от уполномоченных лиц о природе данных расхождений.

Заключительным этапом является анализ исполнения лимитов финансовых обязательств с целью выявления рисков невыполнения бизнес-плана и нарушения фактических этапов системы контроля.

Заключение

Анализ практики применения лимитов финансовых обязательств позволяет констатировать их положительное влияние на финансовое состояние отдельных ДЗО в границах холдинговой структуры. Соблюдение лимитов приводит к минимизации финансовых рисков, позволяет обеспечивать и поддерживать финансовое равновесие, в том числе и в части текущего равновесия, индикатором которого является устойчивая платежеспособность. Последняя, в свою очередь, создает условия для наращивания уровня доходности и повышения отдачи капитала холдинга в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1 Арбатская Е.А. Стратегия как инструмент управления конкурентоспособностью предприятия // Бизнес. Образование. Право. 2018. № 4 (45). С. 93–96. doi: 10.25683/VOLBI.2018.45.402

2 Козырская И.Е. Конкуренция компаний: приемы и подходы при оценке конкурентных преимуществ // Baikal Research Journal. 2015. Т. 6. № 5. doi: 10.17150/2411–6262.2015.6(5).6

3 Тертышник М.И. Проблемы определения и оценки производственных мощностей и производственного потенциала предприятия // Финансовая экономика. 2018. № 6. С. 769–772.

4 Тертышник М.И. Система показателей оценки производственного потенциала предприятия // Baikal Research Journal. 2018. Т. 9. № 1. doi: 10.17150/2411–6262.2018.9(1).10

5 Беликов А.Ю. Сравнительный анализ методик определения и оценки инвестиционного потенциала хозяйствующего субъекта // Известия Байкальского государственного университета. 2016. Т. 26. № 5. С. 750–757. doi: 10.17150/2500–2759.2016.26(5).750–757

6 Тагаров Б.Ж. Асимметрия рыночной информации: обзор основных направлений исследования // Финансовая экономика, 2018. № 5. С. 1135–1140. doi: 10.25997/FIE.2018.5.20128

7 Bich N.N. The effect of capital structure and legal status on financial sustainability of mfis in developing countries // Review of Business and Economics Studies. 2016. № 2. P. 12–18.

8 Poberezhets O.V. Multi-criteria system of evaluating the economic situation sectors enterprises // Economics: time realities. 2015. № 4 (20). С. 52–58. URL: http://economics.opu.ua/files/archive/2015/n4.html

9 Polyakov K., Polyakova M. The role of financial factors interactions in the capital structure determination // Journal of corporate finance research. 2015. № 4 (36). P.17–23.

10 Bezborodova Y.E. The analysis of financial statements as approach to the assessment of financial stability of the enterprise // The Russian Academic Journal. 2013. V. 24. № 2. P.10–16.

11 Faden C. Optimizing Firm Performance. Alignment of Operational Success Drivers on the Basis of Empirical Data. Berlin: Springer, 2015. 189 p.

12 Кислицына Л.В., Винокурова В.П. Структурирование предприятий как предпосылка для изменения направленности их финансирования // Известия ИГЭА (Байкальский государственный университет экономики и права). 2010. № 1 (69). С. 18–23

REFERENCES

1 Arbatskaya E.A. Strategy as an instrument of management of competitiveness of enterprise. *Biznes. Obrazovaniye. Pravo* [Business. Education. Law]. 2018. no. 4 (45). pp. 93–96. doi: 10.25683/VOLBI.2018.45.402 (in Russian).

2 Kozyrskaya I.Ye. Competition of companies: methods and approaches in assessing competitive advantages. Baikal Research Journal. 2015. vol. 6. no. 5. doi: 10.17150/2411–6262.2015.6(5).6 (in Russian).

3 Tertyshnik M.I. Problems of definition and estimation of production capacities and production potential of the enterprise. *Finansovaya ekonomika* [Financial economy]. 2018. no. 6. pp. 769–772. (in Russian).

4 Tertyshnik M.I. The scoring system of assessing industrial potential of an enterprise. Baikal Research Journal. 2018. vol. 9. no. 1. doi: 10.17150/2411–6262.2018.9(1).10 (in Russian).

5 Belikov A.Yu. The comparative analysis of methods for determination and evaluation of the managing subject investment potential. *Izvestiya Baykal'skogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Baikal State University]. 2016. vol. 26. no. 5. pp. 750–757. doi: 10.17150/2500–2759.2016.26(5).750–757 (in Russian).

6 Tagarov B.Zh. Asymmetry of market information: overview of the main research directions. *Finansovaya ekonomika* [Financial economy]. 2018. no. 5. pp. 1135–1140. doi: 10.25997/FIE. 2018.5.20128 (in Russian).

7 Bich N.N. The effect of capital structure and legal status on financial sustainability of mfis in developing countries. Review of Business and Economics Studies. 2016. no. 2. pp.12–18.

8 Poberezhets O.V. Multi-criteria system of evaluating the economic situation sectors enterprises. Economics: time realities.. 2015. no. 4 (20). pp. 52–58. Available at: http://economics.opu.ua/files/archive/2015/n4.html

9 Polyakov K., Polyakova M. The role of financial factors interactions in the capital structure determination. Journal of corporate finance research. 2015. no. 4 (36). pp.17–23.

10 Bezborodova Y.E. The analysis of financial statements as approach to the assessment of financial stability of the enterprise. The Russian Academic Journal. 2013. vol. 24. no. 2. pp.10–16.

11 Faden C. Optimizing Firm Performance. Alignment of Operational Success Drivers on the Basis of Empirical Data. Berlin, Springer, 2015. 189 p.

12 Kislitsyna L.V., Vinokurova V.P. Enterprises structuring as a prerequisite for their financing modification. *Izvestiya IGEA (Baykal'skiy gosudarstvennyy universitet ekonomiki i prava)* [Izvestiya Irkutskoi gosudarstvennoi ekonomicheskoi akademii (Baikal State University of Economics and Law)]. 2010. no. 1 (69). pp. 18–23. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Лариса В. Кислицына к.э.н., доцент, кафедра финансов и финансовых институтов, Байкальский государственный университет, ул. Ленина, 11, г. Иркутск, 664003, Россия, visnip@mail.ru

Светлана А. Капустина магистрант, кафедра финансов и финансовых институтов лаборатория), Байкальский государственный университет, ул. Ленина, 11, г. Иркутск, 664003, Россия, svetlana-2503@list.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Лариса В. Кислицына консультация в ходе исследования
Светлана А. Капустина написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 09.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 15.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Larisa V. Kislitsyna Cand. Sci. (Econ.), associate professor, finance and financial institutions department, Baikal state university, Lenina st., 11, Irkutsk, 664003, Russia, visnip@mail.ru

Svetlana A. Kapustina master student, finance and financial institutions department, Baikal state university, Lenina st., 11, Irkutsk, 664003, Russia, svetlana-2503@list.ru

CONTRIBUTION

Larisa V. Kislitsyna consultation during the study
Svetlana A. Kapustina wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.9.2019

ACCEPTED 2.15.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 657.62

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-357-365

Оптимизационные процедуры в системе налогообложения перерабатывающих организаций

Александр И. Хорев [1] al.khorev@gmail.com
Галина В. Беляева [1] kafbuhuchet@yandex.ru
Анна Н. Полозова [2] annapollo@yandex.ru
Роман В. Нуждин [1] rv.voronezh@gmail.com

[1] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия
[2] ООО «ЭкоНиваТехника-Холдинг», Фридриха Энгельса, 33А, г. Воронеж, 394004, Россия

Аннотация. Действенным процессом налогового менеджмента перерабатывающих организаций является оптимизация системы налогообложения, обеспечивающая повышение массы налоговой выгоды налогоплательщиков. Для перерабатывающих организаций, производящих продукты питания оптимизационные процедуры, имеют особую значимость вследствие высокой и постоянно растущей налоговой нагрузки на экономическую деятельность. Установлено, что за последние одиннадцать лет, налоговая нагрузка перерабатывающих организаций увеличилась в 2,1 раза, опережая темпы ее роста по организациям других видов деятельности в 2,3 раза. Эти соотношения являются дополнительными аргументами в пользу необходимости разработки оптимизационных процедур, учитывая специфические особенности организаций пищевых производств. Проведение процедур оптимизации системным и дедуктивным методами, предусматривает разработку программы соответствующих мероприятий. В качестве объектов программных мероприятий целесообразно выбирать те, относительно которых действующим налоговым законодательством предусмотрено наибольшее количество льгот, и которые принесут организациям ощутимую экономическую выгоду. В качестве основных объектов рассмотрены налоги: на прибыль, на имущество, НДС, НДФЛ, поскольку каждая категория из перечисленных располагает оптимизационными возможностями относительно расчета базы налогообложения и сокращения массы налоговых платежей в бюджеты соответствующих уровней. Относительно каждого программного мероприятия сформулировано краткое содержательное наименование, сущность которого прямо затрагивает величину таких элементов системы налогообложения, как налогооблагаемая база, сроки уплаты налога, организационно-методические параметры исчисления налога, учетные регистры учетной налоговой политики и другие. Даны подробные пояснения по отдельным оптимизационным мероприятиям с указанием нормативных правовых актов, позволяющих использовать в практике налогообложения конкретную льготу или возможность, а также приведен перечень основополагающих условий для применения сделанных рекомендаций. Особое внимание уделено правилам оформления первичных документов, как базовых учетных единиц, меняющихся в ходе реализации конкретной рекомендации. Внедрение в практику налогового менеджмента рекомендуемой программы оптимизационных процедур обладает реальной перспективой ввиду малозатратности финансовых ресурсов на их проведение, но существенно повысит уровень налоговой состоятельности перерабатывающих организаций.

Ключевые слова: перерабатывающие организации-налогоплательщики, налоговая оптимизация, процедура, программа, налоговая нагрузка, налоговая состоятельность

The optimization procedure in the tax system, the processing organizations

Aleksandr I. Khorev [1] al.khorev@gmail.com
Galina V. Belyeva [1] kafbuhuchet@yandex.ru
Anna N. Polozova [2] annapollo@yandex.ru
Roman V. Nuzhdin [1] rv.voronezh@gmail.com

[1] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia
[2] "EkoNiva-Technika LLC-holding", Friedrich Engels street, 33A, Voronezh, 394004, Russia

Abstract. An effective process of tax management of processing organizations is the optimization of the tax system, which provides an increase in the mass of tax benefits of taxpayers. For food processing organizations, optimization procedures are of particular importance due to the high and ever-increasing tax burden on economic activity. It has been established that over the past eleven years, the tax burden of processing organizations increased 2.1 times, outpacing its growth rates in organizations of other types of activity by 2.3 times. These relationships are additional arguments in favor of the need to develop optimization procedures, taking into account the specific features of organizations of food production. Carrying out optimization procedures by system and deductive methods provides for the development of a program of relevant measures. As objects of program activities, it is advisable to choose those for which the current tax legislation provides for the greatest number of benefits, and which will bring tangible economic benefits to organizations. The main objects are taxes: income, property, VAT, personal income tax, since each category of these has optimization opportunities for calculating the tax base and reducing the mass of tax payments to the budgets of the respective levels. A brief, meaningful title has been formulated for each program event, the essence of which directly affects the magnitude of such elements of the taxation system as the taxable base, tax payment terms, organizational and methodological parameters for tax calculation, accounting registers of accounting tax policy and others. Detailed explanations are given on individual optimization measures with an indication of regulatory legal acts that allow using a particular benefit or opportunity in taxation practice, and also lists the basic conditions for the application of the recommendations made. Particular attention is paid to the rules of registration of primary documents, as basic accounting units that change during the implementation of specific recommendations. The introduction of the recommended program of optimization procedures into the practice of tax management has a real prospect due to the low-cost financial resources for their implementation, but it will significantly increase the level of tax solvency of the processing organizations.

Keywords: processing organizations-taxpayers, tax optimization, procedure, program, tax burden, tax solvency

Для цитирования

Хорев А.И., Беляева Г.В., Полозова А.Н., Нуждин Р.В. Оптимизационные процедуры в системе налогообложения перерабатывающих организаций // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 357–365. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-357-365

For citation

Khorev A.I., Belyeva G.V., Polozova A.N., Nuzhdin R.V. The optimization procedure in the tax system, the processing organizations. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 357–365. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-357-365

Введение

За последние годы в России произошли серьезные институциональные изменения, которые затронули и налоговые реформы. За каждым налогоплательщиком теперь закреплено право использовать допустимые законами инструменты для сокращения налоговых обязательств. В полной мере это право распространяется и на организации перерабатывающих производств.

С принятием постановления пленума ВАС РФ № 53 от 12.10.2006 в налоговых взаимоотношениях произошел отказ от термина «недобросовестность» и его замена на термин «налоговая выгода» и «необоснованная налоговая выгода». Под налоговой выгодой теперь понимается уменьшение размера налоговых обязательств вследствие: уменьшения налоговой базы; получения налогового вычета; получения налоговой льготы; применения более низкой налоговой ставки; получения права на возврат (зачет) или возмещение налога из бюджета.

В данном постановлении озвучены доказательства обоснованности возникновения налоговой выгоды у налогоплательщика:

1) действия налогоплательщика, имеющие своей целью получение налоговой выгоды, экономически оправданы, и сведения, содержащиеся в налоговых декларациях и бухгалтерской отчетности, достоверны;

2) каждый налогоплательщик должен доказать обстоятельства, послужившие основанием для возникновения у него налоговой выгоды.

Возникает настоятельная потребность в разработке соответствующих оптимизационных процедур, используя целесообразные методы и инструменты, позволяющие, с одной стороны, учесть интересы налоговых служб, с другой – повысить устойчивость экономической деятельности организаций-налогоплательщиков.

Результаты и обсуждение

Изучение норм действующего российского законодательства, обзор существующей российской судебной практики позволили нам сделать вывод о существовании допустимых возможностей оптимизации налоговой системы в части основных видов налогов, в том числе имеющих место и в организациях перерабатывающих производств: налог на прибыль; налог на добавленную стоимость; налог на имущество; налог на доходы физических лиц.

В связи с этим уместно привести высказывание И.В. Оробинской о возможностях осуществления налоговой оптимизации. Автором изложены три обстоятельства, обусловливающие процессы оптимизации налогов [8]:

1) действующее законодательство допускает осуществление экономической деятельности в организациях различных правовых форм, предполагающих различный порядок налогообложения;

2) налогоплательщик имеет право самостоятельно выбирать режим налогообложения;

3) налоговое законодательство предоставляет налогоплательщику возможность выбирать различные способы учета фактов хозяйственной жизни по своему усмотрению, а также принимать решения, непосредственно влияющие на налогообложение.

Мы разделяем точку зрения П.В. Сунцевой, считающей недопустимым смешивать законные и незаконные методы оптимизации, поскольку инструменты последней атрибутивно должны отвечать критерию законности [12].

Особое внимание относительно оптимизационных процедур уделяется научным сообществом в следующих направлениях:

- использование льгот при разработке политики налогового учета [1, 5, 6];
- обоснование критериев налоговой оптимизаций с юридической точки зрения [7, 9, 10];
- выявление явных и неявных резервов оптимизации налогообложения [12, 13];
- оценка взаимосвязей инструментов оптимизаций и обеспечения финансовой устойчивости [2– 4, 14, 15].

Для перерабатывающих организаций реализация процедур налоговой оптимизации имеет особое значение, поскольку налоговая нагрузка на экономическую деятельность субъектов хозяйствования этих видов экономической деятельности существенно выше, чем у других и значительно возросла за последние годы (таблица 1).

В таблице 2 изложена разработанная нами программа процедур оптимизации системы налогообложения организаций перерабатывающих производств.

Таблица 1.

Налоговая нагрузка по видам экономической деятельности в РФ (среднегодовые значения, %)

Table 1.

Tax burden by type of economic activity in Russia (average annual values, %)

Вид экономической деятельности Economic activity	Годы | Years											
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Всего, в т. ч.: | Total, including:	11,6	14,4	13,5	12,4	9,4	9,7	9,8	9,9	9,8	9,7	9,7	10,8
обрабатывающие производства, manufacturing activity	7,2	10,5	9,6	9,3	7,2	7,1	7,5	7,2	7,1	7,1	7,9	8,2
из них производство пищевых продуктов, напитков, табачных изделий production of food, beverages, tobacco products	13,3	15,7	13,7	14,6	15,4	14,9	16,6	19,1	19,4	18,2	19,7	28,2

Таблица 2

Table 2

Программа процедур оптимизации налогообложения экономической деятельности перерабатывающих организаций

Program of procedures for optimization of tax system of economic activity of processing organizations

Налог Tax	Содержание процедуры | Content of the procedure
1. Налог на прибыль организаций Corporate income Tax	1.1. Компенсации за использование служебного автомобиля, мобильных телефонов | Compensation For the use of a company car, mobile phones
	1.2. Предоставление безвозмездных услуг обслуживающих производств и фермерских хозяйств работникам организации и членам их семей | Rendering of gratuitous services of the serving productions and farms to employees of the organization and members of their families
	1.3. Приобретение билетов в электронном виде | Purchase tickets electronically
	1.4. Оплата расходов, осуществленных в пользу работников (лечение, отдых, путевки, экскурсии) | Payment of expenses incurred in favor of employees (treatment, rest, tours, excursions)
	1.5. Использование амортизационной премии | Use of depreciation bonus
	1.6. Применение инвестиционных налоговых вычетов | Application of investment tax deductions
	1.7. Использование бухгалтерской справки в качестве первичного учетного документа | Using the accounting certificate as the primary accounting document
	1.8. Использование права на уплату авансовых платежей ежеквартально, а не ежемесячно | Use of the right to advance payments quarterly rather than monthly
	1.9. Проведение периодического налогового аудита налогооблагаемых показателей | Periodic tax audit of taxable indicators
	1.10. Признание расходом стоимости форменной одежды | Recognition of the value of the uniform
	1.11. Выполнение реконструкции объектов в два этапа: как частичную ликвидацию и улучшение объекта Reconstruction of facilities in two stages: as partial liquidation and improvement of the facility
	1.12. Исключение из первоначальной стоимости основных средств некоторых расходов, связанных с их приобретением (проценты по заемным средствам, суммы таможенных пошлин, комиссионное вознаграждение, консультационные услуги) | Exclusion from the initial cost of fixed assets of certain costs associated with their acquisition (interest on borrowed funds, the amount of customs duties, Commission, consulting services)
2. НДС Value added Tax	2.1. Оформление части оплаты как неустойки за невыполнение отдельных пунктов контракта Registration of part of the payment as a penalty for non-performance of certain points of the contract
	2.2. Оформление письменного соглашения о задатке вместо полученного аванса | Execution of a written agreement on the Deposit instead of the received advance
	2.3. Приобретение ГСМ на основе использования топливных карт | Fuel and oil through the use of fuel cards
	2.4. Признание расходов на коммунальные услуги в качестве переменной части договора аренды | Recognition of utility costs as a variable part of the lease
	2.5. Использование счета 07 «Оборудование к установке» для учета приобретенных, но не введенных в эксплуатацию объектов основных средств Use of the account 07 "Equipment for installation" for accounting of the purchased, but not put into operation objects of fixed assets
	2.6. Подача уточненной налоговой декларации | Submission of the amended tax return
	2.7. Оформление вычета НДС до перехода права собственности | Registration of VAT to the transfer of ownership
	2.8. Заключение договора о совместной деятельности | Conclusion of a joint venture agreement
	2.9. Соблюдение принципа осмотрительности при совершении сделок с контрагентами | Compliance with the principle of prudence in transactions with counterparties
3. НДФЛ Personal income Tax	3.1. Компенсация оплаты коммунальных услуг, использования личного имущества, найма жилого помещения Compensation for payment of utilities, use of personal property, rental of residential premises
	3.2. Предоставление обезличенных льгот | The Provision of de-identified benefits
	3.3. Компенсация однодневных командировочных расходов | Reimbursement of one-day travel expenses
	3.4. Оформление стандартных налоговых вычетов у родителей детей-инвалидов путем суммирования обстоятельств Making standard tax deductions for parents of disabled children by summing up the circumstances
	3.5. Оплата за физическое лицо товаров (работ, услуг) и имущественных прав организаций | Payment for the physical person of goods (works, services) and property rights of organizations
	3.6. Компенсация проезда на городском транспорте общего пользования и такси | Compensation for public transport and taxis
	3.7. Выплата при увольнении работника в связи с выходом на пенсию | Payment upon dismissal of an employee in connection with retirement
4. Налог на имущество организаций Tax on property of organizations	4.1. Сдача имущества в долгосрочную аренду | The Surrender of the property for long term rent
	4.2. Использование региональных льгот | Use of regional benefits
	4.3. Изменение стоимости основных средств путем переоценки | Change in value of fixed assets by revaluation
	4.4. Использование метода уменьшаемого остатка при начислении амортизации | Use of the declining balance method in depreciation

Дадим пояснения по отдельным из приведенных рекомендациям, в частности: 1.1, 1.3, 1.5, 1.6, 1.7, 2.1, 2.2, 2.3, 2.6, 2.7, 3.2, 3.3, 3.5, 3.6, 4.1.

1.1. Основанием для включения расходов на компенсацию за использование автомобиля в служебных целях в состав прочих расходов для целей налогообложения служит подп. 11 п. 1 ст. 264 НК РФ. К подтверждающим эти расходы документам может быть отнесен трудовой договор или должностная инструкция работника, в которой указано, что деятельность имеет разъездной характер. Датой признания таких расходов является дата перечисления денежных средств с расчетного счета (или выплаты из кассы) организации. Следует отметить, что признать в расходах для целей налогообложения организация может не только компенсацию за использование личного легкового автотранспорта, но и микроавтобусов и грузовых автомобилей в соответствии с письмом Минфина РФ от 18.03.10 № 03–03–06/1/150. Компенсации учитываются в размере, согласованном между работником и организацией; при использовании легковых автомобилей для служебных поездок расходы на компенсацию включаются в базу по расчету налога на прибыль в пределах норм, установленных постановлением Правительства РФ от 02.02.02 № 92.

Для получения компенсации работник должен представить в бухгалтерию следующие документы: личное заявление, свидетельство о регистрации и копию технического паспорта транспортного средства, заверенную в установленном порядке. Компенсация выплачивается один раз в месяц одновременно с заработной платой за вторую половину месяца на основании приказа руководителя организации, которым определен размер компенсации. Для того чтобы учесть компенсацию за использование мобильных телефонов, необходимо признать, что такие расходы экономически обоснованы и документально подтверждены в соответствии с подп. 49 п. 1 ст. 264 НК РФ. В качестве подтверждающих документов необходимо использовать следующие: приказ руководителя организации об утверждении перечня работников, которые для осуществления служебных обязанностей используют личные телефоны; письменные соглашения работников об использовании в работе личных телефонов; детализированные счета операторов мобильной связи; должностные инструкции, содержащие перечень обязанностей, при исполнении которых разрешается использовать мобильную связь; заявления работников о возмещении расходов на оплату служебных переговоров с использованием личных телефонов.

Однако следует отметить, что данный перечень подтверждающих документов не определен законодательно, а лишь рекомендован в письмах Минфина РФ от 19.01.09 № 03–03–07/2, от 27.07.06 № 03–03–04/15, УФНС РФ по г. Москве от 09.02.05 № 20–12/8153.

1.3. Как известно, НК РФ не содержит ограничений по размеру оплаты проезда к месту командировки и обратно (подп. 12 п. 1 ст. 264 НК РФ). Поэтому соответствующие расходы учитываются при расчете налога на прибыль при их документальном подтверждении. Для целей налогообложения прибыли организация имеет право полностью признавать такие расходы, как стоимость проезда в вагонах повышенной комфортности, имеющих платное сервисное обслуживание – набор питания, предметы первой необходимости в соответствии с письмом Минфина РФ от 24.07.08 № 03–03/2/93. Основополагающим условием признания таких расходов для целей оптимизации налога на прибыль является наличие соответствующих документов: электронный билет на самолет, посадочный талон, документ, подтверждающий оплату, авиабилет на иностранном языке, электронный билет на поезд и другие.

1.5. Для перерабатывающих организаций в целях оптимизации налогообложения прибыли применение амортизационной премии является более выгодным, чем начисление амортизации. В данном случае организация-налогоплательщик получает право единовременно признать в расходах до 30% первоначальной стоимости нового актива (п. 9 ст. 258 НК РФ). По объектам первой-второй, а также восьмой–десятой амортизационных групп размер амортизационной премии не превышает 10%. Применение амортизационной премии необходимо предусмотреть в учетной политике организации.

Следует отметить, что амортизационная премия подлежит восстановлению при продаже актива взаимозависимому лицу. Однако и в этом случае организация получит определенную экономию, поскольку восстановленная сумма увеличит остаточную стоимость объекта и, как следствие, уменьшит сумму дохода от продажи (подп. 1 п. 1 ст. 268 НК РФ).

Кроме того, положительным аспектом является возможность выборочного применения амортизационной премии (не ко всем объектам основных средств) (письмо Минфина от 21.04.2015 № 03–03–06/1/22577). Условия выбора таких объектов следует закрепить в учетной политике.

1.6. С 1 января 2019 года организации-налогоплательщики, в том числе перерабатывающих производств, вправе уменьшить сумму налога на прибыль на инвестиционный вычет: до 90% расходов на покупку и модернизацию основных средств за счет региональной части налога; 10% – за счет федеральной части налога на прибыль.

Инвестиционный вычет – это право, а не обязанность организаций-налогоплательщиков уменьшить именно сумму налога на прибыль (авансовый платеж), а не налогооблагаемую базу. Инвестиционный вычет может быть применен исключительно в отношении сумм налога на прибыль, исчисленных по ставке 20% (п. 1 ст. 284 НК РФ). Решение об использовании налогового инвестиционного вычета должно быть закреплено в учетной политике для целей налогообложения.

Необходимо отметить, что инвестиционный вычет могут применять только организации-налогоплательщики тех регионов, на территории которых принят закон о его введении (подп. 1 п. 6 ст. 286.1 НК РФ). Кроме того, инвестиционный налоговый вычет может использоваться только в отношении объектов основных средств, которые относятся к третьей–седьмой амортизационным группам (п. 4 ст. 286.1 НК РФ), то есть со сроком полезного использования от 3 до 20 лет включительно.

Использование инвестиционного налогового вычета не может носить выборочный характер, то есть в отношении отдельных объектов основных средств, его следует применять ко всем основным средствам, входящим в третью-седьмую амортизационные группы (п. 8 ст. 286.1 НК). Кроме того, по основным средствам, к которым применяется инвестиционный вычет, не производится начисление амортизации и использование амортизационной премии (п. 7 ст. 286.1 НК).

1.7. Данные налогового учета должны подтверждаться первичными учетными документами, в том числе это может быть справка бухгалтера в соответствии со ст. 313 НК РФ. При этом первичные учетные документы должны содержать набор обязательных реквизитов: наименование документа; дата его составления; наименование организации, составившей документ; содержание факта хозяйственной жизни; величина натурального и (или) денежного измерения факта хозяйственной жизни (с указанием единиц измерения); наименование должности лица, совершившего сделку и ответственного за ее оформление; подписи ответственных лиц. Таким образом, бухгалтерская справка фактически отождествляется с первичным учетным документом лишь в налоговом учете и может применяться в том числе для оптимизации расчетов нормируемых расходов, ведения раздельного учета по НДС, восстановления суммы НДС в соответствии с гл. 21 НК РФ, пояснений к отдельным строкам налоговой отчетности, расчета налоговых резервов. При этом следует отметить, что налоговым законодательством не ограничен перечень документов, подлежащих оформлению при осуществлении организацией-налогоплательщиком тех или иных расходов и не определен перечень специальных требований к их оформлению.

2.1. При расчетах с контрагентами организации используют, как правило, различные виды договоров (контрактов). Целесообразно предусмотреть в договорах, заключаемых организацией, ответственность за невыполнение, неполное выполнение или несвоевременное выполнение обязательств контрагентами. При этом необходимо в учете сумму неустойки, если она признана, отражать обособленно от суммы основного долга, что не противоречит ст. 329 ГК РФ и соответствует постановлению ВАС от 05.02.2008 № 11144/07.

2.2. Оформление предоплаты можно осуществлять в виде задатка, а не аванса. Поскольку НДС с задатка не исчисляется, то возникает определенная экономия в результате начисления данного налога в соответствии с постановлением Девятого арбитражного апелляционного суда от 27.03.2007 № А41-К2–17194/06. Однако такая оптимизационная возможность появляется только в том случае, если задаток оформлен до начала исполнения контракта.

2.3. При покупке горюче-смазочных материалов (ГСМ) можно осуществить вычет НДС. При этом существующая в организациях практика приобретения ГСМ через подотчетных лиц свидетельствует, что такая покупка зачастую не подтверждается счетами-фактурами. Поэтому целесообразно использовать топливные карты, что позволит признать факт приобретения ГСМ как сделку между юридическими лицами и в конце месяца получить от топливной компании пакет необходимых документов для подтверждения права на вычет НДС и оптимизировать соответствующие расчеты.

2.6. Подача уточненной налоговой декларации по НДС позволяет отсрочить уплату этого налога. Получив в конце месяца (например, декабря) большую выручку от продаж, которую нужно учитывать при расчете НДС, подлежащего уплате в бюджет, организация может представить в налоговый орган декларацию

за четвертый квартал, не учитывая в ней сумму, поступившую в конце этого месяца, но которая будет впоследствии перечислена в бюджет. За следующий налоговый период (первый квартал), когда у организации появляется большая сумма возмещения по НДС, она должна будет составить и представить декларацию в обычном порядке. После этого организация перечислит в бюджет НДС за предыдущий период с учетом налогового вычета по последней декларации. При этом составляется уточненная декларация (за четвертый квартал) с достоверными данными и переправляется в налоговый орган. Хотя организация должна будет заплатить пени за несвоевременную уплату налога (1/300 ставки рефинансирования Банка России за один день просрочки), но получит некоторый налоговый кредит с минимальными процентами. Однако уплатить пени и сумму НДС необходимо до подачи уточненной декларации, так как в противном случае к организации будут применены в соответствии с п. 4 с. 81 НК РФ штрафные санкции и оптимизация исчерпает актуальность.

2.7. Организация вправе заявить вычет по счету-фактуре, который поставщик выставил до перехода права собственности на товар в соответствии с письмом МФ РФ от 30.12.2017 № 03–07–11 (68585). Для этого необходимо в качестве одного из условий обозначить в договоре (контракте) момент перехода права собственности на товар к организации при приемке товара на ее складе. При этом поставщик должен выписать счет-фактуру раньше, но в течение пяти дней после отгрузки в соответствии с п. 3 ст. 168 НК РФ. Датой отгрузки считается дата накладной, выданной организации-покупателю, только в этом случае можно оптимизировать расчеты по НДС.

3.2. Работникам организации можно осуществить доплаты на питание или предоставлять им льготное питание. Если такие расходы будут обезличены, то есть нельзя будет установить, чем воспользовался конкретный работник, то можно безопасно снизить величину НДФЛ. В качестве обезличенных доходов можно назвать: приобретение питьевой воды, расходы на охрану труда, расходы на проведение корпоративных праздников, предоставление обедов. В письме от 15.04.2008 № 03–04–06–01/86 МФ РФ указано, что НДФЛ облагаются лишь те доходы, которые возможно каким-либо образом оценить, что подтверждается ст. 41 НК РФ. Пропорциональное разделение расходов на проведение мероприятия в соответствии с количеством работников законодательство не предусматривает, поэтому дохода, который надо облагать НДФЛ, не возникает. Доход сотрудника в виде стоимости предоставленного бесплатного питания может облагаться НДФЛ, только если он индивидуально определен, то есть персонифицирован в соответствии с письмом МФ РФ от 21.03.2016 № 03–04–05/15542. Также в постановлении Седьмого апелляционного арбитражного суда от 19.08.2015 № 07АП-1175/15 подчеркнуто, что если доход в натуральной форме, полученный работниками в виде питания, не персонифицирован, то объект налогообложения по НДФЛ отсутствует. Примером наличия такого дохода может являться питание работников по типу «шведского стола». Таким образом, можно организовывать работникам питание в виде «шведского стола», чтобы отсутствовала возможность персонифицировать доход и оптимизировать расчеты по НДФЛ.

3.3. Направлять работников в однодневные командировки можно с точки зрения оптимизации расчетов по НДФЛ. В данном случае возникают расходы на проезд, возмещение питания, провоз багажа, услуги перевозчика и т. д. В постановлении президиума Высшего арбитражного суда от 11.09.2012 № 4357/12 сказано, что ст. 168 ТК РФ установлено: в случае направления в служебную командировку работодатель обязан возмещать работнику расходы по проезду; расходы по найму жилого помещения; дополнительные расходы, связанные с проживанием вне места постоянного жительства (суточные); иные расходы, осуществленные работником с разрешения или ведома работодателя; порядок и размеры возмещения расходов, связанных со служебными командировками, определяются коллективным договором или локальным нормативным актом. Иначе говоря, суточные выплачиваются работникам при направлении их в командировку для исполнения трудовых функций вне места постоянной работы на срок не менее суток и предназначены для компенсации расходов, связанных с проживанием вне места постоянного жительства.

При направлении работников в однодневную командировку, откуда они могут ежедневно возвращаться к месту постоянного жительства, суточные не выплачиваются, но в силу ст. 167 м и 168 ТК РФ работнику возмещаются иные расходы, связанные со служебной командировкой и осуществляемые с разрешения или ведома работодателя. Согласно абзацу 10 п. 3 ст. 217 НК РФ при оплате работодателем налогоплательщику расходов на командировки в доход, подлежащий обложению НДФЛ, не включаются

суточные, выплачиваемые в соответствии с законодательством РФ, но не более 700 р. за каждый день нахождения в командировке на территории РФ. Применительно к положениям указанной нормы размер выплачиваемого работодателем при однодневных командировках возмещения, не включаемого в подлежащий налогообложению доход, также ограничен суммой 700 р. Таким образом, выплаченные суммы не являются суточными в силу определения, содержащегося в трудовом законодательстве, однако исходя из их направленности и экономического содержания могут быть признаны возмещением иных расходов, связанных со служебной командировкой, произведенных с разрешения или ведома работодателя, в связи с чем не являются доходом (экономической выгодой) работника.

В соответствии с письмом Департамента налоговой и таможенно-тарифной политики МФ РФ от 01.03.2013 № 03–04–07/6189 если денежные средства, выплачиваемые работнику при направлении в однодневную командировку, не являются суточными, а относятся в соответствии со ст. 168 ТК РФ к иным расходам, связанным с командировкой, осуществленным работником с разрешения или ведома работодателя, они могут быть учтены в составе доходов, освобождаемых от налогообложения, в полном объеме при наличии документального подтверждения понесенных расходов. В качестве таких расходов можно осуществлять возмещение расходов на питание. Однако соответствующая компенсация расходов на питание должна быть определена в трудовом, локальном или коллективном договоре, в противном случае возникают риски споров.

3.5. К доходам, полученным гражданином в натуральной форме, в соответствии с положениями подп. 1–2 ст. 211 НК РФ отнесена оплата за него организациями товаров (работ, услуг) или имущественных прав, в том числе коммунальных услуг, питания и отдыха, либо получение таких благ в отсутствие встречного предоставления (безвозмездно) или на условиях частичной оплаты. Организация может заключить трудовой договор с иногородним работником, по условиям которого должна оплачивать его проживание в специально арендуемой для него квартире. Как указано президиумом ВС РФ в «Обзоре практики рассмотрения судами дел, связанных с применением главы 23 Налогового кодекса Российской Федерации» (утв. президиумом ВС РФ от 21.10.2015), в качестве обязательного признака получения физическим лицом дохода в натуральной форме положениями подп. 1–2 п. 2 ст. 211 НК РФ называется удовлетворение при этом интересов самого гражданина. При решении вопроса о возникновении дохода на основании данной нормы НК РФ необходимо учитывать направленность расходов по оплате за работника соответствующих товаров (работ, услуг) или имущественных прав на удовлетворение его личных потребностей либо на достижение целей, преследуемых плательщиком, например, работодателем, для обеспечения необходимых условий труда, повышения эффективности выполнения трудовой функции.

Расходы на аренду жилья для работника осуществляются организацией, прежде всего, в своих интересах, что свидетельствует об отсутствии преобладающего интереса физического лица и об отсутствии личного дохода, подлежащего налогообложению на основании подп. 1–2 п. 2 ст. 211 НК РФ. Поэтому таким способом можно оптимизировать расчеты по НДФЛ.

3.6. Президиум ВС в «Обзоре практики рассмотрения судами дел, связанных с применением главы 23 НК РФ» (утв. президиумом ВС РФ от 21.10.2015) указал, что не облагаются налогом выплаты компенсационного характера, которые предусмотрены нормами, регулирующими трудовые отношения, осуществляемые из расчета предполагаемых или фактически произведенных работником работ, связанных с выполнением трудовых обязанностей.

На основании п. 3 ст. 217 НК РФ не подлежат налогообложению такие виды доходов физических лиц, которые установлены действующим законодательством РФ, законодательными актами субъектов РФ, решениями представительных органов местного самоуправления, как компенсационные выплаты, связанные с исполнением налогоплательщиком трудовых обязанностей. Поскольку глава 23 НК РФ не содержит определения компенсационных выплат, связанных с выполнением трудовых обязанностей, поэтому в силу п. 1 ст. 11 НК РФ этот термин используется в смысле, который придает ему трудовое законодательство.

В ТК РФ выделяется два вида компенсационных выплат:

- компенсациями являются денежные выплаты, установленные в целях возмещения работникам затрат, связанных с исполнением ими трудовых или иных предусмотренных федеральным законом обязанностей (ст. 164 ТК РФ);
- компенсации являются элементами оплаты труда и не призваны возместить физическим лицам конкретные затраты, связанные с непосредственным выполнением трудовых обязанностей (ст. 129 ТК РФ).

Определяющее значение для целей налогообложения, таким образом, имеет характер выплаты, позволяющий отнести ее к числу компенсаций, предусмотренных ст. 164 ТК РФ, но не ее наименование (надбавка, увеличение оклада, льгота).

В силу ст. 168.1 ТК РФ работникам, постоянная работа которых осуществляется в пути или имеет разъездной характер, работодатель возмещает связанные со служебными поездками расходы. Доплаты за разъездной характер работы учитываются в организации по нормативам, установленным в «Положении об оплате труда» в зависимости от количества дней, проведенных работником в разъездах, в том числе на городском транспорте и такси, в течение месяца. Такие выплаты по своему характеру являются компенсационными и не подлежат обложению НДФЛ на основании п. 3 ст. 217 НК РФ, однако целесообразно не именовать их надбавками к окладу и классифицировать в «Положении об оплате труда» в качестве составной части системы оплаты труда, а применять термин «возмещение расходов», что позволит безопасно оптимизировать расчеты по НДФЛ.

4.1. Использование льгот по налогу на имущество организаций представляется одним из наиболее сложных и редко применяемых способов оптимизации данного налога. Связано это с тем, что абсолютное большинство льгот обусловлено либо наличием у организации определенных видов имущества, либо осуществлением определенных видов экономической деятельности и использованием имущества для ведения этих видов деятельности.

Еще одним вариантом оптимизации налоговой базы по налогу на имущество может стать сдача имущества организации в долгосрочную аренду, поскольку имущество, переданное в долгосрочную аренду, учитывается на балансе арендатора, и тот уплачивает налог на это имущество. Поскольку налог на имущество является региональным налогом, органы государственной власти субъектов РФ имеют право вводить дополнительные льготы помимо установленных федеральным законом. Их положения также можно учитывать при налоговой оптимизации.

4.4. Изменение (уменьшение) стоимости основных средств путем переоценки является известным способом оптимизации налога на имущество, поскольку возможность самостоятельно принимать решение о проведении переоценки стоимости основных средств организациям была предоставлена после введения в действие положения по бухгалтерскому учету «Учет основных средств» ПБУ 6/01, согласно которому организация может не чаще одного раза в год (на конец года) переоценивать группы однородных объектов основных средств.

Заключение

Функционирование и развитие перерабатывающих организаций в волатильной среде требует новых подходов к выбору методов и инструментов налоговой оптимизации.

В ходе изучения положений нормативных правовых актов действующего российского законодательства установлено существование законодательно допустимых направлений оптимизации налоговых обязательств, которые можно полезно использовать в перерабатывающих организациях для снижения уровня их налоговой нагрузки. С этой целью разработана и рекомендована соответствующая программа процедур оптимизации системы налогообложения названных организаций. Программа включает ряд мероприятий по четырем основным видам налогов: налог на прибыль организаций, налог на добавленную стоимость, налог на доходы физических лиц и налог на имущество организаций. Использование изложенных рекомендаций будет способствовать обеспечению должной налоговой состоятельности не только перерабатывающих организаций, но субъектов других видов экономической деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1 Ануфриева Е.М. Проблемы мониторинга налоговых льгот для оценки эффективности их использования // Известия высших учебных заведений. Поволжский район. 2014. № 1. С. 35–44.

2 Аристархова М.К., Зуева М.С., Перевезенцева А.Ю. Характеристика налоговой устойчивости // Вестник ЮУрГУ. 2016. Т. 10. № 2. С. 30–37.

3 Варакса Н.Г., Маслова И.А. Формирование и использование инструментов налогового механизма в рамках стратегии устойчивого развития // Управленческий учет. 2016. № 5. С. 40–49.

4 Власова М.С., Погостинская Н.Н., Васильев С.А. Налоговый риск и устойчивость // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Экономика. Социология. Менеджмент. 2015. № 4. С. 55–65.

5 Зарипова Н.Д. Налоговая нагрузка и ее воздействие на хозяйственную активность организаций // Экономика, статистика и информатика. 2014. № 1. С. 54–58.

6 Кирина Л.С., Назарова Н.А. Методические аспекты формирования и функционирования налогового менеджмента в организации // Финансовый менеджмент. 2016. № 2. С. 119–132.

7 Назаренко Б.А. К проблеме определения юридических критериев налоговой оптимизации // Налоги. 2015. № 1. С. 22–27.

8 Оробинская И.В. Методические рекомендации по оптимизации налогообложения горизонтально-интегрированных объединений АПК // Налоги и налогообложение. 2013. № 10 (112). С. 730–741.

9 Павлова А.Е. Особенности принятия управленческих решений в системе налогообложения промышленного предприятия // Управленческий учет. 2015. № 10. С. 79–85.

10 Попова Л.В., Конкина Т.А. Формирование информационно-аналитического обеспечения аудита налогообложения // Управленческий учет. 2016. № 7. С. 93–100.

11 Салькова О.С. Налоговая нагрузка и резервы налоговой оптимизации // Финансы. 2015. № 10. С. 37–41.

12 Сунцева П.В. Законные способы оптимизации налогообложения // Вестник Пермского университета. Юридические науки. 2011. № 4. С. 36–44.

13 Шадрина М.А. Правовые границы налогового планирования и должная осмотрительность // Бухучет в сельском хозяйстве. 2016. № 2. С. 27–39.

14 Melnichuk N. Budget planning in financial management // Baltic Journal of Economic Studies. 2015. № 2.

15 Bojinov B.V. Financing activities of modern universities – approaches, challenges, problems // Juvenis scientia. 2017. № 2.

REFERENCES

1 Anufrieva E.M. Problems of monitoring tax benefits to assess the effectiveness of their use. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy rayon* [Proceedings of higher education institutions. Volga region].2014. no. 1.pp. 35–44. (in Russian).

2 Aristarkhova M.K., Zueva M.S., Perevezentseva A.Yu. Characterization of the tax stability. *Vestnik YUUrGU* [Vestnik of SUSU]. 2016. vol. 10. no. 2. pp. 30–37. (in Russian).

3 Varaksa N.G., Maslova I.A., the Formation and use of the tax mechanism in the framework of the strategy of sustainable development. *Upravlencheskiy uchet* [Management accounting]. 2016. no. 5. pp. 40–49. (in Russian).

4 Vlasova M.S., Pogodinskaya N.N., Vassiliev S.A. Tax risk and resilience. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Ekonomika. Sotsiologiya. Menedzhment* [News of South-West State University. Economy series. Sociology. Management]. 2015. no. 4.pp. 55–65. (in Russian).

5 Zaripova N.D. Tax burden and its impact on economic activity of organizations. *Ekonomika, statistika i informatika* [Economy, statistics and informatics]. 2014. no. 1. pp. 54–58. (in Russian).

6 Kirina L.S., Nazarova N.A. Methodological aspects of the formation and functioning of tax management in the organization. *Finansovyy menedzhment* [Financial management]. 2016. no. 2. pp. 119–132. (in Russian).

7 Nazarenko B.A. To the problem of determining the legal criteria for tax optimization. *Nalogi* [Taxes]. 2015. no. 1. pp. 22–27. (in Russian).

8 Orobinskaya I.V. Guidelines for optimizing the taxation of horizontally integrated associations of the agroindustrial complex. *Nalogi i nalogooblozheniye* [Taxes and taxation]. 2013. no. 10 (112). pp. 730–741. (in Russian).

9 Pavlova A.E. Features of management decisions in the system of taxation of an industrial enterprise. *Upravlencheskiy uchet* [Management accounting]. 2015. no. 10. pp. 79–85. (in Russian).

10 Popova L.V., Konkina T.A. The Formation of information and analytical support of taxation audit. *Upravlencheskiy uchet* [Management accounting]. 2016. no. 7. pp. 93–100. (in Russian).

11 Salkova O.S. Tax burden and tax optimization reserves. *Finansy* [Finance]. 2015. no. 10. pp. 37–41. (in Russian).

12 Sunceva P.V. Legal ways of tax optimization. *Vestnik Permskogo universiteta. Yuridicheskiye nauki* [Bulletin of Perm University. Jurisprudence]. 2011. no. 4. pp. 36–44. (in Russian).

13 Shadrina M.A. Legal boundaries of tax planning and due diligence. *Bukhuchet v sel'skom khozyaystve* [Accounting in agriculture]. 2016. no. 2.pp. 27–39. (in Russian).

14 Melnichuk N. Budget planning in financial management. Baltic Journal of Economic Studies. 2015. no. 2.

15 Bojinov B.V. Financing activities of modern universities – approaches, challenges, problems. Juvenis scientia. 2017. no. 2.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Александр И. Хорев д.э.н., профессор, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, al.khorev@gmail.com

Галина В. Беляева д.э.н., профессор, кафедра теории экономики и учетной политики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kafbuhuchet@yandex.ru

Анна Н. Полозова д.э.н., профессор, консультант по экономическому развитию, ООО «ЭкоНиваТехника-Холдинг», Фридриха Энгельса, 33А, г. Воронеж, 394004, Россия, annapollo@yandex.ru

Роман В. Нуждин к.э.н., доцент, кафедра теории экономики и учетной политики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, rv.voronezh@gmail.com

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 14.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 05.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Aleksandr I. Khorev Dr. Sci. (Econ.), professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, al.khorev@gmail.com

Galina V. Belyeva Dr. Sci. (Econ.), professor, theory of economics and accounting policy department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kafbuhuchet@yandex.ru

Anna N. Polozova Dr. Sci. (Econ.), professor, consultant for economic development, “EkoNiva-Technika LLC-holding”, Friedrich Engels street, 33A, Voronezh, 394004, Russia, annapollo@yandex.ru

Roman V. Nuzhdin Cand. Sci. (Econ.), associate professor, theory of economics and accounting policy department, Voronezh state University of engineering technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, rv.voronezh@gmail.com

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.14.2019

ACCEPTED 2.5.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 339.142.055

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-366-372

Сравнительный анализ предпосылок и приоритетов импортозамещения на различных этапах развития экономики России

Алла В. Литвинова [1] litvinova_av @mail.ru
Наталья С. Талалаева [1] talalaeva@vgi.volsu.ru
Мария В. Парфенова [1] pvv_65@mail.ru

[1] Волжский филиал Волгоградского государственного университета, ул. 40 Лет Победы, 11, Волжский,404133, Россия

Аннотация. Импортозамещение это неотъемлемая часть стратегии повышения конкурентоспособности национального агропродовольственного комплекса. Оно должно стать стимулом, который даст ускорение экономике и будет способствовать формированию самовоспроизводящегося механизма экономического роста. В ходе исследования был проведен анализ развития импортозамещения в период введения экономических санкций западными странами и США. Исследование показало, что необходимость импортозамещения назревала давно, однако санкции послужили толчком к его ускорению. Введение президентом РФ специальных экономических мер не противоречило существующему законодательству и было направлено на ограничение ввоза многих видов продукции из-за рубежа для развития отечественного производства. Также была проанализирована товарная структура отечественного экспорта и импорта: в экспорте на протяжении многих лет преобладает реализация углеводородов, однако за последние два года наблюдается снижение их доли в общей структуре экспорта. Больше всего страна импортирует машины, оборудование, транспортные средства, продовольственные и сельскохозяйственные товары, продукцию химической промышленности. По большинству показателей наблюдается отрицательная динамика, за счет чего отечественный импорт снизился за период действия санкций более чем на 100 млрд. долларов США. Несмотря на экономические санкции, Евросоюз остается основным торговым партнером России. На протяжении последних 25 лет Россия была пассивным участником международной торговли и, несмотря на высокий потенциал в развитии сельского хозяйства, воспринималась мировым сообществом как страна, ориентированная на экспорт сырья и углеводородов на внешний рынок, нежели на развитие собственного производства, в том числе и аграрного.

Ключевые слова: импортозамещение, стратегия экономической безопасности, эффективность развития, стимулирование предприятия, импорт, экспорт

Comparative analysis of the prerequisites and priorities of import substitution at various stages of development of the Russian economy

Alla V. Litvinova [1] litvinova_av @mail.ru
Natalya S. Talalaeva [1] talalaeva@vgi.volsu.ru
Mariya V. Parfenova [1] pvv_65@mail.ru

[1] Volzhsky branch of the Volgograd State University, st. 40 Years of Victory, 11, Volzhsky, 404133, Russia

Abstract. Import substitution is an integral part of the strategy to improve the competitiveness of the national agri-food complex. It should be a stimulus that will accelerate the economy and will contribute to the formation of a self-replicating mechanism of economic growth. The study analyzed the development of import substitution during the introduction of economic sanctions by Western countries and the United States. The study showed that the need for import substitution was brewing for a long time, however, the sanctions served as the impetus for its acceleration. The introduction by the President of the Russian Federation of special economic measures did not contradict the existing legislation and was aimed at restricting the importation of many types of products from abroad for the development of domestic production. The commodity structure of domestic exports and imports was also analyzed: the export of hydrocarbons has been prevailing for many years, but over the past two years their share in the total export structure has decreased. Most of the country imports machinery, equipment, vehicles, food and agricultural products, chemical products. For most indicators, there is a negative trend, due to which domestic imports decreased over the period of the sanctions by more than 100 billion US dollars. Despite economic sanctions, the European Union remains the main trading partner of Russia. Over the past 25 years, Russia has been a passive participant in international trade and, despite its high potential in the development of agriculture, was perceived by the world community as a country focused on the export of raw materials and hydrocarbons to a foreign market, rather than on the development of its own production, including agricultural production.

Keywords: import substitution, economic security strategy, development efficiency, enterprise promotion, import, export

Введение

Развитие новых экономических отношений в условиях кризиса мировой экономики связано с формированием новых угроз и рисков для экономической безопасности страны.

Во времена существования СССР процесс импортозамещения не был столь актуален, как на современном этапе развития отечественной экономики. Экономика СССР представляла собой вторую экономику мира по объему ВВП.

Для цитирования

Литвинова А.В., Талалаева Н.С., Парфенова М.В. Сравнительный анализ предпосылок и приоритетов импортозамещения на различных этапах развития экономики России // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 366–372. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-366-372

For citation

Litvinova A.V, Talalaeva N.S, Parfenova M.V. Comparative analysis of the prerequisites and priorities of import substitution at various stages of development of the Russian economy. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 366–372. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-366-372

Страна входила в число 5 стран мира, способных самостоятельно производить все виды промышленной продукции. СССР занимал ведущие позиции в производстве нефти, стали, чугуна, железной руды, минеральных удобрений, добыче природного газа, угля и золота, а также в производстве шерстяных тканей, кожаной обуви, по улову рыбы, поголовью свиней, овец и др.

После развала Советского Союза и открытия «железного занавеса» в страну хлынул поток иностранной продукции. Для регулирования товарооборота был введен ряд законодательных таможенных актов, пошлин, однако в связи с высокой конкуренцией многие отечественные производители ушли с рынка.

22 августа 2012 года, после почти 20 лет переговоров, Россия вступила в Всемирную торговую организацию. Россия является участником Договора о Зоне свободной торговли СНГ, Таможенного союза ЕАЭС, Евразийского экономического союза.

Обсуждение

По данным ВТО, в 2013 году Россия занимала 10-е место в рейтинге экспортеров, доля страны в глобальном экспорте составила 2,8%, а в сфере импорта Россия расположилась на 16-й позиции с удельным весом 1,8%.

После введения экономических санкций Россия опустилась на 15-е место по общему объему экспорта (2,1% в глобальном экспорте) и на 23-е место по объему импорта (1,2%).

В целом в период за 2010–2015 год среднегодовой рост экспорта составил 5,6%, несмотря на значительное снижение в 2015 году (на 31,6% по отношению к 2014 году). В то же время наблюдается сокращение импорта в среднем на 4,8% в год (на 37% в 2015 году) [3].

Россия имеет активное сальдо торгового баланса, т. е. в структуре внешнеторгового оборота преобладание экспорта над импортом. Активное сальдо свидетельствует о благоприятном экономическом положении страны, однако если изучить товарную структуру экспорта, в России существенный отрыв достигается за счет реализации минеральных ресурсов (более 70% в общей структуре экспорта на 2014 год [3]). Поэтому отношение к положительному торговому сальдо весьма неоднозначное, т. к. сырьевая направленность приводит к зависимости национальной экономики от внешней конъюктуры и мировых цен на ресурсы. Ярким примером можно считать обвал российского рубля в конце 2014 года, связанный со стремительным снижением цен на нефть, от экспорта которой во многом зависит доходная часть бюджета РФ.

Как уже было сказано ранее, российская экономика зависит от импорта иностранных товаров. В таблице 1 приведена товарная структура импорта в период за 2000–2017 годы.

Таблица 1.

Товарная структура импорта России за 2000–2017 годы [4]

Table 1.

Commodity structure of imports of Russia for 2000–2017

	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
	Миллиардов долларов США					
Импорт, всего | Imports, total	33,9	98,7	229	286	182,4	180,6
в том числе: | among them:						
продовольственные товары и с/х сырье (кроме текстильного) food and agricultural raw materials (except textile)	7,4	17,4	36,4	39,7	26,5	24,3
минеральные продукты | mineral product	2,1	3,0	5,2	7,2	4,9	3,1
продукция химической промышленности chemical industry products	6,1	16,3	37,0	46,4	33,9	33,6
кожевенное сырье, пушнина и изделия из них leather raw materials, furs and products from them	0,1	0,3	1,2	1,3	0,8	0,8
древесина и целлюлозно-бумажные изделия wood and pulp and paper products	1,3	3,3	5,9	5,9	3,6	3,3
текстиль, текстильные изделия и обувь textiles, textiles and footwear	2,0	3,6	14,1	16,3	10,8	10,8
металлы, драгоценные камни и изделия из них metals, precious stones and articles thereof	2,8	7,7	16,8	20,3	12,3	11,6
машины, оборудование и транспортные средства machinery, equipment and vehicles	10,7	43,4	102	136	81,8	86
прочие | other	1,4	3,7		12,6	7,6	6,9

Из таблицы 1 видно, что в период за 2000–2015 годы общий объем импорта постоянно возрастал, базисный темп прироста в 2014 году составил 743,7% (252 млрд долл.). Начиная с 2015 года наблюдается резкое снижение импорта на 36% в 2016 году и на 37% – в 2017 году (по отношению к 2014 году).

Наибольший удельный вес в импорте товаров на 2017 году занимают машины, оборудование и транспортные средства (47,6%), продукция химической промышленности (18,6%), продовольственные товары и сельскохозяйственное сырье (13,5%). Меньше всего Россия импортирует древесину и целлюлозно-бумажные изделия (1,8%), минеральные продукты (1,7%), кожевенное сырье, пушнину и изделия из них (0,4%).

Что касается основных торговых партнеров России, в 2013 году в пятерку лидеров входили:

- Китай (7,9% от объема экспорта и 19,2% от общего импорта);
- Германия (8,2% и 13,7%);
- Нидерланды (15,5% и 2,1%);
- Италия (8,7% и 5,3%);
- Япония (4,3% и 4,9%) [5].

Несмотря на введение экономических санкций со стороны стран ЕС, его доля в общем товарообороте России составляет 43,3% (по данным на первое полугодие 2016 года) или $124,9 млрд, с другой стороны, наблюдается снижение доли на 8% по отношению к 2015 году. Среди основных партнеров по-прежнему лидирует Китай (14,1% товарооборота РФ), далее следуют Германия (8,7%), Нидерланды (6,9%), Белоруссия (5%) и США (4,3%).

За год США поднялись с 7-го на 5-е место. Причиной тому является сокращение товарооборота России с третьими странами.

По данным Минэкономразвития, введение продовольственного эмбарго существенно повлияло на рост цен на продукты в конце 2014 – начале 2015 годов в результате образовавшихся дисбалансов и снижения конкуренции. За 2 года цены на продовольственные товары выросли на 31,6%, в 1,2 раза опередив инфляцию. Сильнее всего за анализируемый период подорожала рыбная продукция (на 40%), овощи и фрукты (на 30%), молочные продукты (на 20%), мясные продукты (на 10%). Несмотря на то что эмбарго снизило объем предложения на внутреннем рынке, многие компании смогли расширить свое производство и адаптироваться.

Еще одним негативным последствием продовольственного эмбарго стало использование отечественными производителями дешевого сырья. Например, импорт пальмового масла и сухого молока вырос на 26% в 2015 году, при том что собственное производство молока практически не изменилось [7].

Следует отметить, что в России наблюдается увеличение производства продукции сельского хозяйства и легкой промышленности [8].

В 2015 году в рамках государственной программы по развитию АПК из федерального бюджета было выделено 266 млрд р. [1]. Существенно выросло производство мяса птицы (на 18%) и свинины (на 10%), производство сыра и сырных продуктов (на 14%). Во многих городах России работают ярмарки, на которых можно приобрести свежие овощи и фрукты, мясо, мед, молочную продукцию.

В течение года с момента подписания указа президента «Об отдельных специальных экономических мерах, применяемых в целях обеспечения безопасности РФ» Россельхознадзор уничтожил более 7500 т санкционной продукции, в том числе 7282 тонны растительной и 229 – животной [19].

По данным Россельхознадзора, больше всего овощей и фруктов, попавших в санкционный список, было утилизировано в Брянской и Смоленской (свыше 2,7 тыс. т), в Тверской и Псковской (около 1,9 тыс. т), в Ростовской, Волгоградской областях и в республике Калмыкия (более 600 т). Продукция животного происхождения чаще всего уничтожалась в Санкт-Петербурге и Ленинградской области [10].

Что касается Краснодарского края, за 2016 год было уничтожено более 100 т санкционных товаров, среди которых овощи, фрукты и ягоды из Турции, Польши, Испании и Нидерландов. За первый квартал 2017 года утилизировано более 13 т запрещенной продукции.

Неслучайно вопросы импортозамещения нашли отражение в последних документах по вопросам национальной безопасности. Так, в новой редакции «Стратегии национальной безопасности» [6] отмечается необходимость осуществления «рационального импортозамещения, снижения критической зависимости от зарубежных технологий и промышленной продукции». Однако такая формулировка, при ясности генерального ориентира экономической политики, все же ставит больше вопросов, чем дает ответов. Так, неясно, какое именно импортозамещение является «рациональным»; кто и по каким критериям должен это определять. Неясно и то, какая именно зависимость от зарубежных технологий и промышленной продукции является «критической» и как это можно на практике определить, в том числе

по отношению к отдельным видам технологий и продукции. В принятой в мае 2017 года «Стратегии экономической безопасности» Российской Федерации на период до 2030 года [7] указывается на такую задачу по обеспечению экономической безопасности, как преодоление критической зависимости от импортных поставок научного, экспериментального, испытательного и производственного оборудования, приборов и микроэлектронных компонентов, программных и аппаратных средств вычислительной техники. К числу важнейших индикаторов экономической безопасности документ относит долю машин, оборудования и транспортных средств в общем объеме импорта; долю импорта в объеме товарных ресурсов продовольственных товаров. Однако и здесь сохраняются определенные неясности. Так, без достаточной конкретизации используется тезис о «критической зависимости»; перечень индикаторов экономической безопасности, в том числе по параметрам импортной зависимости российской экономики, приводится в Стратегии без каких бы то ни было количественных значений. Это ограничивает включение круга вопросов импортозамещения в политику национальной безопасности [2].

Несмотря на то, что Россия не может полностью обеспечить себя необходимыми продуктами, после введения эмбарго она смогла достичь и даже превысить пороговые значения, установленные доктриной продовольственной безопасности РФ, по таким продуктам, как зерно, сахар, картофель, растительное масло. Говорить же о положительном эффекте продовольственного эмбарго можно будет через несколько лет, когда отечественные компании смогут нарастить свои производственные мощности.

Без всяких сомнений, политика импортозамещения в условиях ограниченных сроков и недостаточного финансирования испытывает значительные трудности.

По мнению многих экспертов, к основным факторам, препятствующим реализации импортозамещения и повышению конкурентоспособности национальной экономики, можно отнести следующие.

1. Отсутствие масштабной целевой государственной поддержки. Она осуществляется за счет выделения субсидий предприятиям, софинансирования исследований, предоставления грантов, налоговых льгот, бюджетных гарантий и преференций при государственных закупках. Все это способствует направлению финансовых потоков в расширение деятельности предприятий и повышение конкурентоспособности продукции.

2. Сырьевая направленность отечественной экономики. Как уже было отмечено ранее, в экспорте России на протяжении многих лет преобладали минеральные ресурсы. Это влечет за собой ряд негативных последствий. Во-первых, снижение сырьевой обеспеченности отраслей промышленности, что значительно ограничивает эффективность их функционирования. Во-вторых, добыча и экспорт сырьевых ресурсов могут привести к застою или падению производства в других отраслях. В-третьих, большая зависимость экономики России от мировых цен на нефть и др.

3. Слабая промышленная база. Преобладание отраслей, занятых в добыче и обработке минеральных ресурсов, высокий удельный вес отраслей ВПК привели к стагнации других отраслей промышленности. Предприятия не производят конкурентоспособную продукцию, которую приходится импортировать.

4. Изношенность имеющихся основных фондов и невозможность их воспроизвести. Многие заводы в стране находятся в плачевном состоянии, оборудование и станки сохранились еще с советских времен. Поскольку в структуре отечественного машиностроения преобладает военная техника, обновить станочный парк можно, импортируя оборудование из-за рубежа.

5. Высокая учетная ставка ЦБ РФ. Развитие производства замедляет высокая ключевая ставка Центрального банка РФ, которая на данный момент составляет 7,75%. В сочетании со значительным износом основных фондов она не позволяет в полной мере осуществлять политику импортозамещения.

6. Неразвитость инфраструктуры. Низкое качество автомобильных и железных дорог может существенно повысить цены на товары отечественных производителей, что значительно снизит конкурентоспособность товаров по сравнению с иностранными аналогами [11].

7. Слабое стимулирование предприятиями научной и инновационной деятельности. В России инновационная составляющая является частью программной установки развития отечественной экономики. По данным статистики, доля инновационных товаров, работ и услуг постепенно снижается. Данный факт свидетельствует о технологическом отставании экономики России, и, как следствие, снижении конкурентоспособности отечественной продукции.

8. Нехватка высококвалифицированных научных, инженерных и рабочих кадров. Современная система образования воспитала множество неквалифицированных кадров, не приспособленных ни к интеллектуальному, ни к физическому труду. Многие квалифицированные специалисты

уезжают за рубеж. Нехватка же рабочего класса обусловлена тем, что среднее специальное образование не является престижным.

9. Замена одного импортного товара на другой. Как показывает практика, импорт необходимых товаров заменяется другим импортом. Например, из-за конфликта России с Турцией, связанного со сбитым российским военным самолетом, обе стороны потеряли пути экспорта и импорта товаров и услуг. Однако Египет проявил инициативу, заменив турецкие товары своими.

Безусловно, существуют и другие аспекты, препятствующие реализации импортозамещения в России.

Подводя итог, следует отметить, что для решения данных проблем Правительству необходимо принимать радикальные меры для стабилизации экономической ситуации в стране, от которой напрямую зависит эффективность развития импортозамещения.

Изучив различные аспекты импортозамещения, можно сделать вывод, что вышеперечисленные проблемы не позволяют получить эффективные результаты от реализации стратегии на данном этапе развития страны. Для ускорения процесса необходимо предпринять комплекс мероприятий, охватывающий все факторы, препятствующие развитию импортозамещения. Приоритетным направлением является формирование новых механизмов государственной поддержки отечественных производителей, что активно практикуется с момента введения западных санкций. В 2015 году Правительством было разработано 20 отраслевых программ импортозамещения в сфере промышленности, в рамках которых планировалось реализовать более 2500 проектов. Необходимым условием для реализации проекта являлось размещение производства на территории РФ. Также нельзя не отметить ограничение государственных закупок иностранных товаров в пользу отечественных производителей. С 2014 года функционирует Фонд развития промышленности, основной задачей которого является финансирование проектов на предпроизводственной стадии.

Одной из основных проблем, тормозящих развитие экономики, является сырьевая направленность экспорта. Однако можно наблюдать снижение доли экспорта топливно-энергетических товаров (на 7,4% в 2015 году по отношению к 2014 году и на 4,5% – в 2016 году), что говорит об активизации избавления экономики России от сырьевой зависимости. По мнению экспертов, предпосылкой снижения экспорта минеральных ресурсов стало снижение мировых цен на нефть и природный газ.

При одновременном снижении доли экспорта сырья наблюдается незначительное увеличение доли экспорта металла, машин, оборудования, продовольственных товаров, что является положительной тенденцией и говорит о налаживании производства в данных отраслях. Тем не менее, на сегодняшний день Россия не в состоянии обеспечить себя всеми необходимыми видами продукции вследствие отсутствия сильной промышленной базы и изношенности основных производственных фондов. Поэтому особое внимание следует уделить развитию производства средств труда, а также оригинальной отечественной продукции.

Еще одним направлением является снижение ключевой ставки Центрального банка, которое означает увеличение объемов кредитования. Предприятия смогут брать кредиты по более низким ставкам, что приведет к наращиванию производства и росту экономики в целом.

Проблема неразвитости производственной инфраструктуры особо актуальна для России. Для ее устранения необходима государственная программа развития производственной инфраструктуры, в первую очередь, на региональном уровне. Дополнительное финансирование в рамках программы позволит устранить диспропорцию в развитии основного производства и производственной инфраструктуры, что, в свою очередь, положительно скажется на развитии конкурентоспособности продукции [1].

Существует достаточно возможностей для стимулирования предприятий инновационной и научной деятельности. К прямым методам можно отнести бюджетное финансирование (субсидии, гранты), когда предприятию предоставляются средства из бюджета на безвозвратной основе на покрытие расходов, связанных с инновационной деятельность, либо предоставляются юридическим и физическим лицам на конкурсной основе за разработку инновационных проектов, и внебюджетное финансирование (банковские кредиты, специальные и благотворительные фонды). Также выделяют косвенные методы, такие, как налоговые и таможенные льготы. Комплексная реализация данных мероприятий будет способствовать укреплению положения России по инновационной деятельности на мировом рынке.

В настоящее время для России очень актуальна проблема кадрового дефицита. На ситуацию на рынке труда оказали негативное влияние демографический кризис, ситуация на рынке образования, а также экономическая ситуация в стране. Необходимо отладить систему прогнозирования реальной потребности различных отраслей в кадрах и согласовать ее

с учебными заведениями. Внимание следует уделить модернизации системы образования, начиная со школы. Требуется повысить престиж инженерных специальностей для обеспечения предприятий высококвалифицированными специалистами, а также повысить популярность рабочих специальностей.

Комплексное решение вышеперечисленных мероприятий будет способствовать эффективной реализации процесса импортозамещения и, как следствие, развитию отечественного производства, инновационной деятельности, а также росту экономического благосостояния страны.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта «Комплексная оценка результативности импортозамещения и его влияния на экономический рост в России» (проект № 19-010-00519 А)

ЛИТЕРАТУРА

1 Государственная программа Российской Федерации «Развитие сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы».

2 Калина А.В., Эриашвили Н.Д., Криворотов В.В. Экономическая безопасность государства и регионов: учеб. пособие. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012.

3 Отечественное не берем: как идет импортозамещение в России. РБК . URL: http://www.rbc.ru/opinions/economics/09/06/2015/557195f39a7947931cc95b68

4 Официальный сайт импортозамещения в России. URL: http://zimport.ru

5 Политика импортозамещения в России: от слов к делу. Информационно – правовой портал Гарант.ру. URL: http://www.garant.ru/article/630000/

6 Об утверждении Правил предоставления из федерального бюджета субсидий участникам промышленных кластеров на возмещение части затрат при реализации совместных проектов по производству промышленной продукции кластера в целях импортозамещения (Постановление Правительства РФ № 41 от 28.01.2016 (ред. от 25.05.2016).

7 Об отдельных специальных экономических мерах, применяемых в целях обеспечения безопасности Российской Федерации (Указ Президента РФ № 391 от 29.07.2015).

8 Фальцман В.К. Форсирование импортозамещения в новой геополитической обстановке // Проблемы прогнозирования. 2015. № 1. С. 22–32.

9 Федеральная служба государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/

10 Фрумкин Б. Агропромышленный комплекс России в условиях «войны санкций» // Вопросы экономики. 2015. № 12. С. 147–153.

11 Экспорт-импорт важнейших товаров за январь-декабрь 2016 года. Федеральная таможенная служба. URL: http://www.customs.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=24772:-2016-&catid=53:2011–01–24–16–29–43

12 Груздев Г.В., Генералов И.Г. Исторические особенности российской внешней торговли на мировом зерновом рынке // Вестник НГИЭИ. 2017. № 8 (75). С. 118-126.

REFERENCES

1 Gosudarstvennaya programma Rossiyskoy Federatsii “Razvitiye sel'skogo khozyaystva i regulirovaniya rynkov sel'skokhozyaystvennoy produktsii, syr'ya i prodovol'stviya na 2013–2020 gody” [State program of the Russian Federation “Development of agriculture and regulation of the markets of agricultural products, raw materials and food for 2013-2020”]. (in Russian).

2 Kalina A.V., Eriashvili N.D., Krivorotov V.V. Ekonomicheskaya bezopasnost' gosudarstva i regionov [Economic security of the state and regions]. Moscow, YUNITI-DANA, 2012. (in Russian).

3 Otechestvennoye ne berem: kak idet importozameshcheniye v Rossii. RBK [We don’t take the Patriotic: how is the import substitution in Russia. RBC]. Available at: http://www.rbc.ru/opinions/economics/09/06/2015/557195f39a7947931cc95b68 (in Russian).

4 Ofitsial'nyy sayt importozameshcheniya v Rossii [Official site of import substitution in Russia]. Available at: http://zimport.ru (in Russian).

5 Politika importozameshcheniya v Rossii: ot slov k delu. Informatsionno – pravovoy portal Garant.ru [The policy of import substitution in Russia: from words to deeds. Information and legal portal Garant.ru]. Available at: http://www.garant.ru/article/630000/ (in Russian).

6 Ob utverzhdenii Pravil predostavleniya iz federal'nogo byudzheta subsidiy uchastnikam promyshlennykh klasterov na vozmeshcheniye chasti zatrat pri realizatsii sovmestnykh proyektov po proizvodstvu promyshlennoy produktsii klastera v tselyakh importozameshcheniya [On approval of the Rules for the provision of subsidies to participants of industrial clusters from the federal budget for reimbursement of costs in the implementation of joint projects for the production of industrial products of the cluster for the purposes of import substitution (Decree of the Government of the Russian Federation No. 41 of January 28, 2016 (ed. 05.25.2016)]. (in Russian).

7 Ob otdel'nykh spetsial'nykh ekonomicheskikh merakh, primenyayemykh v tselyakh obespecheniya bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii [On certain special economic measures applied in order to ensure the security of the Russian Federation (Decree of the President of the Russian Federation No. 391 of July 29, 2015)]. (in Russian).

8 Faltsman V.K. Forcing of import-space in the new geopolitical situation. *Problemy prognozirovaniya* [Problems of forecasting]. 2015. no. 1. pp. 22–32. (in Russian).

9 Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [Federal State Statistics Service]. Available at: http://www.gks.ru/ (in Russian).

10 Frumkin B. Agro-industrial complex of Russia in the conditions of the “war of sanctions”. *Voprosy ekonomiki* [Questions of economy]. 2015. no. 12. pp. 147–153. (in Russian).

11 Eksport-import vazhneyshikh tovarov za yanvar'-dekabr' 2016 goda. Federal'naya tamozhennaya sluzhba [Export-import of the most important goods for January-December 2016. Federal Customs Service]. Available at: http://www.customs.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=24772:-2016-&catid=53:2011–01–24–16–29–43 (in Russian).

12 Gruzdev G.V., Generalov I.G. Historical features of Russian foreign trade on the world grain market. *Vestnik NGIEI* [Herald NGIEI]. 2017. no. 8 (75). pp. 118–126. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Алла В. Литвинова д.э.н., профессор, кафедра экономики и управления, Волжский филиал Волгоградского государственного университета, ул. 40 Лет Победы, 11, Волжский, 404133, Россия , litvinova_av @mail.ru

Наталья С. Талалаева к.э.н., доцент, кафедра экономики и управления, Волжский филиал Волгоградского государственного университета, ул. 40 Лет Победы, 11, Волжский, 404133, Россия), talalaeva@vgi.volsu.ru

Мария В. Парфенова к.э.н., доцент, кафедра экономики и управления, Волжский филиал Волгоградского государственного университета, ул. 40 Лет Победы, 11, Волжский, 404133, Россия, pvv_65@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 17.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 07.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Alla V. Litvinova Dr. Sci. (Econ.), professor, economics and management department, Volzhsky branch of the Volgograd State, 40 Years of Victory st., 11, Volzhsky, 404133, Russia, litvinova_av @mail.ru

Natalya S. Talalaeva Cand. Sci (Econ.), associate professor, economics and management department, Volzhsky branch of the Volgograd State University, 40 Years of Victory st., 11, Volzhsky, 404133, Russia, talalaeva@vgi.volsu.ru

Mariya V. Parfenova Cand. Sci (Econ.), associate professor, economics and management department, Volzhsky branch of the Volgograd State University, 40 Years of Victory st., 11, Volzhsky, 404133, Russia, pvv_65@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.17.2019

ACCEPTED 2.7.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 360

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-373-379

Технологическая модернизация сельскохозяйственного производства: состояние, формы, методы и направления поддержки инноваций

Андрей С. Чекунов [1] chekunovandrey61@mail.ru

[1] Ростовский областной союз потребительских обществ, пр. Буденновский, 19а/55, Ростов-на-Дону, 344002, Россия

Аннотация. Статья посвящена модернизации отечественного сельскохозяйственного производства, ее поддержке со стороны государства, внедрению сельскохозяйственными производителями инноваций в производственный процесс. В статье систематизированы взгляды ученых-экономистов о формах (направлениях) и методах поддержки инноваций в сельском хозяйстве. Модернизация сельскохозяйственного производства является одной из первостепенных задач повышения конкурентоспособности отрасли. Совершенствование производства в сельском хозяйстве, которое невозможно без применения инноваций, становится ключевым фактором в достижении успеха в конкурентной борьбе на зарубежных рынках сельскохозяйственной продукции. Статистика свидетельствует о том, что технико-технологическая модернизация в отрасли осуществляется крайне слабо. Следует отметить, что уровень внедрения инноваций в отечественном АПК – около 10%, в то время как в США – более 50%. Падение объемов производства сельскохозяйственной техники ставит под угрозу технико-технологическую модернизацию отрасли, поскольку у сельхозтоваропроизводителя, имеющего ограниченные финансовые возможности, при продолжении данной негативной тенденции в скором времени будет вовсе отсутствовать возможность альтернативного выбора при приобретении так необходимой ему новой техники. Незначительное финансирование инноваций в сельском хозяйстве со стороны государства привело к тому, что только 2% аграрных предприятий внедряют инновационные технологии в свою деятельность. Государству необходимо поддерживать отечественных производителей сельско-хозяйственной техники, т.к. их отсутствие создает реальную угрозу продовольственной безопасности национального государства.

Ключевые слова: технологическая модернизация, сельское хозяйство, инновации

Technological modernization of agricultural production: condition, forms, methods and directions of innovations support

Andrey S. Chekunov [1] chekunovandrey61@mail.ru

[1] Rostov Regional Union of Consumer Societies, Budennovsky Av., 19a/55, Rostov-on-don, 344002, Russia

Abstract. The article is devoted to the modernization of domestic agricultural production, its support from the state, the introduction by agricultural producers of innovations in the production process. The article systematizes the views of economists on the forms (directions) and methods of supporting innovation in agriculture. Modernization of agricultural production is one of the primary tasks of increasing the competitiveness of the industry. Improvement of production in agriculture, which is impossible without the use of innovation, is becoming a key factor in achieving success in competition in foreign markets for agricultural products. Statistics show that the technical and technological modernization in the industry is extremely weak. It should be noted that the level of innovation in domestic agriculture is about 10%, while in the US it is more than 50%. The decline in the production of agricultural machinery threatens the technical and technological modernization of the industry, since agricultural producers with limited financial capabilities, with the continuation of this negative trend in the near future, there will be no possibility of an alternative choice when acquiring the much-needed equipment. The insignificant financing of innovations in agriculture by the state led to the fact that only 2% of agricultural enterprises introduce innovative technologies into their activities. The state needs to support domestic producers of agricultural equipment, since their absence poses a real threat to the food security of the national state.

Keywords: technological modernization, agriculture, innovation

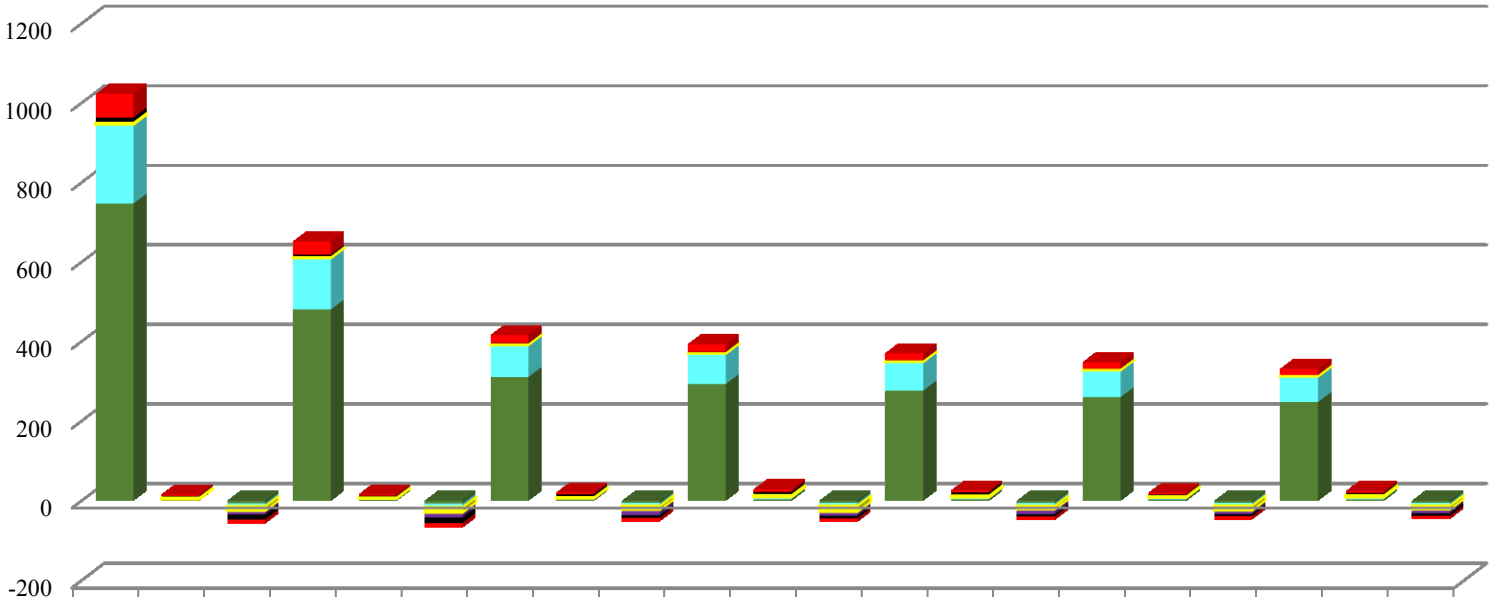
Модернизация сельскохозяйственного производства является одной из первостепенных задач повышения конкурентоспособности отрасли. Совершенствование производства в сельском хозяйстве, которое невозможно без применения инноваций, становится ключевым фактором в достижении успеха в конкурентной борьбе на зарубежных рынках сельскохозяйственной продукции. Статистика свидетельствует о том, что технико-технологическая модернизация в отрасли осуществляется крайне слабо (рисунок 1, 2). Представленные на рисунке 1 данные указывают, что парк сельскохозяйственной техники неуклонно сокращается. При этом приобретение новой техники не покрывает выбытие отработавшей свой ресурс техники. Такая динамика характерна не только для тракторов и комбайнов, но и для других видов сельскохозяйственной техники. Например, свеклоуборочных машин в 2014 г. было приобретено 4,1%, в то время как выбыло 9,4%; жаток валковых 5,4% против 7,9% выбывших; доильных установок и агрегатов 3,8%, число списанных за этот же период – 5,6% [1].

Для цитирования

Чекунов А.С. Технологическая модернизация сельскохозяйственного производства: состояние, формы, методы и направления поддержки инноваций // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 373–379. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-373-379

For citation

Chekunov A.S. Technological modernization of agricultural production: condition, forms, methods and directions of innovations support. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 373–379. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-373-379



	Кол-во, тыс.шт.	Приобретение новой техники,%	Списание техники, %	Кол-во, тыс.шт.	Приобретение новой техники,%	Списание техники, %	Кол-во, тыс.шт.	Приобретение новой техники,%	Списание техники, %	Кол-во, тыс.шт.	Приобретение новой техники,%	Списание техники, %	Кол-во, тыс.шт.	Приобретение новой техники,%	Списание техники, %	Кол-во, тыс.шт.	Приобретение новой техники,%	Списание техники, %	Кол-во, тыс.шт.	Приобретение новой техники,%	Списание техники, %
	2000			2005			2010			2011			2012			2013			2014		
Кормоуборочные комбайны	59,6	3,3	-9,5	33,4	3,3	-10,9	20	4,1	-8,1	18,9	6,4	-8,3	17,6	4,7	-8,3	16,1	4	-7,8	15,2	4,5	-7,4
Картофелеуборочные комбайны	10	1,5	-12,6	4,5	3,5	-14	2,9	4,8	-7	2,8	7	-7	2,7	5,1	-5,8	2,6	3	-5,2	2,4	4,5	-6,5
Льноуборочные комбайны	3,2	2,8	-9,5	1,8	0,9	-12,2	0,7	2,4	-13,5	0,7	1,1	-9,8	0,6	2,7	-12	0,5	1,5	-9,2	0,4	1,2	-9,7
Кукурузоуборочные комбайны	4,4	3,4	-12	2,2	2,7	-14,1	1,1	2,9	-10,3	0,9	5,1	-15,6	0,8	4,7	-9,1	0,7	3,2	-12,3	0,7	5,3	-9,9
Зерноуборочные комбайны	198,7	2,1	-6,8	129,2	3,4	-8,6	80,7	3,5	-6,9	76,6	5,3	-6,8	72,3	4,9	-7	67,9	4,7	-6,6	64,6	5,2	-6,5
Тракторы	746,7	1,9	-6,2	480,3	1,8	-6,7	310,3	2,3	-5,1	292,6	3,4	-5,1	276,2	3,3	-5,3	259,7	3	-5,1	247,3	3,1	-5,1

Рисунок 1. Динамика обновления некоторых видов сельскохозяйственной техники в РФ 2000–2014 гг. [1]

Figure 1. Dynamics of updating of some types of agricultural machinery in Russia in 2000-2014 [1]

Данные Росстата по приобретению сельхозтехники приведены на конец отчетного года, а по списанию техники на его начало, т. е. реальный разрыв между выбывшей и приобретенной техникой еще выше, чем приводится в статистическом сборнике. В 2015–2017 гг. тенденция сокращения парка соответствующей техники продолжилась: в 2017 г. свеклоуборочных машин было 2,2 тыс. шт. (2014 г. – 2,4 тыс. шт., 2015–2016 гг. – 2,2 тыс. шт.), жаток валковых 19,1 тыс. шт. (2014 г. – 21,2 тыс. шт., 2015 г. – 19,7 тыс. шт., 2016 г. – 19 тыс. шт.), доильных установок и агрегатов 22,9 тыс. шт. (2014 г. – 26,3 тыс. шт., 2015 г. – 25,1 тыс. шт., 2016 г. – 24,1 тыс. шт.) [2]. Кроме того, техническое перевооружение отрасли затруднительно без развития отечественного сельхозмашиностроения. Однако отечественное производство сельскохозяйственной техники имеет тенденцию к снижению, причем по отдельным направлениям его спад весьма значителен. Например, по сравнению с 2011 г. производство машин для межрядной и рядной обработки почвы снизилось на 61,35%, машин для внесения минеральных удобрений и извести – на 71,56%, культиваторов для сплошной обработки почвы – на 50,69%, тракторов – на 49,24% (рисунок 2). В 2017 г. по сравнению с предыдущим годом производство тракторов отечественных моделей снизилось на 8,7%, кормоуборочных комбайнов – на 21,6%, картофелеуборочных комбайнов – на 65,5%, культиваторов тракторных – на 28,6%, граблей – на 43,1% [3]. Такое падение объемов производства сельскохозяйственной техники ставит под угрозу технико-технологическую модернизацию отрасли, поскольку у сельхозтоваропроизводителя, имеющего ограниченные финансовые возможности, при продолжении данной негативной тенденции в скором времени будет вовсе отсутствовать возможность альтернативного выбора при приобретении так необходимой ему новой техники.

Он будет вынужден переплачивать значительные средства за зарубежную сельхозтехнику, что приведет к дополнительным издержкам и, как следствие, к снижению конкурентоспособности его продукции, а в дальнейшем к его разорению. Например, в 2013 г. тракторы отечественных марок составляли лишь 13% в общей структуре российского рынка тракторов, в 2017 г. – менее 10% [3,4]. Поэтому государству необходимо поддерживать отечественных производителей сельскохозяйственной техники, т. к. их отсутствие создает реальную угрозу продовольственной безопасности национального государства. Данный вывод полностью разделяет член.-корр. РАН Н.К. Долгушкин, который обращает внимание на очевидную угрозу национальной безопасности зависимости национального агропромышленного комплекса от поставок зарубежной техники, указывая, что удельный вес зарубежных тракторов в общем объеме приобретенных отечественными сельхозтоваропроизводителями в 2014 г. составлял 65,1%, зерноуборочных комбайнов примерно 23%, а по некоторым субъектам РФ данное соотношение было 70 и 40% [5]. В 2017 г. соотношение импортной и отечественной соответствующей техники в целом по РФ увеличилось. Доля зарубежных тракторов на российском рынке сельскохозяйственной техники оказалась более 70%, а зерноуборочных комбайнов превысила 30% [3]. Объем государственного финансирования, направляемого на поддержку инновационной деятельности в сельском хозяйстве РФ, составляет согласно «Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы» 23,7 млрд р., что соответствует 1,6% от общего финансирования мероприятий программы. Непосредственно на инновационные проекты в отрасли направляется 5,5 млрд р. или 0,4% общих средств программы. Незначительное финансирование инноваций в сельском хозяйстве со стороны государства привело к тому, что только 2% аграрных предприятий внедряют инновационные технологии в свою деятельность [6]. Следует отметить, что уровень внедрения инноваций в отечественном АПК – около 10%, в то время как в США – более 50% [5].

В то же время внедрение высокотехнологичной техники и инноваций в сельскохозяйственном производстве оптимизирует труд персонала, а следовательно, снижает трудозатраты предприятия. Так, по мнению некоторых исследователей, внедрение современной техники в растениеводстве и инновационных технологий в животноводстве способствует существенному снижению численности работников и их высвобождению на 30–50% за счет сокращения трудоемкости производства продукции, что приводит к сокращению трудозатрат на 47,1-87,0% [7]. Сельскохозяйственные производители имеют различный потенциал к внедрению [8] новых технологий в своей деятельности. Крупные агрохолдинги

имеют высокий потенциал для внедрения большинства современных технологий, за исключением «органического» сельского хозяйства (низкий потенциал) и безотходного (циркулярного) сельского хозяйства (средний потенциал). Средние сельскохозяйственные предприятия имеют высокий потенциал внедрения таких технологий, как беспахотное земледелие, беспривязное содержание скота, индивидуальная подготовка тукосмесей, интегрированный контроль за вредителями, биотопливо; в отношении органического сельского хозяйства, точного сельского хозяйства, автоматизации и компьютеризации, а также безотходного (циркулярного) сельского хозяйства – средний потенциал; по технологиям крупномасштабное «конвейерное» животноводство и урбанизированное сельское хозяйство – низкий потенциал. КФХ востребованы следующие технологии: «органическое» сельское хозяйство, беспривязное содержание скота, безотходное (циркулярное) сельское хозяйство (высокий потенциал), а также капельное орошение и интегрированный контроль за вредителями (средний потенциал). ЛПХ в силу значительной ограниченности финансовых ресурсов заинтересованы, прежде всего, в применении таких технологий, как безотходное (циркулярное) сельское хозяйство (высокий потенциал) и «органическое» сельское хозяйство, беспривязное содержание скота, интегрированный контроль за вредителями (средний потенциал). В экономической литературе существуют различные взгляды относительно форм (направлений) и методов поддержки инноваций в сельском хозяйстве (таблица 1).

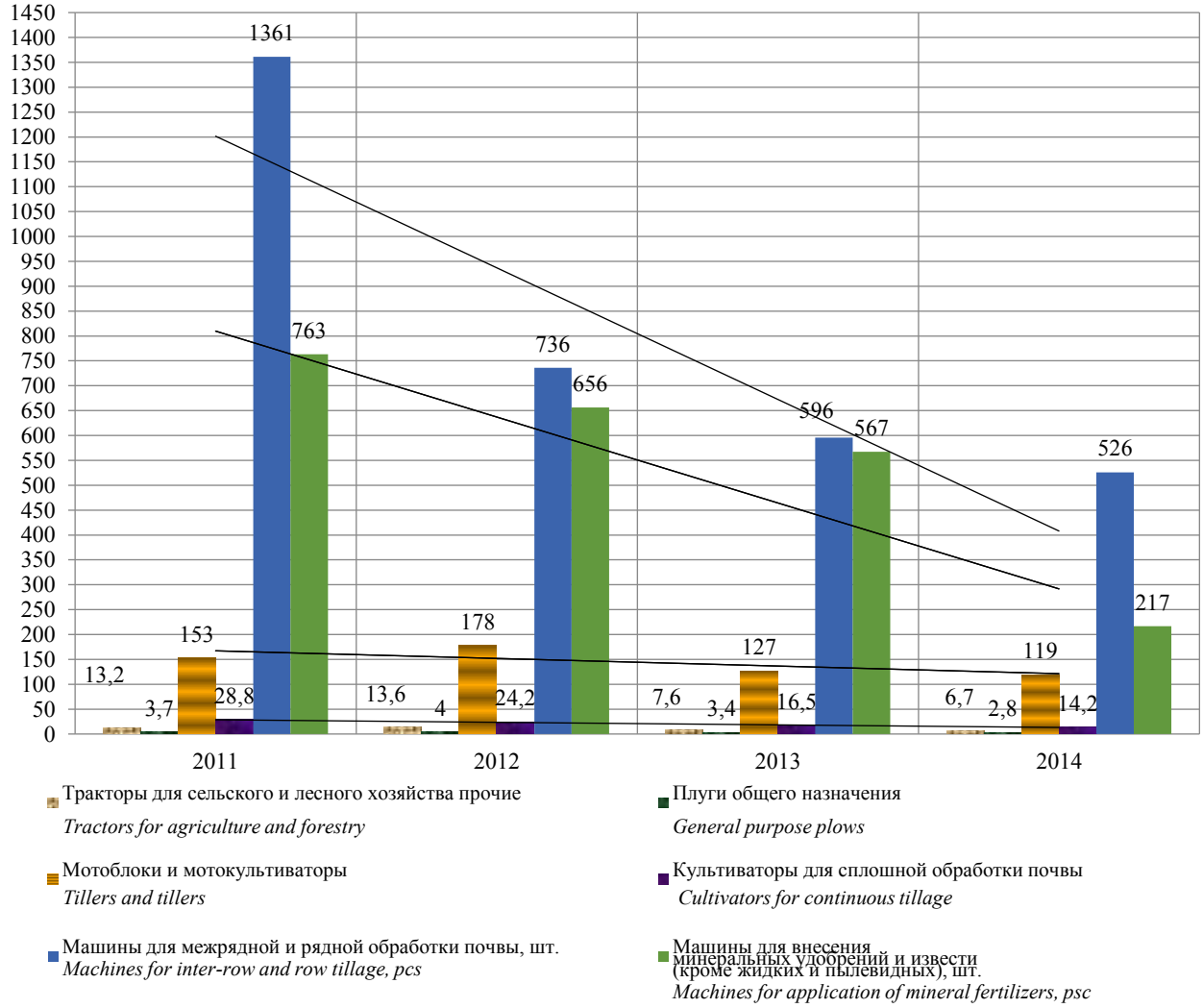


Рисунок 2. Динамика производства отдельных видов сельскохозяйственной техники в РФ 2011–2014 гг., тыс. шт. [1]

Figure 2. Dynamics of production of certain types of agricultural machinery in the Russian Federation 2011-2014, thousand pieces [1]

Таблица 1.

Систематизация взглядов о формах (направлениях) и методах поддержки инноваций в сельском хозяйстве

Table 1.

Systematization of views on forms (directions) and methods of innovation support in agriculture

Подход | Approach	Методы поддержки | Support methods	Формы (направления) поддержки | Shape (direction) of the support	Ref
Интеграционно-затратный | Integration-cost	Организационный. Затратный | Organizational. Cost	Финансирование. Создание специального рынка инноваций | Funding for the Creation of a special market innovation	[9]
Критериальный | Criterial	Оценочный. Системный | Evaluation. System	Финансирование и субсидирование. Совершенствование законодательства. Налоговое стимулирование. Государственное страхование займов. Разработка многоаспектной системы показателей применения нововведения | Funding and subsidizing. the Improvement of legislation. Tax incentives. Government loan insurance. the Development of a multifaceted system of indicators of innovation	[10]
Комплексный | Complex	Организационный. Финансовый. Институциональный | Organizational. Financial. Institutional	Финансирование. Система страхования рисков. Информационно-консультационная поддержка. Поддержка МСП. Государственно-частное партнерство. Прямые иностранные инвестиции | Financing risk insurance system. Information and consulting support SME. Support Public-private partnership foreign. Direct investment	[11]
Программно-целевой | Program-target	Институциональный. Региональный | Institutional. Regional	Региональные целевые программы | Regional target programme	[12]
Индикативный | Indicative	Косвенные | Indirect	Субсидирование кредитов, содержания поголовья, сортообновления | Subsidizing loans, livestock, variety renewal	[13]
Управленческий | Managerial	Организационный. Инфраструктурный. Институциональный | Institutional. Infrastructure	Разработка нормативно-правовых актов. Формирование организационно-экономического механизма. Конкурсный отбор инновационных проектов | Development of legal acts. Formation of organizational and economic mechanism. Competitive selection of innovative projects	[14]
Трансферный | Transfer	Организационный. Финансовый. Инфраструктурный | Organizational. Financial. Infrastructure	Финансирование. Создание агротехнопарков. Подготовка специализированных кадров | Funding for the Creation of agrotechnoparks. Training of specialized personnel	[15]
Социальный | Social	Организационный. Финансовый. Инфраструктурный | Organizational. Financial. Infrastructure	Строительство жилья. Создание интегрированных формирований. Развитие агротуризма | The building housing. the Creation of integrated units. the Development of agro-tourism	[16]
Кластерный | Clustered	Структурный. Системный. Оценочный. Инфраструктурный. Институциональный | Structural. System. Assessment. Infrastructure. Institutional	Поддержка фундаментальной практико-ориентированной науки, инновационной промышленности, развивающего образования. Введение в структуру инновационного кластера региона инфраструктуры денежного капитала | Support of fundamental practice-oriented science, innovative industry, developing education. Introduction of monetary capital infrastructure into the structure of the innovation cluster of the region	[17]
Регулятивный | Regulatory	Административные. Экономические | Administrative. Economic	Налоговое стимулирование. Государственное сопровождение и продвижение приоритетных инвестиционных проектов. Содействие в развитии инфраструктуры бизнеса. Предоставление госгарантий. Предоставление специальных вознаграждений, грантов и субсидий. Обеспечение поручительства для получения кредитных средств. Оказание консультационной и методологической помощи | Tax incentives. State support and promotion of priority investment projects. Assistance in the development of business infrastructure. Provision of state guarantees. Provision of special rewards, grants And subsidies provision of guarantees for obtaining credit provision of consulting and methodological assistance	[18]

Для связи с редакцией: post@vestnik-vsuet.ru

Это обусловлено, прежде всего, применением разнонаправленных подходов к исследованию соответствующей проблемы. Вместе с тем в рамках соответствующих подходов имеются совпадения форм и методов поддержки инноваций, что свидетельствует о возможности разработки программы поддержки инноваций отрасли, учитывающей весь спектр мнений относительно направлений их развития. Кроме того, указанные в таблице формы и методы органично встраиваются в классификацию форм и методов государственной поддержки, предусматривающую деление методов на прямые и косвенные, которые, в свою очередь, детерминируют соответствующие формы (дотирование, инновационная деятельность, инфраструктурная деятельность и т. д.). Применение тех или иных форм поддержки, перечисленных в таблице 1, может быть отнесено как к мерам желтой, так и мерам зеленой корзин ВТО в зависимости от способа ее доведения до адресата и норм и правил данной организации, регулирующих соответствующий аспект поддержки.

ЛИТЕРАТУРА

1 Сельское хозяйство, охота и охотничье хозяйство, лесоводство в России. 2015: Стат.сб./ Росстат. М., 2015. 201 с.

2 Россия в цифрах. 2017: Крат.стат.сб. / Росстат. М., 2017. 511 с.

3 Национальный аграрный каталог «Сельхозтехника». Аналитика – итоги 2017 года. URL: http://www.selhoz-katalog.ru/pdf/kat_selhoz_17–2018.pdf

4 Полухин А.А. Проблемы технико-технологической модернизации сельского хозяйства России в условиях членства в ВТО и в Евразийском экономическом союзе // Вестник ОрелГАУ. 2014. № 5(50). С. 12–18.

5 Долгушин Н.К. Технологическая модернизация – основа эффективности АПК, устойчивого развития сельских территорий // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 3. С. 3–6.

6 Родионова И.А. Адаптация мер государственной поддержки сельского хозяйства России к требованиям Всемирной торговой организации // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2013. № 41 (230). С. 8–15.

7 Деревянкин А.В. Стимулирование перехода на прогрессивный технико-технологический уровень в основных отраслях сельского хозяйства Сибири // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2014. № 12.С. 3–7.

8 Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года. М., 2017. 138 с. URL: https://www.hse.ru/data/2017/02/06/ 1167349282 / Прогноз% 20 научно-технической% 20 сферы.pdf.

9 Тупицына Е.В. Инновационные процессы в сельском хозяйстве // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии, 2007. № 1 (4). С. 47–48.

10 Соловьева Т.Н., Пожидаева Н.А. О некоторых проблемах развития инноваций в сельском хозяйстве // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2009. № 2. С. 34–37.

11 Алексеева С.А. Финансовая поддержка инноваций в сельском хозяйстве // Вестник Финансового университета. 2011. № 2. С. 45–48.

12 Герасименкова С.В. Общие направления государственной поддержки инноваций в сельском хозяйстве // Никоновские чтения. 2008. № 13. С. 157–159.

13 Узун В.Я. Государственная политика стимулирования инноваций в сельском хозяйстве // Никоновские чтения. 2008. № 13. С. 133–136.

14 Ганиева И.А., Ижмулкина Е.А., Шамин А.Е. Разработка инструментов для управления инновационной деятельностью в сельском хозяйстве // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 3(101). С. 116–119.

15 Воловиков С.А., Маринченко Т.Е. Трансфер технологий в сельском хозяйстве России // Бизнес в законе. Экономико-юридический журнал. 2012. № 2. С. 313–315.

16 Ходос Д.В. Развитие инновационных и социальных процессов в сельском хозяйстве // Никоновские чтения, 2009. № 14. С. 251–252.

17 Семина Л.А., Санду И.С. Инновационный кластер – основа развития инвестиционно-инновационной деятельности в сельском хозяйстве // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 6(104). С. 137–140.

18 Сергеев Д.В., Сергеева Н.В. Государственная поддержка инновационного развития сельского хозяйства региона // Вестник Чувашского университета. 2010. № 2.С. 447–453.

REFERENCES

1 Sel'skoye khozyaystvo, okhota i okhotnich'ye khozyaystvo, lesovodstvo v Rossii. 2015 [Agriculture, hunting and hunting, forestry in Russia. 2015: statistical collection]. Moscow, 2015. 201 p. (in Russian).

2 Rossiya v tsifrakh. 2017 [Russia in numbers. 2017: a brief statistical compilation]. Moscow, 2017. 511 p. (in Russian).

3 Natsional'nyy agrarnyy katalog “Sel'khoztekhnika”. Analitika – itogi 2017 goda [National agricultural catalog “Agricultural”. Analytics - the results of 2017]. Available at: http://www.selhoz-katalog.ru/pdf/kat_selhoz_17–2018.pdf (in Russian).

4 Polukhin A.A. Problems of technical and technological modernization of agriculture in Russia in terms of membership in the WTO and in the Eurasian Economic Union. *Vestnik OrelGAU* [OrelGAU Bulletin]. 2014. no. 5 (50). pp. 12–18. (in Russian).

5 Dolgushin N.K. Technological modernization - the basis of the efficiency of the agro-industrial complex, sustainable development of rural territories. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii* [Agricultural machines and technologies]. 2016. no. 3. pp. 3–6. (in Russian).

6 Rodionova I.A. Adaptation of measures of state support of agriculture of Russia to the requirements of the World Trade Organization. *Natsional'nyye interesy: prioritety i bezopasnost'* [National interests: priorities and security]. 2013. no. 41 (230). pp. 8–15. (in Russian).

7 Derevyankin A.V. Stimulating the transition to a progressive technical and technological level in the main branches of agriculture in Siberia. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University]. 2014. no. 12. pp. 3–7. (in Russian).

8 Prognoz nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda [Forecast of scientific and technological development of the agro-industrial complex of the Russian Federation for the period up to 2030]. Moscow, 2017. 138 p. Available at: https://www.hse.ru/data/2017/02/06/1167349282 / Прогноз% 20 научно-технической% 20 сферы.pdf. (in Russian).

9 Tupitsyna E.V. Innovative processes in agriculture. *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy]. 2007. no. 1 (4). pp. 47–48. (in Russian).

10 Solovyova T.N., Pozhidaeva N.A. On some problems of innovation in agriculture. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy]. 2009. no. 2. pp. 34–37. (in Russian).

11 Alekseeva S.A. Financial support for innovation in agriculture. *Vestnik Finansovogo universiteta* [Bulletin of the Financial University]. 2011. no. 2. pp. 45–48. (in Russian).

12 Gerasimenkova S.V. General directions of state support for innovation in agriculture. *Nikonovskiye chteniya* [Nikon readings]. 2008. no. 13. pp. 157–159. (in Russian).

13 Uzun V.Ya. State policy of stimulating innovation in agriculture. *Nikonovskiye chteniya* [Nikon readings]. 2008. no. 13. pp. 133–136. (in Russian).

14 Ganieva I.A., Izhmulkina E.A., Shamin A.E. Development of tools for managing innovation activities in agriculture. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Altai State Agrarian University]. 2013. no. 3 (101). pp. 116–119. (in Russian).

15 Volovikov S.A., Marinchenko T.E. Transfer of technologies in agriculture of Russia. *Biznes v zakone. Ekonomiko-yuridicheskiy zhurnal* [Business in law. Economic and legal journal]. 2012. no. 2. pp. 313–315. (in Russian).

16 Hodos D.V. Development of innovative and social processes in agriculture. *Nikonovskiye chteniya* [Nikon readings]. 2009. no. 14. pp. 251–252. (in Russian).

17 Semina L.A., Sandu I.S. Innovation cluster - the basis for the development of investment and innovation activities in agriculture. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Altai State Agrarian University]. 2013. no. 6 (104). pp. 137–140. (in Russian).

18 Sergeev D.V., Sergeeva N.V. State support of innovative development of agriculture in the region. *Vestnik Chuvashskogo universiteta* [Bulletin of the Chuvash University]. 2010. no. 2.pp. 447–453. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Андрей С. Чекунов к.э.н., главный специалист-эксперт по развитию кооперации, Ростовский областной союз потребительских обществ, пр. Буденновский, 19а/55, Ростов-на-Дону, 344002, Россия, chekunovandrey61@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Андрей С. Чекунов полностью подготовил рукопись и несет ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 21.01.2019
ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Andrey S. Chekunov Cand. Sci. (Econ.), chief expert on development of cooperation, Rostov Regional Union of Consumer Societies, Budennovsky Ave., 19a / 55, Rostov-on-don, 344002, Russia, chekunovandrey61@mail.ru

CONTRIBUTION

Andrey S. Chekunov fully prepared the manuscript and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The author declares no conflict of interest.

RECEIVED 1.21.2019
ACCEPTED 2.18.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 339.138:637.52

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-380-390

Маркетинговый потенциал продуктов переработки мясного сырья как инновационных потребительских объектов

Ирина А. Глотова [1] glotova-irina@yandex.ru
Алина О. Рязанцева [1] lyutikova_92@mail.ru
Надежда А. Галочкина [1] galochkina.na@mail.ru
Сергей В. Шахов [2] s_shahov@mail.ru
Вадим В. Прянишников [3] pryanishnikov@moguntia.ru

[1] Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия
[2] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия
[3] ООО Могунция-Интеррус, Березовая аллея, 5А, к. 1-3, оф. 601, Москва, 127273, Россия

Аннотация. Для роста потребительского потенциала рынка продуктов питания необходим активный поиск инновационных путей и средств развития, с учетом разных источников инновационных возможностей. Анализ показывает, что потребители продуктов агропромышленных предприятий, предприятий общественного питания и торговли являются важным, но недостаточно исследованным элементом в системе генерирования образцов, или идей, инновационных потребительских объектов. Цель работы – исследование трендов потребительского спроса, особенности сегментации в типологии потребителя и элементов обратной связи с потребителем, в качестве источников инноваций во внешней среде различных предприятий и организаций по производству продуктов питания на основе переработки мясного сырья. Объектом исследования служил региональный рынок мясных продуктов Центрально-Черноземного региона на примере г. Воронеж и г. Лиски Воронежской области. Предметом исследования были направления совершенствования ассортимента мясных и мясо-растительных товаров, соответствующие инновационному сценарию развития их рынка. Проведен анализ потребительских предпочтений и мотиваций населения Центрально-Черноземного региона (на примере г. Воронеж и г. Лиски Воронежской области) в отношении комбинированных мясо-растительных продуктов и дана оценка их потенциала как инновационных потребительских объектов. В статье реализован анкетно-опросный метод по отношению к психологическому восприятию белковой пищи со стороны потребителей, в том числе среднего и зрелого возраста. В ходе опроса выявлены данные о популярности видов мясных изделий, периодичности их потребления, приоритетных для потребителя свойствах, режимов хранения. Обоснована целесообразность повышения пищевой и биологической ценности и формирования потребительских свойств комбинированных мясных продуктов на основе гедонистических предпочтений групп потребителей. Направления совершенствования ассортимента продуктов переработки мясного сырья будут являться органичным дополнением кластера по производству и переработке специализированных пород мясного крупного рогатого скота, свинины, мяса птицы в Воронежской области и Центрально-Черноземном регионе в целом.

Ключевые слова: человеческий потенциал, потребительский капитал, источники инноваций, потребительские инновации, потребительские предпочтения, анкетно-опросный метод, рынок, колбасные изделия, полуфабрикаты, мясо-растительные продукты, гедонистические предпочтения, инновационный сценарий развития.

Marketing potential of combined meat-plant food products as innovative consumer objects

Irina A. Glotova [1] glotova-irina@yandex.ru
Alina O. Ryazanceva [1] lyutikova_92@mail.ru
Nadezhda A. Galochkina [1] galochkina.na@mail.ru
Sergej V. Shahov [2] s_shahov@mail.ru
Vadim V. Pryanishnikov [3] pryanishnikov@moguntia.ru

[1] Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great., Michurina st., 1, Voronezh, 394087, Russia
[2] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia
[3] Moguntiya-Interrus AG, Bepezovaya alleya, 5A, k. 1-3, of. 601, Moskva, 127273, Russia

Abstract. For the growth of the consumer potential of the food market, an active search for innovative ways and means of development, taking into account various sources of innovative opportunities, is necessary. The analysis shows that consumers of products of agro-industrial enterprises, catering and trade enterprises are an important, but insufficiently studied element in the system of generating samples, or ideas, innovative consumer objects. The purpose of the work is to study consumer trends, features of segmentation in the customer typology and customer feedback elements, as sources of innovation in the external environment of various enterprises and organizations for the production of food based on the processing of meat raw materials. The object of the research was the regional market of meat products of the Central Black Soil Region on the example of the city of Voronezh and the city of Liski, Voronezh Region. The subject of research was the direction of improving the range of meat and meat-plant products, corresponding to the innovative scenario of the development of their market. The analysis of consumer preferences and motivations of the population of the Central Black Earth region (for example, the city of Voronezh and the city of Liski, Voronezh region) in

Для цитирования

Глотова И.А., Рязанцева А.О., Галочкина Н.А., Шахов С.В., Прянишников В.В. Маркетинговый потенциал продуктов переработки мясного сырья как инновационных потребительских объектов // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 380–390. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-380-390

For citation

Glotova I.A., Ryazanceva A.O., Galochkina N.A., Shahov S.V., Pryanishnikov V.V. Marketing potential of combined meat-plant food products as innovative consumer objects. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 380–390. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-380-390

relation to the combined meat and vegetable products was carried out and their potential as innovative consumer objects was evaluated. The article implements a questionnaire survey method in relation to the psychological perception of protein foods from consumers, including middle and mature age. The survey revealed data on the popularity of types of meat products, the frequency of their consumption, priority properties for the consumer, storage modes. The expediency of increasing the nutritional and biological value and the formation of consumer properties of combined meat products based on the hedonic preferences of consumer groups has been substantiated. Directions for improving the range of products for processing meat raw materials will be an organic addition to the cluster for the production and processing of specialized breeds of beef cattle, pork, and poultry meat in the Voronezh region and the Central Black Earth region as a whole.

Keywords: human potential, consumer capital, sources of innovation, consumer innovation, consumer preferences, questionnaire survey method, market, sausages, semi-finished products, meat and vegetable products, hedonistic preferences, innovative development scenario.

Введение

Формирование и создание условий воспроизводства человеческого потенциала общества является стратегической задачей государственной экономической политики [1–3]. Эта парадигма отражена в «Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года». При этом формой вовлечения человеческого потенциала в процесс общественного воспроизводства является потребительский капитал [4]. Его важной составляющей является потребительский потенциал рынка продуктов питания, для роста которого необходим активный поиск инновационных путей и средств развития с учетом разных источников инновационных возможностей (рисунок 1). Развитие данного подхода позволяет конкретизировать локализацию источников инноваций по отношению к внутренней и внешней среде организации (рисунок 2), а также взаимно детерминировать их по степени надежности и предсказуемости как важных критериев вероятности доведения инноваций до потребителя, иначе говоря, оценить потенциальную возможность продуктов удовлетворять ту или иную новую потребность, включая оценку потребительской эффективности [6–8].

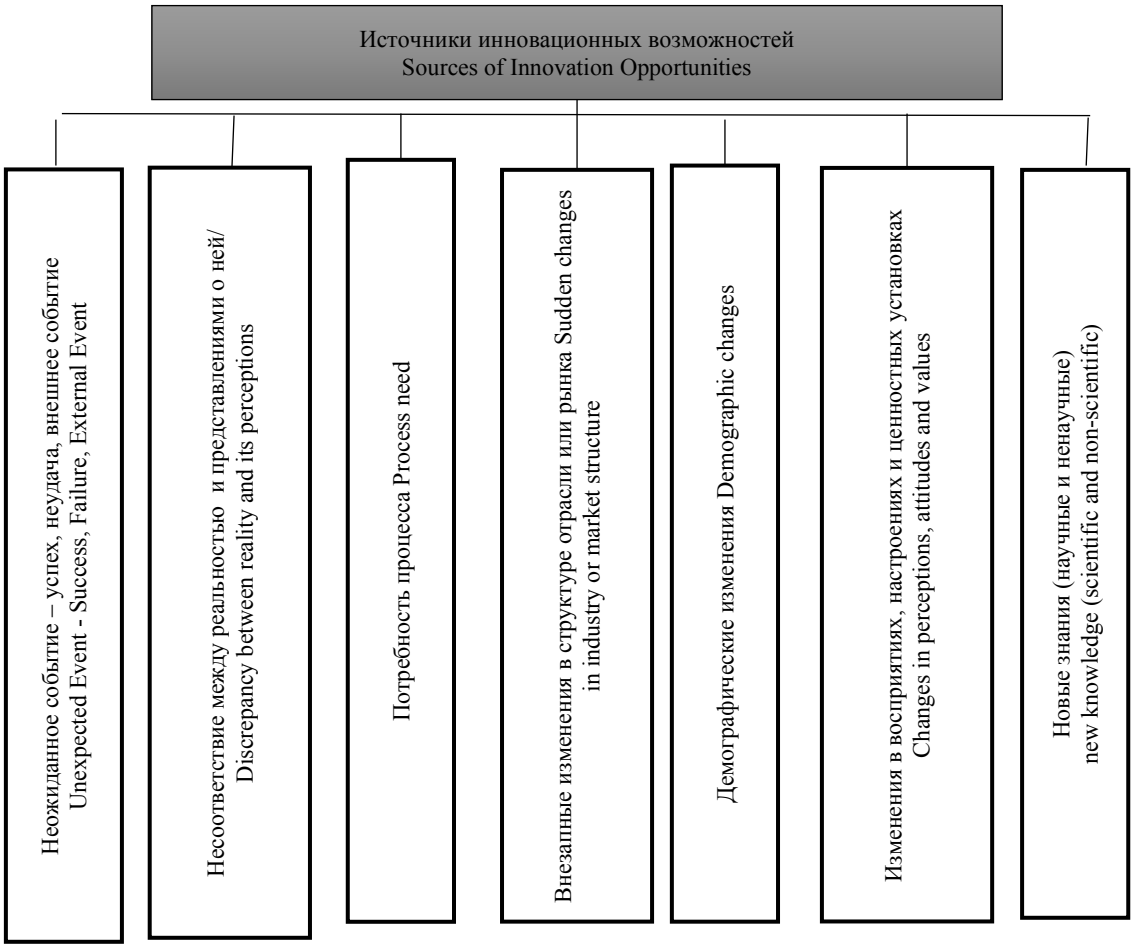


Рисунок 1. Минимальный перечень источников инновационных возможностей (согласно Peter F. Druker [5])

Figure 1. The minimum list of sources of innovative opportunities (according to Peter F. Druker [5])

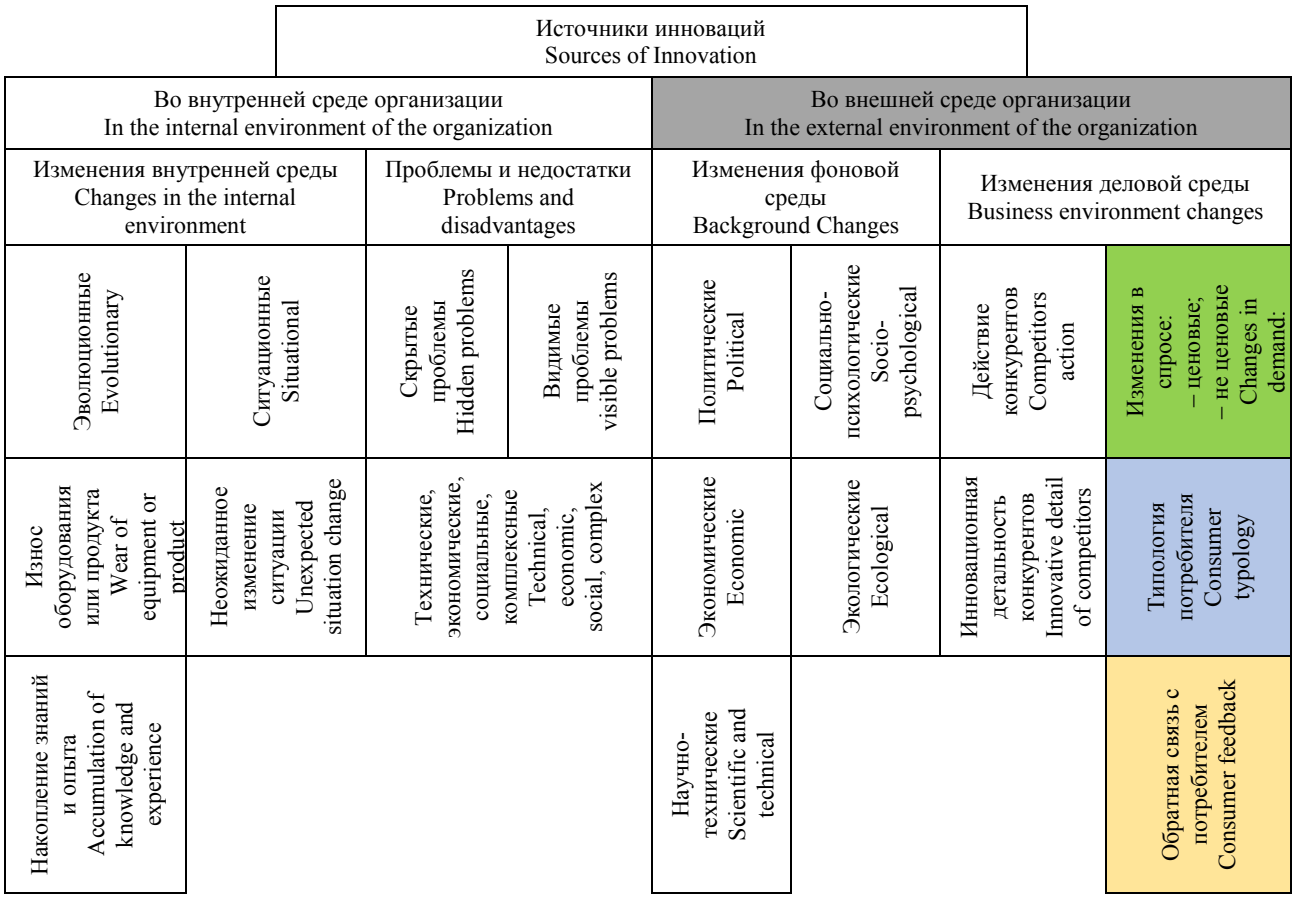


Рисунок 2. Локализация источников инноваций по отношению к внутренней и внешней среде организации [6]

Figure 2. Localization of sources of innovation in relation to the internal and external environment of the organization [6]

Анализ рисунка 2 показывает, что потребители продуктов агропромышленных предприятий, предприятий общественного питания и торговли являются важным, но недостаточно исследованным элементом в системе генерирования образцов или идей, инновационных потребительских объектов.

Цель работы – исследование трендов потребительского спроса, особенности сегментации в типологии потребителей и элементов обратной связи с потребителем в качестве источников инноваций во внешней среде различных предприятий и организаций по производству продуктов питания на основе переработки мясного сырья.

В достижении поставленной цели решали задачу анализа потребительских предпочтений и мотиваций населения Центрально-Черноземного региона в отношении комбинированных мясо-растительных продуктов, оценивали их потенциал как инновационных потребительских объектов.

Объекты и методы

Объектом исследования служил региональный рынок мясных продуктов Центрально-Черноземного региона на примере г. Воронежа и г. Лиски Воронежской области.

Предметом исследования были направления совершенствования ассортимента мясных и мясо-растительных товаров, соответствующие инновационному сценарию развития их рынка.

Для исследования потребительских предпочтений на региональном рынке мясных продуктов использовали анкетно-опросный метод [9–11]. Опрос в традиционной форме, а также с использованием социальных сетей («Вконтакте», «Одноклассники») проводили среди сформированной генеральной совокупности респондентов [11, 12]. Виртуальные исследования потребительских предпочтений с помощью разработанной анкеты проводили также с использованием сайта https://webanketa.com/ru/.

Для обработки результатов исследования использовали пакет прикладных программ «STATISTICA» [13].

Результаты и обсуждение

Согласно [5–6] потенциальные направления использования потребителей в качестве источников инноваций представлены на рисунке 3.

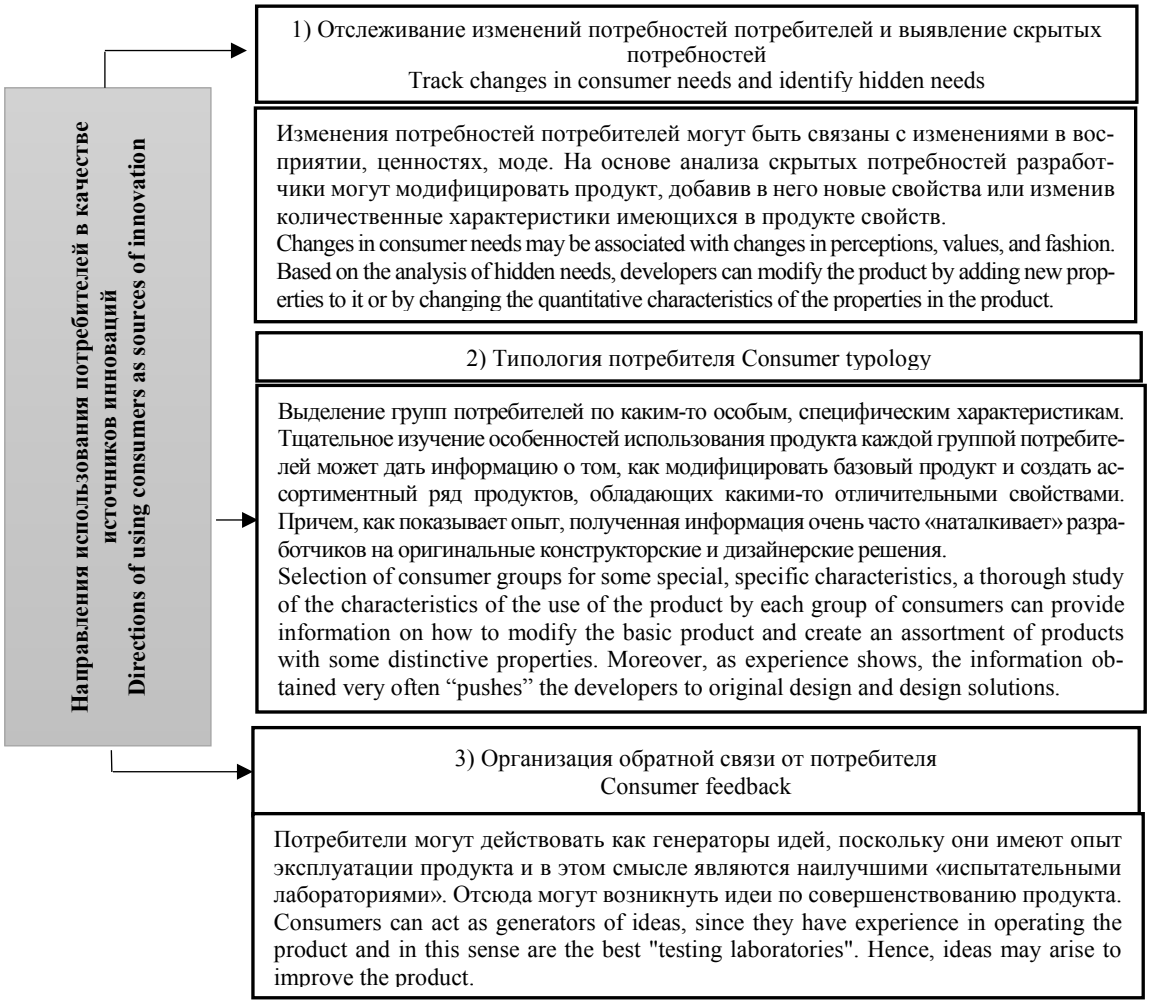


Рисунок 3. Потенциальные направления использования потребителей в качестве источников инноваций
Figure 3. Potential uses of consumers as sources of innovation

В «Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года» отмечается, что одним из основных направлений, благоприятствующих структурным преобразованиям экономики, является демографическая политика и политика здоровьесбережения. Их успешная реализация непосредственно связана с обеспечением качества жизни населения через питание, учитывающее объективные потребности и субъективные предпочтения как детерминированных категорий потребителей, так и современные тенденции персонализированного питания [14–16].

Расширение ассортимента, наращивание производства продуктов здорового питания с целью улучшения пищевого статуса и качества жизни населения являются приоритетными задачами государственной экономической политики. Одной из серьёзных медико-социальных проблем является необходимость обеспечения активного долголетия. Для этого необходимо целенаправленное проектирование инновационных потребительских объектов с улучшенными потребительскими характеристиками для удовлетворения спроса различных возрастных и социальных групп потребителей, в том числе с учетом их гедонистических предпочтений и на основе документов, отражающих политику государства в области здорового питания.

Консервативный характер такой социальной категории, как технология питания, обусловливает специфику подходов к проектированию инновационных потребительских объектов, которые во многом аналогичны подходам к проектированию рецептур индивидуальных продуктов питания.

Для нивелирования субъективизма при детерминации предпочтений потребителей авторами [17] предложена и апробирована схема выявления действительных интересов потребителей (рисунок 4), важным этапом которой является изучение трендов потребительского спроса на основе анкетно-опросного метода.

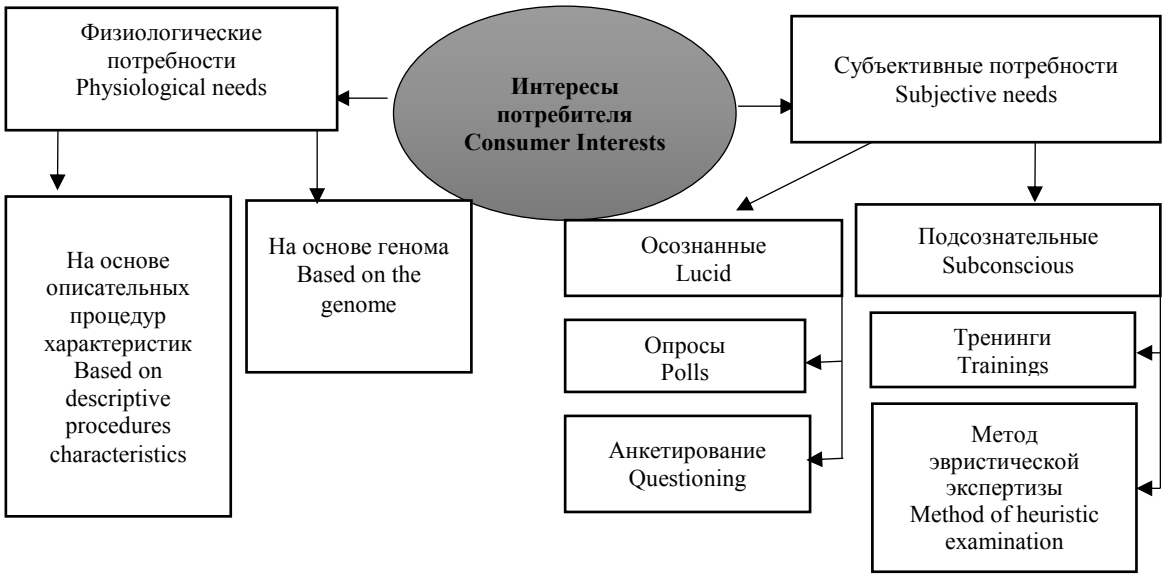


Рисунок 4. Схема выявления действительных интересов потребителей

Figure 4. The scheme of identifying the actual interests of consumers

С учетом тенденций персонифицированного питания при развитии производства продовольственных товаров для детерминированных по определенным признакам групп потребителей актуальным является подход к проектированию мясных изделий комбинированного состава на основе изучения трендов потребительского спроса [18–20].

С целью изучения потребительских предпочтений населения в отношении мясных продуктов различных ассортиментных групп были проведены маркетинговые исследования с использованием анкетно-опросного метода [9, 10].

Было уделено внимание вопросам, позволяющим охарактеризовать психологическое восприятие белковой пищи потребителями, в том числе среднего и зрелого возраста. Анкетирование проводили среди жителей г. Воронежа и г. Лиски Воронежской области. В оценке потребительских предпочтений приняли участие отдыхающие санатория «Радон» (г. Лиски Воронежской области), санатория им. Цюрупы Лискинского района Воронежской области, лично и через социальные сети («Вконтакте», «Одноклассники»). Из 386 опрошенных 49% составили респонденты в возрасте от 45 до 60 лет, 31% – свыше 60 лет (рисунок 5).

Из общего числа респондентов по гендерному признаку (рисунок 5) преобладали женщины (рисунок 6).

По результатам опроса (рисунок 7) была выявлена частота потребления респондентами мясных продуктов.

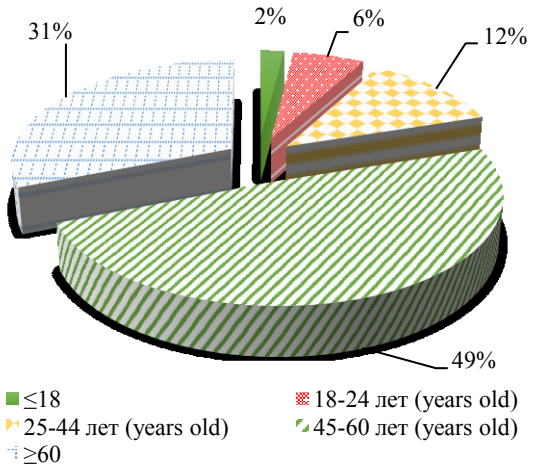


Рисунок 5. Возрастные группы респондентов

Figure 5. Age groups of respondents

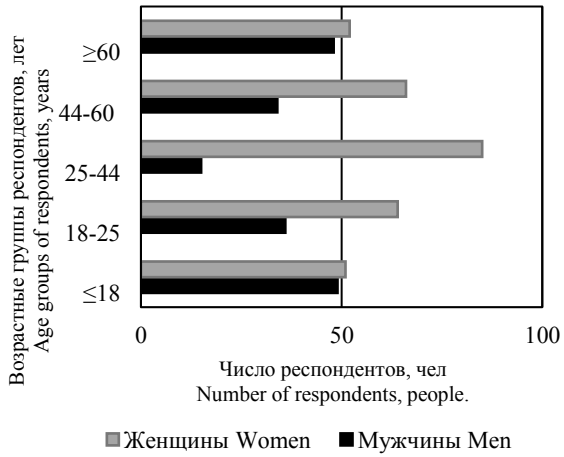


Рисунок 6. Распределение респондентов по гендерному и возрастному признакам

Figure 6. Distribution of respondents by gender and age

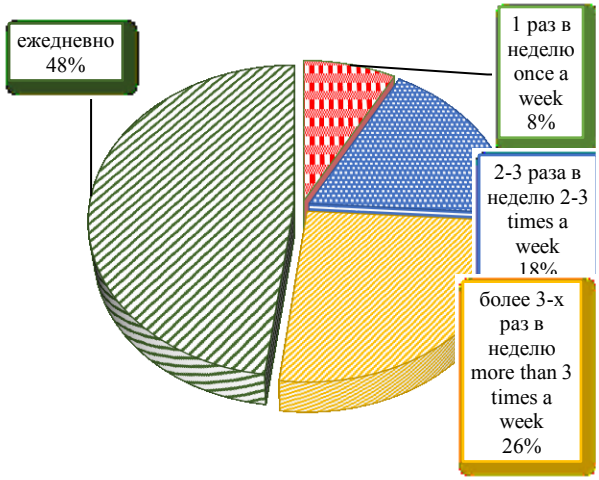


Рисунок 7. Распределение респондентов по частоте потребления мясных продуктов, % от числа опрошенных

Figure 7. Distribution of respondents by frequency of consumption of meat products, % of the number of respondents

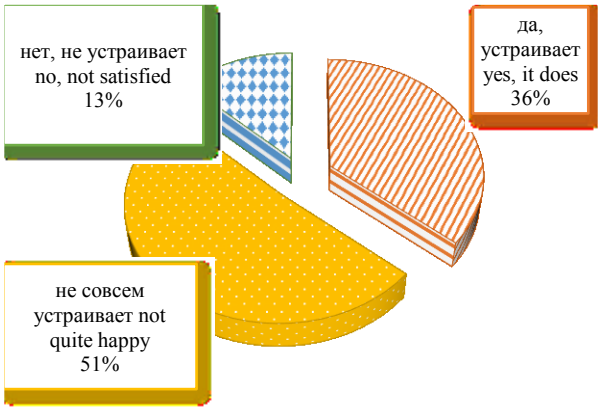


Рисунок 8. Распределение ответов респондентов на вопрос удовлетворенности качеством мясных товаров, % от числа опрошенных

Figure 8. Distribution of respondents' answers to the question of satisfaction with the quality of meat products, % of the number of respondents

Результаты анкетирования показали, что 48% респондентов употребляют мясные продукты ежедневно, 26% – более трех раз в неделю, 18% – два-три раза в неделю, и лишь 8% – 1 раз в неделю. При этом качество мясных товаров не устраивает 13% опрошенных респондентов и устраивает – 36%. Количественно преобладает группа из 51% респондентов, выбравшая ответ «не совсем устраивает».

Полученные в ходе анкетирования ответы позволяют сделать вывод, что большинство респондентов (53%) не устраивает ассортимент мясных изделий, в свою очередь, 41% респондентов удовлетворен представленным ассортиментом мясных товаров (рисунок 9).

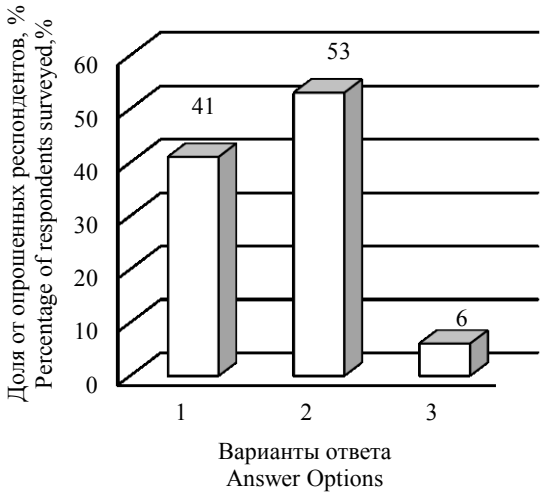


Рисунок 9. Распределение ответов респондентов на вопрос об удовлетворенности ассортиментом мясных товаров: 1 – да; 2 – нет; 3 – устраивает частично, % от числа опрошенных

Figure 9. Distribution of respondents' answers to the question about satisfaction with the range of meat products: 1 – yes; 2 – no; 3 – partly satisfied, % of the number of respondents

Как видно из данных, представленных на рисунке 10, наибольшей популярностью у респондентов пользуются изделия, входящие в группу «мясная гастрономия» – мясные деликатесы, копчености, колбасы, колбасные изделия, а также мясные консервы (57%), второе место по популярности занимают мясные полуфабрикаты (36%) и наименее популярны товары, относящиеся к группе «мясная кулинария» (7%).

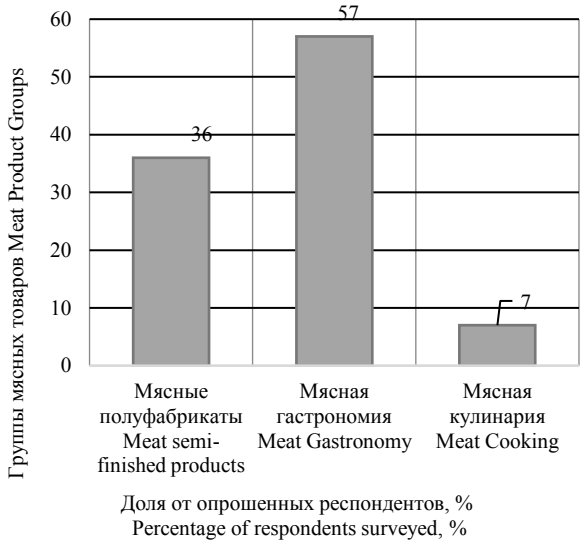


Рисунок 10. Распределение ответов респондентов на вопрос о предпочтениях в отношении групп мясных товаров, % от числа опрошенных

Figure 10. Distribution of respondents' answers to a question about preferences regarding groups of meat products, % of the number of respondents

Преобладающий выбор респондентов в пользу товаров из группы мясной гастрономии отражает культурно-психологические аспекты при формировании потребительских предпочтений в отношении мясных товаров.

Несмотря на модные тенденции в питании, включая вегетарианство, современные формы белковой пищи в виде коктейлей и порошков, исторические и национальные культурные традиции потребления мяса и мясных продуктов продолжают оказывать большое влияние на региональный рынок мясных товаров, на примере г. Воронежа и Воронежской области. В процессе анкетирования были выявлены предпочтения респондентов по отношению к термическому состоянию и температурному режиму хранения полуфабрикатов, предпочтительной оболочке мясных товаров (рисунки 11 и 12). Получены следующие ответы: охлажденные изделия (46%), замороженные изделия (31%), в вакуумной упаковке (23%). Предпочтение потребителей отдано изделиям в оболочке: натуральной – 61%, искусственной – 23%. При этом респонденты выбирали ответ «без оболочки» (31%) с ремаркой, что ассортимент таких изделий не представлен должным образом.

В результате анкетирования были обоснованы и сформулированы направления совершенствования рецептурного состава мясных продуктов, соответствующие инновационному сценарию развития рынка мясных товаров (рисунок 13).



Рисунок 11. Распределение ответов респондентов на вопрос о предпочтениях относительно термического состояния мясных полуфабрикатов при покупке, % от числа опрошенных: 1 – охлажденный; 2 – замороженный; 3 – охлажденный в вакуумной упаковке

Figure 11. Distribution of respondents' answers to a question about preferences regarding the thermal state of semi-finished meat when buying, % of the number of respondents: 1 – cooled; 2 – frozen; 3 – cooled in vacuum packaging

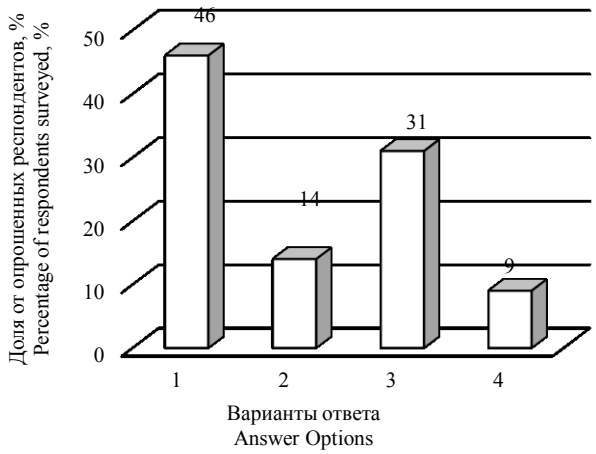
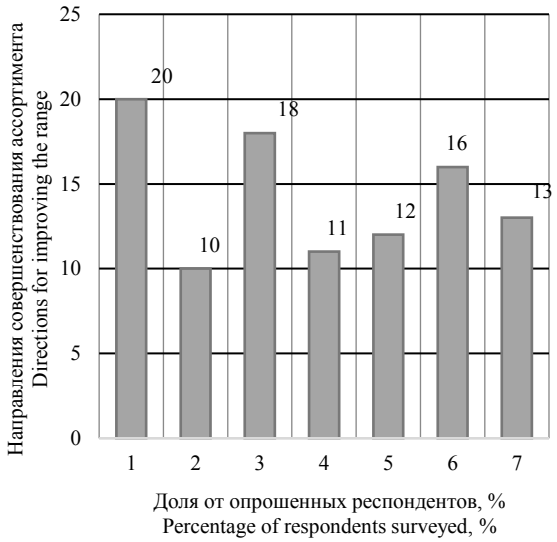


Рисунок 12. Распределение ответов респондентов на вопрос о предпочтительной оболочке мясных товаров: 1 – натуральная; 2 – искусственная; 3 – без оболочки; 4 – затрудняюсь ответить, % от числа опрошенных

Figure 12. Distribution of respondents' answers to the question about the preferred shell of meat products: 1 – natural; 2 – artificial; 3 – without a shell; 4 – I find it difficult to answer, % of the number of respondents.



1 – доступность ценового сегмента;
2 – положительное влияние на метаболические процессы;
3 – альтернативные сое источники растительного белка (например, люпин, киноа);
4 – обогащение пищевыми волокнами;
5 – сбалансированность аминокислотного состава мясных продуктов;
6 – доступность воздействию пищеварительных ферментов желудочно-кишечного тракта
7 – минимизация применения пищевых добавок искусственного происхождения.
1 - availability of the price segment;
2 - positive effect on metabolic processes;
3 - alternative soy sources of vegetable protein (for example, lupine, quinoa);
4 - enrichment of dietary fiber;
5 - balance of amino acid composition of meat products;
6 - availability of the effects of digestive enzymes of the gastrointestinal tract
7 - minimization of the use of artificial food additives.

Рисунок 13. Направления совершенствования рецептурного состава мясных продуктов по результатам анкетирования

Figure 13. Directions for improving the formulation of meat products on the results of the survey

Более 50% респондентов отдали предпочтение предложенной взамен сое альтернативе – натуральным растительным добавкам (73%), резко негативное отношение к сое проявляли 2% респондентов, четверть опрошенных выбрали ответ «затрудняюсь ответить».

Таким образом, тренды на рынке колбасных изделий отражают стремление потребителей к экономии на фоне развития тенденций здорового питания.

Еще одним трендом является рост популярности ретротематики как в сфере интерпретации образов культуры общепита, использовании ретросимволики и элементов дизайна упаковки, так и в отношении предпочтений при подборе компонентов рецептур продуктов в пользу натуральных ингредиентов. Популярным становится обращение к символике советского периода, при этом брэндинг мясной продукции, позволяющий производителям выгодно выделяться на фоне конкурентов, как правило, не предполагает полной аутентичности объекта и его образа [21]. С этих позиций перспективным объектом для расширения ассортимента запеченных мясных изделий является колбасный хлеб, кулинарная готовность которого достигается в результате запекания, причем такой способ термической обработки является одним из факторов обеспечения хорошей переваримости продуктов питания. Он рекомендован для организации питания лиц пожилого возраста, в том числе с позиций гигиенической оценки продуктов и рационов [22].

Для стабилизации и коррекции метаболических процессов потребителей среднего и старшего возраста предлагается ассортимент продуктов на мясной основе с использованием мясозаменяющих композиций [23]. Моделирование состава и свойств композиций проводится с учетом сенсорных, гедонистических и других предпочтений детерминированных по конкретным признакам групп и индивидуальных потребителей.

С технологической точки зрения особенностью является ориентация мясозаменяющих композиций на их гидратационные свойства, не уступающие или превосходящие аналогичные свойства модельных систем на основе разных видов мясного сырья – говядина, свинина, мясо птицы [24].

Соевые белки, как потенциально импортируемые и генномодифицированные продукты, заменяются в составе мясозаменяющих композиций на альтернативные растительные источники белка, а также макро-, микроэлементов и витаминов отечественного производства (люпин, киноа, возможно использование других бобовых и псевдозлаковых культур).

С позиций биологической ценности и метаболической эффективности мясозаменяющих биополимерных композиций из натуральных отечественных компонентов особенностью является сбалансированный состав аминокислот, витаминов, минералов, лучшая переваримость по сравнению с модельными мясными фаршевыми системами, позитивное влияние на показатели белкового и липидного обмена.

С позиций проектирования потребительских свойств реализуется комплексный подход при разработке индивидуально востребованных мясозаменяющих композиций в составе мясных продуктов. Варьируемыми и оптимизируемыми показателями являются текстура, консистенция, цвет, запах, внешний вид, технологическая форма продуктов.

С использованием анкетно-опросного метода установлены гедонистические предпочтения потребителей среднего и старшего возраста в отношении комбинированных мясо-растительных продуктов, производимых без использования соевого белка. В качестве альтернативы соевому белку была использована композиция натуральных биополимеров, имитирующая мясной фарш по совокупности физико-химических, функционально-технологических характеристик и показателей биологической ценности. Разработанная композиция биополимеров апробирована в составе рецептуры колбасного хлеба и полуфабрикатов – колбасок для жарки без оболочки в качестве замены мясного сырья.

Нами была проведена сравнительная оценка рецептурно-компонентного состава, функционально-технологических свойств и показателей пищевой ценности рубленых полуфабрикатов, в том числе с использованием мраморной говядины, пользующихся спросом на отечественном рынке, для формирования предложений по совершенствованию ассортимента продуктов переработки мраморной говядины с использованием сырья пониженной сортности [25, 26].

Проведенная сравнительная оценка рубленых полуфабрикатов по ряду технологических показателей послужила основой для формирования предложений по совершенствованию ассортимента продуктов переработки мраморной говядины с использованием сырья пониженной сортности:

- применение препаратов трансглутаминазы для снижения себестоимости и улучшения потребительских характеристик продуктов. Основными механизмами воздействия являются реакции полимеризации, которые приводят к изменению гидрофобности белковых молекул.

Основными катализируемыми реакциями являются ацильный перенос, связывание между глутаминовым и лизиновым остатками белков и дезаминирование);

- выпуск крупнокусковых полуфабрикатов для запекания типа «Ассорти» с использованием натуральных пряно-ароматических компонентов в составе маринадов и разработкой «брэндовых» рецептур с утверждением в формате стандарта организации;
- разработка оригинальных рецептур рубленых полуфабрикатов без оболочки для жарки на гриле, с использованием конвективного нагрева или другого оборудования для термообработки, в том числе в условиях сезонного отдыха;
- разработка оригинальных рецептур фаршей с возможностью широкого комбинирования сырьевых источников.

Заключение

Тренды на рынке мясных товаров отражают стремление потребителей к экономии на фоне развития тенденций здорового питания как важной составляющей роста популярности здорового образа жизни в целом. Сформулированы и обоснованы с учетом гедонистических предпочтений направления совершенствования ассортимента мясных и мясо-растительных товаров, соответствующие инновационному сценарию развития их рынка. При формировании условий для использования научно-технического потенциала в целях повышения конкурентоспособности предприятий АПК и торговли инновационные решения на основе индивидуально востребованных мясозаменяющих композиций в составе мясных продуктов и предложений по совершенствованию ассортимента продуктов переработки мраморной говядины с использованием сырья пониженной сортности будут являться органичным дополнением кластера по производству и переработке специализированных пород мясного крупного рогатого скота, свинины, мяса птицы в Воронежской области и Центрально-Черноземном регионе в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1 Забелина К.В., Тришкина Н.Ю. Обеспечение социальной направленности модернизации как императив развития экономики современной России и ее регионов // Современные фундаментальные и прикладные исследования. 2011. № 1. С. 42–46.

2 Петренко Т.В. К вопросу о роли труда и человеческого капитала в экономике инновационного типа // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. 2014. № 1. С. 29–36.

3 Лескина О.Н. Человеческие ресурсы России в аспекте ее инновационного развития // Наука, образование, общество. 2015. № 1 (3). С. 31–40.

4 Кузнецова Л.В. Развитие маркетинговой методологии изучения потребительского потенциала рынка продуктов питания // Региональная экономика: теория и практика. 2010. № 12. С. 39–48.

5 Drucker P.F. Management Challenges for the 21st Century. Oxford: Butterworth – Heinemann. 210 p.

6 Первова Н.Ю. Управление потребительскими инновациями на предприятиях. Минеральные воды: Северо-Кавказский филиал БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. 160 с.

7 Котляров И.Д. Возможная маркетинговая инновация: организация, нормирование и компенсация потребительской активности // Маркетинг и маркетинговые исследования. 2017. № 2. С. 100–107.

8 Беляева С.В., Первова Н.Ю. Новые подходы к оценке эффективности инноваций // Экономика и предпринимательство. 2016. № 6 (71). С. 456–460.

9 Евдокимова О.В. Методология мониторинга качества питания населения с использованием моделей измерений латентных переменныхв социологических исследованиях // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2011. № 3 (8). С. 74–83.

10 Симоненкова А.П., Иванова Т.Н. Анализ потребительского рынка молокосодержащих продуктов // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2013. № 1 (18). С. 80–86.

11 Parker Ch.J., Wang H. Examining Customer Motivations for Mobile Fashion Retail Engagement // Journal of Fashion Marketing and Management. 2016. V. 20. № 4. P.487–506. doi: 10.1108/JFMM-02–2016–0015

12 Рольбина Е.С. Технология совмещения качественных и количественных методов исследования // Казанский экономический вестник. 2017. № 1 (27). С. 104–109.

13 Чурилова Э.Ю., Салин В.Н. Непараметрические методы обнаружения взаимосвязи показателей в современных статистических исследованиях с использованием пакета прикладных программ STATISTICA // Инновационное развитие экономики. 2017. № 4 (40). С. 219–233.

14 Сидоренко М.Ю., Стройкова А.А. Методология проектирования персонифицированных рационов питания с учетом механизма психологической мотивации потребителя // Товаровед продовольственных товаров. 2012. № 10. С. 36–41.

15 Штерман С.В., Сидоренко М.Ю., Штерман В.С. Учет гедонистических предпочтений потребителей при проектировании продуктов питания. Часть 1 // Пищевая промышленность. 2017. № 6. С. 57–61.

16 Штерман С.В., Сидоренко М.Ю., Штерман В.С. Учет гедонистических предпочтений потребителей при проектировании продуктов питания. Часть 2 // Пищевая промышленность. 2017. № 7. С. 49–52.

17 Сидоренко М.Ю., Еделев Д.А. Проектирование рационов на основе принципа персонификации питания // Сборник докладов V межвед. науч.-практ. конф. «Товароведение и вопросы длительного хранения продовольственных товаров». М.: ООО «Франтера», 2013. С. 28–30.

18 Еделев Д.А., Сидоренко М.Ю., Луценко М.Л. Теоретические предпосылки проектирования продовольственных товаров с учетом потребительских предпочтений // Товаровед продовольственных товаров. 2011. № 4. С. 31–34.

19 Oles P., Jankowski T. Positive Orientation – a Common Base for Hedonistic and Eudemonistic Happiness? //Applied Research Quality Life. 2018. V. 13. № 1. P. 105–117. doi: 10.1007/s11482–017–9508–9

20 Filho E.J.M.A., dos Santos A.J.C., Brito E.P.Z. Technology consumer behaviour: a study of hedonic/utilitarian preference via virtual space // International Journal of Business Information Systems. 2015. V. 20. № 4. P. 455–476.

21 Александрова М.В. Стилистика советской эпохи в современной массовой культуре: концептуальные кафе и рестораны // Ярославский педагогический вестник. 2018. № 4. С. 270–275.

22 Пешкова Г.П., Сараева Л.А., Калинин Р.Е. Акимова И.А. и др. Гигиеническая оценка питания лиц пожилого возраста геронтологического центра имени П.А. Мальшина // Вопросы питания. 2015. Т. 84. № S5. С. 63.

23 Глотова И.А., Рязанцева А.О. Разработка новых способов внесения биополимерных комплексов в состав пищевых систем на основе мясного сырья // ФЭС: Финансы. Экономика. 2018. Т. 15. № 3. С. 54–61.

24 Рязанцева А.О., Глотова И.А., Курчаева Е.Е. Разработка мясных продуктов эконом-класса с учетом гедонистических предпочтений: результаты тестирования на теплокровных биообъектах // ФЭС: Финансы. Экономика. 2018. Т. 15. № 6. С. 48–57.

25 Беляева А.С., Рязанцева А.О., Глотова И.А. Современные тенденции в развитии переработки мраморной говядины // В сборнике: Молодежный вектор развития аграрной науки. Материалы 69-й студенческой научной конференции, Воронеж, 1 марта – 1 апреля 2018 г. Воронеж: Издательство Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I, 2018. С. 66–71.

26 Kurchaeva E.E., Manzhesov V.I., Maksimov I.V., Pashchenko V.L. et al. Biotechnological approaches in processing of secondary raw materials of meat industry // Periodico Tche Quimica. 2018. V. 15. № 30. P. 717–724.

REFERENCES

1 Zabelina K.V., Trishkina N.Yu. Ensuring the social orientation of modernization as an imperative for the development of the economy of modern Russia and its regions. *Sovremennye fundamental'nye i prikladnye issledovaniya* [Modern fundamental and applied research]. 2011. no. 1. pp. 42–46. (in Russian).

2 Petrenko T.V. To the question of the role of labor and human capital in the innovation-type economy. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Ehkonomika* [Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Economy]. 2014. no. 1. pp. 29–36. (in Russian).

3 Leskina O.N. Human resources of Russia in the aspect of its innovative development. *Nauka, obrazovanie, obshchestvo* [Science, education, society]. 2015. no. 1 (3). pp. 31–40. (in Russian).

4 Kuznecova L.V. Development of marketing methodology for studying the consumer potential of the food market. *Regional'naya ehkonomika: teoriya i praktika* [Regional Economics: Theory and Practice]. 2010. no. 12. pp. 39–48. (in Russian).

5 Drucker P.F. Management Challenges for the 21st Century. Oxford: Butterworth. Heinemann. 210 p.

6 Pervova N.Yu. Upravleniye potrebitel'skimi innovatsiyami na predpriyatiyakh [Management of consumer innovation in the enterprise]. Mineral water, North Caucasus branch of BSTU. V.G. Shukhov, 2009. 160 p. (in Russian).

7 Kotlyarov I.D. Possible marketing innovation: organization, regulation and compensation of consumer. *Marketing i marketingovye issledovaniya* [Marketing and marketing research]. 2017. no. 2. pp. 100–107. (in Russian).

8 Belyaeva S.V., Pervova N.Yu. New approaches to evaluating the effectiveness of innovation. *Ehkonomika i predprinimatel'stvo* [Economy and Entrepreneurship]. 2016. no. 6 (71). pp. 456–460. (in Russian).

9 Evdokimova O.V. Methodology of monitoring the quality of nutrition of the population using models of measurement of latent variables in sociological research. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovacionnyh pishchevyh produktov* [Technology and commodity research of innovative food products]. 2011. no. 3 (8). pp. 74–83. (in Russian).

10 Simonenkova A.P., Ivanova T.N. Analysis of the consumer market of milk-containing products. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovacionnyh pishchevyh produktov* [Technology and commodity research of innovative food products]. 2013. no. 1 (18). pp. 80–86. (in Russian).

11 Parker Ch.J., Wang H. Examining Customer Motivations for Mobile Fashion Retail Engagement. Journal of Fashion Marketing and Management. 2016. vol. 20. no. 4. pp. 487–506. doi: 10.1108/JFMM 02–2016–0015

12 Rol'bina E.S. Technology of combining qualitative and quantitative research methods. *Kazanskij ehkonomicheskij vestnik* [Kazan economic bulletin]. 2017. no. 1 (27). pp. 104–109. (in Russian).

13 Churilova E.Yu., Salin V.N. Nonparametric methods for detecting the relationship of indicators in modern statistical studies using the package of applications STATISTICA. *Innovacionnoe razvitie ehkonomiki* [Innovative development of the economy]. 2017. no. 4 (40). pp. 219–233. (in Russian).

14 Sidorenko M.Yu., Strojkova A.A. The method of designing the personalized food rations, taking into account the mechanism of Psychological motivation of the consumer. *Tovaroved prodovol'stvennyh tovarov* [Commodity research of food products]. 2012. no. 10. pp. 36–41. (in Russian).

15 Shterman S.V., Sidorenko M.Yu., Shterman V.S. Consideration of consumers ' preferences in the design of food products. Part 1. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry]. 2017. no. 6. pp. 57–61. (in Russian).

16 Shterman S.V., Sidorenko M.Yu., Shterman V.S. Consideration of consumers ' preferences in the design of food products. Part 2. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry]. 2017. no. 7. pp. 49–52. (in Russian).

17 Sidorenko M.Yu., Edelev D.A. Design of diets on the basis of the principle of nutrition. Tovarovedenie i voprosy dlitel'nogo hraneniya prodovol'stvennyh tovarov [Collection of reports V interved. scientific-practical conf. "Commodity and the long-term storage of food products"]. Moscow, OOO «Frantera», 2013. pp. 28–30. (in Russian).

18 Edelev D.A., Sidorenko M.Yu., Lucenko M.L. Theoretical background design of food products based on consumer preferences. *Tovaroved prodovol'stvennyh tovarov* [Commodity expert of food products]. 2011. no. 4. pp. 31–34. (in Russian).

19 Oles P., Jankowski T. Positive Orientation – a Common Base for Hedonistic and Eudemonistic Happiness? Applied Research Quality Life. 2018. vol. 13. no. 1. pp. 105–117. doi: 10.1007/s11482–017–9508–9

20 Filho E.J.M.A., dos Santos A.J.C., Brito E.P.Z. Technology consumer behaviour: a study of hedonic/utilitarian preference via virtual space. International Journal of Business Information Systems. 2015. vol. 20. no. 4. pp. 455–476.

21 Aleksandrova M.V. The Style of the Soviet era in modern mass culture: conceptual cafes and restaurants. *Yaroslavskij pedagogicheskij vestnik* [Yaroslavl pedagogical bulletin]. 2018. no. 4. pp. 270–275. (in Russian).

22 Peshkova G.P., Saraeva L.A., Kalinin R.E. Akimova I.A. et al. Hygienic assessment of nutrition of elderly persons gerontology center named after P.A. Malshina. *Voprosy pitaniya* [Nutrition issues]. 2015. no. 84 (55). pp. 63. (in Russian).

23 Glotova I.A., Ryazanceva A.O. Development of new methods for making biopolymer complexes in the structure of food systems on the basis of raw meat. *FES: Finansy. Ehkonomika* [FES: Finance. Economy]. 2018. vol. 15. no. 3. pp. 54–61. (in Russian).

24 Ryazanceva A.O., Glotova I.A., Kurchaeva E.E. Development of meat products in the economy class given the hedonistic preferences: the test results on warm-blooded bioobjects. *FES: Finansy. Ehkonomika* [FES: Finance. Economy]. 2018. vol. 15. no. 6. pp. 48–57. (in Russian).

25 Belyaeva A.S., Ryazanceva A.O., Glotova I.A. Modern trends in the development of marble processing of beef. V sbornike: Molodezhnyj vektor razvitiya agrarnoj nauki. Materialy 69-j studencheskoj nauchnoj konferencii, Voronezh, 1 marta – 1 aprelya 2018 g [In the collection: Youth vector of the development of agrarian science. Proceedings of the 69th Student's Scientific Conference, Voronezh, March 1 - April 1, 2018]. Voronezh, Voronezh State Agrarian University Press. Emperor Peter I, 2018. pp. 66–71. (in Russian).

26 Kurchaeva E.E., Manzhesov V.I., Maksimov I.V., Pashchenko V.L. et al. Biotechnological approaches in processing of secondary raw materials of meat industry. Periodico Tche Quimica. 2018. vol. 15. no. 30. pp. 717–724.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ирина А. Глотова д.т.н., профессор , кафедра технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1 Воронеж, 394086, Россия, glotova-irina@yandex.ru

Алина О. Рязанцева аспирант, кафедра технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1 Воронеж, 394086, Россия, lyutikova_92@mail.ru

Надежда А. Галочкина к.т.н., старший преподаватель, кафедра товароведения и экспертизы товаров, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1 Воронеж, 394086, Россия, galochkina.na@mail.ru

Сергей В. Шахов д.т.н., профессор, начальник центра поддержки технологий и инноваций, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, s_shahov@mail.ru

Вадим В. Прянишников к.т.н., директор, ООО Могунция-Интеррус, Березовая аллея, 5А, к. 1-3, оф. 601, Москва, 127273, Россия, pryanishnikov@moguntia.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Ирина А. Глотова разработка концепции статьи, интерпретация результатов

Алина О. Рязанцева провела исследования, выполнила расчеты, написала рукопись, корректировала ее до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Надежда А. Галочкина обзор литературных источников по исследуемой проблеме

Сергей В. Шахов, Вадим В. Прянишников консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 10.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 08.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Irina A. Glotova Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of storage and processing of agricultural products department, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, st. Michurina, 1, Voronezh, 394086, Russia, glotova-irina@yandex.ru

Alina O. Ryazanceva graduate student, technology of storage and processing of agricultural products department, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, st. Michurina, 1, Voronezh, 394086, Russia, lyutikova_92@mail.ru

Nadezhda A. Galochkina Cand. Sci. (Engin.), senior lecturer, merchandising and expert examination of goods department, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, st. Michurina, 1, Voronezh, 394086, Russia, galochkina.na@mail.ru

Sergej V. Shahov Dr. Sci. (Engin.), professor, head of technology and innovation support center, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Avenue, 19, Voronezh, 394036, Russia, s_shahov@mail.ru

Vadim V. Pryanishnikov Cand. Sci. (Engin.), director, OOO Moguntia-Interrus , Belaya Alley, 5A, room 1-3, of. 601, Moscow, 127273, Russia, pryanishnikov@moguntia.ru

CONTRIBUTION

Irina A. Glotova concept development, interpretation of results

Alina O. Ryazanceva conducted research, performed calculations, wrote a manuscript, corrected it before submission to the editor and is responsible for plagiarism

Nadezhda A. Galochkina review of the literature on the problem under study

Sergej V. Shahov, **Vadim V. Pryanishnikov** consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.10.2019

ACCEPTED 2.8.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 519.711.3:355

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-391-396

Пространственный анализ развития инновационного потенциала предприятий

Юрий П. Анисимов [1]
Юрий В. Журавлев [1]
Ирина В. Куксова [1] iris1982@yandex.ru
Елена И. Балабанова [1]
Александр Ю. Жильников [1]
Татьяна В. Елагина [1] elagina1997@inbox.ru

[1] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Нестабильное развитие экономики подавляющего большинства регионов России и неустойчивые показатели в современных условиях, требуют установления и определения причин замечаемых событий негативного характера. Актуальна эта ситуация на уровне регионов, где в дополнение к разрушительным последствиям противоречивость государственной политики в области институциональной экономики создала общее отставание темпов социально-экономического развития. Исходя из этого, своевременность и актуальность рассмотрения вопросов совершенствования инструментарных форм обеспечения пространственно-равномерного развития регионов заключается в том, что современный этап развития регионального экономического уровня отождествляется нами с усиливающейся центропериферийной дифференциацией. Процессы её нарастания, складывающиеся под воздействием эволюционно-приобретенных и инерционно-наследственных факторов, негативно влияют на темпы социально-экономического развития периферийных и полупериферийных территорий, не позволяют развивать реальный сектор территориальной экономики, повышать уровень и качество жизни населения локалитетов. В связи с этим представляется, что решение научных задач поиска новых и совершенствования имеющихся инструментарных форм пространственно-равномерного регионального развития является актуальным в теоретико-методическом и прикладном аспектах элементом научного обеспечения развития региональной экономики, её подсистем и компонентов, а исследование желательно нацеливать на рост методических принципов пространственного развития большинства регионов, действующих в условиях центропериферийного расслоения, а также аргументация практических предложении по их деполяризации на принципах совершенствования организационно-экономического инструментария, а также способов анализа и оценки пространственного развития региона.

Ключевые слова: пространственный анализ, инновационный потенциал, регион, развитие, экономика, система

Spatial analysis of the development of innovative potential of enterprises

Yuriy P. Anisimov [1]
Yuriy V. Zhuravlev [1]
Irina V. Kuksova [1] iris1982@yandex.ru
Elena I. Balabanova [1]
Alexander Yu. Zhilnikov [1]
Tatyana V. Elagina [1] elagina1997@inbox.ru

[1] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The unstable development of the economy of the vast majority of Russian regions and unstable indicators in modern conditions require the establishment and determination of the causes of the observed negative events. This situation is relevant at the regional level, where, in addition to the devastating consequences, the inconsistency of state policy in the field of institutional Economics has created a General lag in the pace of socio-economic development. Based on this, the timeliness and relevance of the consideration of improving the instrumental forms of ensuring the spatially-uniform development of the regions is that the current stage of development of the regional economic level is identified by us with the increasing center-periphery differentiation. The processes of its growth, which are formed under the influence of evolutionary-acquired and inertial-hereditary factors, negatively affect the pace of socio-economic development of peripheral and semi-peripheral territories, do not allow to develop the real sector of the territorial economy, to improve the level and quality of life of the population of localities. In this regard, it seems that the solution of scientific problems of finding new and improving existing instrumental forms of spatially-uniform regional development is relevant in theoretical, methodological and applied aspects of the element of scientific support for the development of the regional economy, its subsystems and components, and the study is desirable to focus on the growth of methodological principles of spatial development of most regions operating in the conditions of center-periphery stratification, as well as the argument of practical recommendations for their depolarization on the principles of improving the organizational and economic tools, as well as methods of analysis and evaluation of the spatial development of the region.

Keywords: spatial analysis, innovation potential, region, development, economy, system

Для цитирования

Анисимов Ю.П., Журавлев Ю.В., Куксова И.В., Балабанова Е.И., Жильников А.Ю., Елагина Т.В. Пространственный анализ развития инновационного потенциала предприятий // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 391–396. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-391-396

For citation

Anisimov Yu.P., Zhuravlev Yu.V., Kuksova I.V., Balabanova E.I,. Zhilnikov A.Yu., Elagina T.V. Spatial analysis of the development of innovative potential of enterprises. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 391–396. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-391-396

Введение

В условиях нарастания полярно-несимметричных характеристик развития инновационного потенциала предприятий значительное внимание должно отводиться формированию и функционированию механизмов и инструментов осуществления пространственно-экономических трансформаций. С этих позиций нами определена диалектическая взаимосвязь синтетической системы регулирования развития инновационного потенциала с современной концепцией пространственной политики. С учетом данной взаимосвязи, а также принимая во внимание современные тенденции социально-экономических и федеративных трансформаций, нами расширены сущностные основы пространственной политики развития инновационного потенциала в части уточнения и дополнения её идентификационно-классифицирующих признаков. На основе изучения ретроспективных теорий научного обеспечения пространственной политики развития инновационного потенциала обоснованы перспективные направления исполнения пространственно-экономических изменений.

Дальнейшее обоснование теоретико-методических подходов и выработка организационно-экономических инструментов пространственно-равномерного развития инновационного потенциала велось нами с позиций сформулированной рабочей гипотезы мини-исследования [1].

Текущая пространственная политика развития инновационного потенциала в условиях, создающихся при необходимости в процессах «сужения» пространства, предусматривает приоритетное прогрессирование производства для построения основы опорного целостного базиса и уровня снижения пространственной скошенности в развитии инновационного потенциала.

Результаты и обсуждение

Проанализированы пространственные эффекты от взаимного положения регионов для дифференциации по уровню развития инновационного потенциала предприятий, что является основой для понимания неустранимой части регионального неравенства на продовольственном рынке. Инструментами анализа были глобальный и локальный индекс Морана, а также регрессионные модели и модели конвергенции. Инструмент исследования – специализированные ГИС-статистические пакеты.

В рамках функционирования экономики региона все хозяйственные объекты в той или иной степени оказывают влияние на региональное развитие, что прослеживается посредством установления территориальных зон такого влияния. Не является исключением и инновационный потенциал предприятий как потенциальное структурное звено территориальной структуры хозяйства. Отсутствие объективной информации о структуре хозяйства региона и ее элементах не позволяет своевременно оценивать эффективность различных структурных перестроений, совмещения и пересечения ресурсных, производственных, рыночных зон, а следовательно, и оценивать реальное состояние конкурентной среды [2].

Цель исследования – разработка методики определения места для размещения предприятия, которое будет оптимально с точки зрения полезного экономического и социального эффекта от функционирования производства.

Мы предлагаем сфокусироваться на выявлении взаимосвязей и закономерностей между инновационным потенциалом и территорией. Анализ эффективности реализации поможет сформулировать выводы и рекомендации по оптимизации управления территорией через повышение ее инвестиционной активности. Следуя указанному подходу, мы предлагаем программу изучения пространственного размещения предприятий и меру их влияния на территориальное развитие для повышения инновационного потенциала, которая включает четыре этапа. Рассмотрим их подробно.

1. Предварительный. Подразумевает создание программы изучения, образование структуры базы данных, разработку интегральных показателей для анализа, подготовку микрокартографической основы.

Трудность создания базы данных для изучения содержится в невозможности определения однозначного ключевого поля. Инновационный потенциал предприятий имеет привязку, как правило, к населенному пункту.

В рамках этого изучения следует вести две базы данных по ключевому полю «пункт населенный», формируя для целей с микрокартографирования соответствующие выборки и определенные запросы с дальнейшим объединением данных в геоинформационную систему.

Методика изучения полагает использование картографических и геоинформационных способов, что, в свою очередь, тесно связано с необходимостью исполнения значительного совокупного анализа на базе большого количества показателей.

Правильность результатов осуществляющейся работы во многом определяется комплексностью проводимого анализа и требует глубокого изучения показателей и связей между процессами, что предполагает введение сложного, математически обоснованного интегрального коэффициента,

отражающего инновационный потенциал предприятий территории исходя из различных элементов (интеллектуальный, производственно-технологический, информационный, мотивационный, коммуникационный, научно-исследовательский, инвестиционный, кадровый, маркетинговый). Каждый из доведенных элементов характеризует ряд показателей, отражающих «экономическую емкость» области, ее трудовые, природные и инфраструктурные запасы, наличие самостоятельных активов и др. Таким образом, необходимость применения интегральных показателей обусловлена потребностью обобщения данных различного рода для целей анализа.

2. Конструкторский. Этот этап предполагает выделение промышленных очагов инфраструктурной взаимосвязи между ними. Предположительно, деление единой территории страны на районы с высокой и низкой обеспеченностью региона ресурсами связано с наличием либо отсутствием устойчивого производства. Тогда выравнивание уровня обеспеченности региона ресурсами должно базироваться на мотивации разработки такого производства или изменении правительственных границ регионов при условии включения в каждый регион инновационного производства. Нужно обратить особое внимание на наличие обеспеченности ресурсами между организациями, чтобы они не разрушились, а наоборот, углубились при управлении регионом в рамках представленного подхода. Следовательно, при выделении и анализе важных звеньев пространственной структуры позволительно оценивать вложения в региональное развитие, а также произвести прогнозный анализ вероятных изменений в такой пространственной структуре. Примерные оценки следует делать для всех инновационно-инвестиционных проектов с выделением для них соответствующих расчетных пространственных структур и с рекомендацией их включения в реальные звенья экономики [3].

Проверка наличия пространственных связей рассчитывается с помощью специализированных коэффициентов, например, Морана, Джири, Гетиса–Уорда и т. п.

Индексы Морана рассчитаны по формуле

$$P = \frac{n\sum_{i}^{n}\sum_{j}^{n} g(I_i - \bar{I})(I_j - \bar{I})}{\sum_{i}^{n}(I_i - \bar{I})^2},$$

где $n\sum_{i}^{n}\sum_{j}^{n} g_{ij}$ – сумма всех весов пространственной матрицы; I – уровень инновационного потенциала.

Глобальный индекс Морана свидетельствует о существовании пространственных связей между регионами: чем ближе регионы друг к другу, тем более похожи уровни развития инновационного потенциала предприятий; благополучные и неблагополучные регионы концентрируются рядом. При этом динамика пространственной локализации положительная, степень пространственной связанности растет и с точки зрения влияния географической удаленности, и из-за притяжения по инвестиционной привлекательности (в меньшей степени).

3. Информационно-аналитический. На этом этапе осуществляется свод и систематизация данных с целью определения главных тенденций обеспеченности региона ресурсами с применением центрографического метода, а также региональной специфики инновационной деятельности. На данном этапе проводится факторный анализ составляющих инновационного потенциала предприятий при модифицированной для генеральных целей проекта методике поля инновационного потенциала.

Такой анализ позволит не только обнаружить причинно-следственные связи между прорабатывающими явлениями и индивидуальностью территории, но также допустит зависимость факторов и степень их влияния на обеспеченность региона ресурсами. Впоследствии данные этого этапа должны стать основой для комплексной оценки территории.

Рекомендуется проверка результатов многофакторного анализа с помощью использования таких социологических методов, как интервью, анкетирование. Применение социологических методов может привести к субъективности полученных данных. Миновать это позволит использование геометрических моделей для анализа данных интернет-анкетирования и интервьюирования, анализа медиапространства региона [4].

Типичная методика изучения возможностей поля расселения употребляется для генеральных целей исследования с заменой классических показателей экономической деятельности региона на совокупный показатель инновационного потенциала региона [5].

Расстояние между населенными пунктами, по нашему мнению, следует рассчитывать исходя из реальной транспортной доступности населенных мест. Использование предлагаемой вариации метода позволит разработать карту, отражающую «социально-экономический ландшафт» территории, где максимальная концентрация изолиний будет указывать на зоны, обладающие

наибольшим объективным потенциалом для привлечения инвестиций [6]. Сопоставление этой карты с географией инновационно-инвестиционных проектов допустит выявление регионов, наиболее и наименее благополучно реализующих собственный инновационный потенциал. Результаты факторного анализа будут применены для выявления причинно-следственных закономерностей различной инвестиционной активности на различных территориальных уровнях.

4. Комбинаторный. Предполагает моделирование разнообразных вариантов очертания элементов инновационного потенциала. На данном этапе реализуются две важные задачи: установление возможностей обеспечения региона ресурсами и выбор идеального месторасположения для экспозиции инновационно-инвестиционных проектов. Сосредоточение инновационно-инвестиционных проектов будет показывать на «ядро» пространственной структуры инноваций. Причем данный спектр может быть как многофункциональным (обеспечение региона ресурсами в различных сферах), так и полифункциональным (воспроизведения процессов кооперирования). Здесь широко употребляются методы общематематического и картографического моделирования социально-экономических процессов и феноменов [7].

На основе обретенных в ходе изучения результатов составляются важнейшие выводы о целесообразности размещения инновационно-инвестиционного проекта в исследуемом регионе и возможности для повышения обеспечения региона ресурсами; определяются рекомендации по эффективному пространственному размещению инновационно-инвестиционных проектов (рисунок 1).

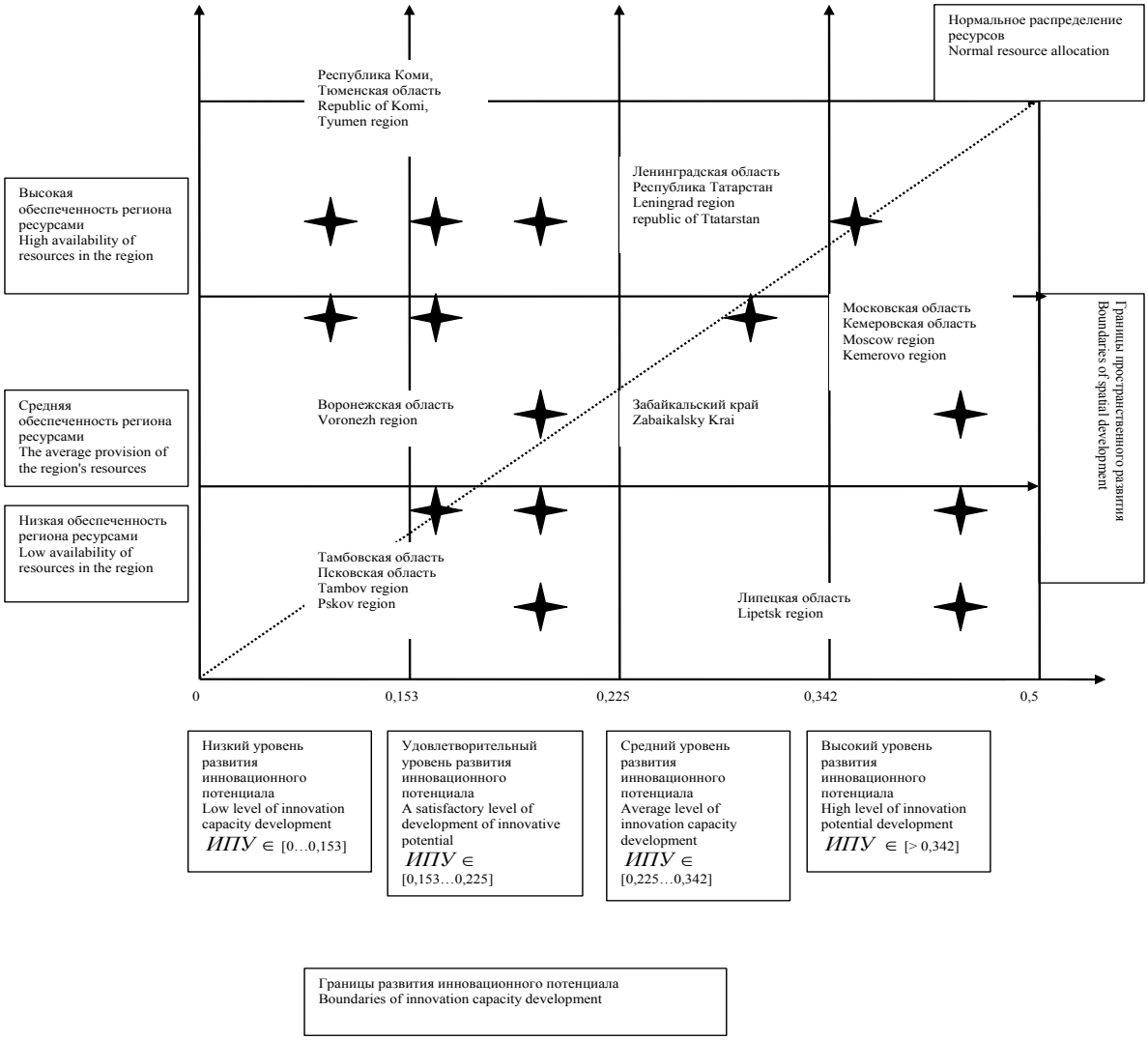


Рисунок 1. Границы развития инновационного потенциала

Figure 1. Boundaries of innovation capacity development

Заключение

Считаем, что данная структура исследования позволит выявить географические особенности инвестиционной деятельности с определением закономерностей развития инновационного потенциала к территориям с определенным пакетом ресурсов в рамках пространственного анализа, а также социально-экономические последствия реализации проектов, что даст возможность сформулировать основные рекомендации для органов управления территорией по оптимизации территориального развития и управлению инвестиционной деятельностью.

Исходя из этого нами представлены этапы разработки пространственного развития инновационного потенциала региона, которые должны учитывать не только обеспечение региона ресурсами, но и особенности локализации в системе «центр-периферия». Необходимо учитывать тип инвестиционного пространственного развития региона. Результатом такого типа пространственного роста должна стать «оптимизация» пространственного распределения инновационного потенциала и производства путем сжатия его вокруг очагов экономического развития.

Сценарий поляризованного роста предполагает формирование новой каркасной структуры пространственной организации России на основе определения регионов – «локомотивов роста». Предложенная структура может быть сформирована не только регионами, но городскими агломерациями, связанными общностью хозяйственной и социальной жизни, имеющими общую систему автотранспортных коммуникаций. Для сценария поляризованного роста принципиальное значение имеет определение полюсов роста. Сеть опорных регионов, представляющих полюса роста, должна формироваться как разноуровневая, включать опорные регионы международного (в качестве возможных претендентов выступают пока только Москва и Санкт-Петербург), федерального, окружного уровня.

Пространственное измерение инновационной модернизации экономики будет иметь различные проявления на разных уровнях российского пространства: на федеральном уровне ярче всего проявятся процессы агломерирования и формирования новых транзитных транспортных коридоров – узлов и трасс новой инновационной эпохи; на региональном уровне отчетливее станут видны компактные кластеры новых и старых видов экономической деятельности, приходящие на смену прежним, более экстенсивно размещенным, территориально-производственным комплексам; на местном уровне сформируются новые промышленные районы, возникающие в местах новой экономической активности на суше и на шельфе.

В качестве основных направлений встраивания российских хозяйствующих субъектов в цепочки добавленной стоимости на основе обеспеченности региона ресурсами следует рассматривать:

- для регионов центра европейской части России – высокотехнологичное (наукоемкие) производство конечной продукции нового технологического уклада гражданского и оборонного назначения (включая приборостроение, производство IT-сектора, автомобилестроение, химическую промышленность, сектор автотранспортных услуг, в том числе по реализации инновационного потенциала России в сфере международной торговли, туристско-рекреационный комплекс) [8];
- для регионов Северо-Запада России – высокотехнологичное хозяйство в области автотранспортного и электроэнергетического машиностроения, перерабатывающее производство лесного комплекса, производство топливно-энергетического комплекса, туристско-рекреационный комплекс; сектор транспортных услуг, в том числе услуг по реализации транзитного потенциала России;
- для регионов Юга России – туристско-рекреационный комплекс; производство агропромышленного комплекса; сельскохозяйственное машиностроение, транспортный комплекс (в том числе международные морские порты и аэропорты);
- для регионов Поволжья и Урала – производство конечной продукции в сфере тяжелого машиностроения, автомобилестроения, производства авиационных двигателей, химической и нефтехимической промышленности, черной металлургии;
- для регионов Западной Сибири – производство топливно-энергетического комплекса, нефте- и газопереработка, отдельное производство машиностроения, туристско-рекреационный комплекс;
- для регионов Восточной Сибири – глубокая переработка руд цветных металлов и производство изделий на их основе, перерабатывающее и конечное производство лесопромышленного комплекса, производство электроэнергии, туристско-рекреационый комплекс;
- для регионов Дальнего Востока – перерабатывающее и конечное производство лесопромышленного комплекса, морехозяйственного комплекса, цветной металлургии, топливно-энергетического комплекса, туристско-рекреационный комплекс, сектор автотранспортных услуг, в том числе услуг по продаже инновационного потенциала России в сфере международной торговли.

ЛИТЕРАТУРА

1 Мирохина А.А. Методический подход к анализу и оценке пространственного развития региона на примере Северо-Кавказского федерального округа // Актуальные проблемы модернизации экономики региона. 2013. Т. 1. № 2. С. 125–129.

2 Марков В.А. Информационные технологии и пространственные модели в анализе региональной локализации и глобализации безработицы // Информационная безопасность регионов. 2015. № 2 (19). С. 22–27.

3 Анисимов Ю.П., Журавлев Ю.В., Куксова И.В. Система формирования благоприятных условий для устойчивого развития инновационного потенциала нефтехимических предприятий // Вестник ВГУИТ. 2013. № 2. С. 256–259.

4 Muller E. Innovation interactions between knowledge-intensive business services and small and medium-sized enterprises: an analysis in terms of evolution, knowledge and territories. Springer Science & Business Media, 2012. 198 p.

5 Bhaskaran S. Incremental innovation and business performance: small and medium size food enterprises in a concentrated industry environment // Journal of Small Business Management. 2006. V. 44. № 1. P. 64–80.

6 Lundvall B.Å. National systems of innovation: Toward a theory of innovation and interactive learning. London: Anthem press, 2010.

7 Heidenreich M. Innovation patterns and location of European low-and medium-technology industries // Research Policy. 2009. V. 38. № 3. P. 483–494.

8 Weterings A., Boschma R. Does spatial proximity to customers matter for innovative performance?: Evidence from the Dutch software sector // Research Policy. 2009. V. 38. № 5. P. 746–755.

9 Fenta A.A., Kifle A., Gebreyohannes T., Hailu G. Spatial analysis of groundwater potential using remote sensing and GIS-based multi-criteria evaluation in Raya Valley, northern Ethiopia // Hydrogeology Journal. 2015. V. 23. № 1. P. 195–206.

10 Кутаева Т.Н., Горшкова Д.С., Шамин Е.А. Особенности развития потребительской кооперации на современном этапе // Вестник НГИЭИ. 2017. № 5 (72). С. 113-120.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Юрий П. Анисимов к.т.н., Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Юрий В. Журавлев д.т.н., кафедра управления, организации производства и отраслевой экономики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия,

Ирина В. Куксова к.т.н., кафедра туризма и гостиничного дела, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, iris1982@yandex.ru

Елена И. Балабанова Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Александр Ю. Жильников Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Татьяна В. Елагина студент, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 22.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 12.02.2019

REFERENCES

1 Mirokhina A.A. Methodical approach to the analysis and assessment of the spatial development of the region on the example of the North Caucasus Federal District. *Aktual'nyye problemy modernizatsii ekonomiki regiona* [Actual problems of modernization of the regional economy]. 2013. vol. 1. no. 2. pp. 125–129. (in Russian).

2 Markov V.A. Information technologies and spatial models in the analysis of regional localization and globalization of unemployment. *Informatsionnaya bezopasnost' regionov* [Information security of regions]. 2015. no. 2 (19). pp. 22–27. (in Russian).

3 Anisimov Yu.P., Zhuravlev Yu.V., Kuksova I.V. The system of creating favorable conditions for the sustainable development of the innovative potential of petrochemical enterprises. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2013. no. 2. pp. 256–259. (in Russian).

4 Muller E. Innovation interactions between knowledge-intensive business services and small and medium-sized enterprises: an analysis in terms of evolution, knowledge and territories. Springer Science & Business Media, 2012. 198 p.

5 Bhaskaran S. Incremental innovation and business performance: small and medium size food enterprises in a concentrated industry environment. Journal of Small Business Management. 2006. vol. 44. no. 1. pp. 64–80.

6 Lundvall B.Å. National systems of innovation: Toward a theory of innovation and interactive learning. London, Anthem press, 2010.

7 Heidenreich M. Innovation patterns and location of European low-and medium-technology industries. Research Policy. 2009. vol. 38. no. 3. pp. 483–494.

8 Weterings A., Boschma R. Does spatial proximity to customers matter for innovative performance?: Evidence from the Dutch software sector. Research Policy. 2009. vol. 38. no. 5. pp. 746–755.

9 Fenta A.A., Kifle A., Gebreyohannes T., Hailu G. Spatial analysis of groundwater potential using remote sensing and GIS-based multi-criteria evaluation in Raya Valley, northern Ethiopia. Hydrogeology Journal. 2015. vol. 23. no. 1. pp. 195–206.

10 Kutayeva T.N., Gorshkova D.S., Shamin E.A. Features of the development of consumer cooperation at the present stage. *Vestnik NGIEI* [Herald NGIEI]. 2017. no. 5 (72). pp. 113-120. (in Russian).

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Yuriy P. Anisimov Cand. Sci. (Engin.), Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Yuriy V. Zhuravlev Dr. Sci. (Engin.), management, organization of production and sectoral economics department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Irina V. Kuksova Cand. Sci. (Engin.), tourism and hotel business department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, iris1982@yandex.ru

Elena I. Balabanova Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Alexander Yu. Zhilnikov Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Tatyana V. Elagina student, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

CONTRIBUTION

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.22.2019

ACCEPTED 2.12.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 338.439.4

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-397-401

Применение методов перспективного финансового анализа для проектирования инновационных пищевых предприятий, направленных на импортозамещение

Кирилл В. Чекудаев [1] chkv1985@mail.ru
Галина А. Суязова [1] suyazova_galina@mail.ru
Екатерина А. Мотина [1] emotina18@mail.ru
Наталья А. Матвиенко [1] natali25_81@mail.ru

[1] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. В статье сформулирована проблема отсутствия производства пектина внутри страны, что влияет на продовольственную безопасность России. Рассматривается актуальность и значимость этой проблемы, а также целесообразность создания линии производства пектина на территории Воронежской области. Приводятся различные технологии производства пектина, однако наиболее прогрессивным признается методика электромембранной обработки технологических сред. Далее в работе представлен производственно-финансовый план проектируемого предприятия по производству пектина и по его результатам формируется прогнозная бухгалтерская отчетность. Для оценки вероятности банкротства предприятия необходимо создать адаптированную методику для оценки риска банкротства. На основе выборки предприятий, деятельность которых связана с производством загустителей и желеобразователей, а часть которых являются фактическими банкротами, создается модифицированная модель Суязовой. были рассчитаны показатели экономической рентабельности, коэффициент текущей ликвидности, рентабельность собственного капитала, коэффициент оборачиваемости запасов, оборачиваемость активов и рентабельность реализации продукции по всем предприятиям выборки за три последних года деятельности фирмы. На основе произведенных расчетов была получена новая методика, определяющая 4 возможных вероятности банкротства: высокая, средняя, низкая и минимальная. Методика была апробирована на тех же предприятиях, которые использовались для ее создания. Апробация методики показала, что в год банкротства все предприятия-банкроты были классифицированы как банкроты, а действующие признаны действующими. Также модель прогнозирует среднюю и высокую вероятности наступления банкротства за два года до наступления несостоятельности. Что позволяет сделать вывод о высокой прогнозной силе предложенной методики. Созданная модель прогнозирует минимальный риск банкротства для проектируемого предприятия. Следовательно, создание производства пектина признается целесообразным и необходимо продолжен разработку данного предприятия.

Ключевые слова: пектин, продовольственная безопасность, риск банкротства, прогнозирование, продукты питания, импортозамещение

Application financial analysis methods for the designing of innovative food enterprises, aimed at import substitution

Kirill V. Chekudaev [1] chkv1985@mail.ru
Galina A. Suyazova [1] suyazova_galina@mail.ru
Ekaterina A. Motina [1] emotina18@mail.ru
Natalia A. Matvienko [1] natali25_81@mail.ru

[1] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The article formulates the problem of the lack of pectin production in the country, which affects the food security of Russia. The relevance and significance of this problem, as well as the feasibility of creating a pectin production line in the territory of the Voronezh Region are considered. Various technologies for the production of pectin are given, but the most progressive is the method of electro-membrane processing of technological media. Further, the work presents the production and financial plan of the projected enterprise for the production of pectin and based on its results, forward-looking financial statements are formed. To assess the probability of bankruptcy of an enterprise, it is necessary to create an adapted methodology for assessing the risk of bankruptcy. On the basis of a sample of enterprises whose activities are related to the production of thickeners and gelling agents, some of which are actual bankrupts, a modified Suyazova model is created. economic profitability indicators, current liquidity ratio, return on equity, stock turnover ratio, asset turnover and product sales profitability across all enterprises in the last three years of the company's activity were calculated. On the basis of the calculations made, a new method was obtained, defining 4 possible probabilities of bankruptcy: high, medium, low and minimal. The technique was tested on the same enterprises that were used to create it. Approbation of the methodology showed that in the year of bankruptcy all bankrupt enterprises were classified as bankrupt, and the existing ones were recognized as valid. The model also predicts the average and high probability of bankruptcy two years before the onset of insolvency. This allows us to conclude that the predictive power of the proposed methodology is high. The created model predicts minimal bankruptcy risk for the projected enterprise. Consequently, the creation of pectin production is recognized as expedient and the development of this enterprise must continue.

Keywords: pectin, food security, bankruptcy risk, forecasting, food, import substitution

Для цитирования

Чекудаев К.В., Суязова Г.А., Мотина Е.А., Матвиенко Н.А. Применение методов перспективного финансового анализа для проектирования инновационных пищевых предприятий, направленных на импортозамещение // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 397–401. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-397-401

For citation

Chekudaev K.V., Suyazova G.A., Motina E.A., Matvienko N.A. Application financial analysis methods for the designing of innovative food enterprises, aimed at import substitution. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 397–401. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-397-401

Введение

В отечественной экономике на сегодняшний день существует практически никем не занятая ниша – производство пектина. Ежегодно потребление пектина увеличивается, что благоприятствует созданию и развитию линии производства пектина в России.

Пектин широко используется в пищевой промышленности. Основными потребителями пектина являются предприятия кондитерского производства, производства хлебобулочных изделий и производства кисломолочной продукции.

Широкая потребность в пектине и отсутствие его на отечественном рынке заставляет российских производителей закупать пектин в Европе по высоким ценам. Создание и развитие предприятия по производству пектина не только насытит рынок товаром отечественного производства по более низкой цене, но и позволит обеспечить продовольственную безопасность страны.

Для обеспечения российского рынка более выгодным по цене пектином, произведенным с помощью прогрессивных электротехнологий, планируется создать новое предприятие. Его главной целью будет получение прибыли от реализации продукции и как стратегическая цель – обеспечение продовольственной безопасности страны.

Востребованность пектина в современных условиях гарантирует высокий спрос на продукцию среди отечественных предприятий пищевой промышленности. Входных барьеров на рынок и отрасль нет. Конкуренция в нашей стране отсутствует, следовательно, нет и криминализации отрасли.

Проектирование предприятия

Средняя цена пектина в мире на сегодняшний день составляет 30 долл. или 2000 р. за 1 кг. С учетом издержек пектин проектируемого предприятия планируется реализовывать по цене 22 долл. или 1500 р. за 1 кг.

Суммарные затраты на закупку оборудования составят 60 млн р. Дополнительно потребуется оплатить монтаж оборудования 12 млн р. Итого покупка оборудования и монтаж составят 72 млн р.

Исходным сырьем для производства пектина методом электромембранной обработки технологических сред является яблочный жом. Данный вид сырья рентабельней закупать на предприятиях, производящих соки и концентраты. В целях снижения себестоимости на трансферные расходы планируется закупать сырье в регионе производства. Поставщик сырья – предприятие ООО «Спартан», производящее фруктовые соки на территории Воронежской области. Закупка сырья с учетом самовывоза составит 500 р. за 1 т яблочного жома.

Проектируемое предприятие будет иметь организационно-правовую форму общества с ограниченной ответственностью. Так как базы под производство в регионе нет, необходимо возводить новое сооружение. Наилучшим местоположением будет Левобережный район Воронежа, рядом с поставщиком сырья. Постройка производственных сооружений с коммуникациями составит 40 млн р.

На предприятии планируется первоначально создать 20 рабочих мест: 15 человек производственного персонала (средняя заработная плата 30 тыс. р./мес) и 5 человек организационного персонала и управления (средняя заработная плата 40 тыс. р./мес). Таким образом, годовой фонд оплаты труда с социальными, налоговыми и страховыми отчислениями составит 11,154 млн р.

Себестоимость готовой продукции будет складываться из стоимости сырья и реагентов, расходов на энергозатраты, электроэнергию и водоотведение, а также заработной платы производственного персонала. Учитывая эти факторы, себестоимость 1 кг пектина будет составлять 1200 р. Чтобы сохранять конкурентоспособную цену сделаем наценку 25%, таким образом, цена пектина будет равна 1500 р за 1 кг.

В течение первого года реализации будут уплачиваться следующие налоговые отчисления: НДС (20%), налог на прибыль (20%), НДФЛ (13%), совокупные страховые взносы в ПФР, ФСС, ФФОМС (30%).

Оценивая риски проекта, можно отметить, что наиболее существенными рисками являются объявленные России санкции странами Европы и США и высокая инфляция. Риски оправданы, но на бизнес повлиять не могут, т.к. пектиновый бизнес является сверхрентабельным, а также имеет большой спрос как в Европе, так и в США. Планируемый срок окупаемости предприятия 2,3 года.

Разработка модели оценки риска банкротства

Оценим вероятность банкротства проектируемого предприятия по модифицированной модели Суязовой, разработанной на базе предприятий отрасли производства пищевых ингредиентов (загустителей, желеобразователей

природного происхождения). Данная модель учитывает отраслевой критерий и специфику экономики России. Она разработана на основе 11 предприятий, 3 из которых реальные банкроты (таблица 1).

Таблица 1.

Предприятия выборки для разработки

Table 1.

Enterprises sampling for model development

Название предприятия | Company Name	Условное обозначение | Symbol	Факт банкротства | The fact of bankruptcy	Отчетный год | Reporting year
Ассоциация российских производителей крахмалопаточной продукции | Association of Russian Manufacturers of Starch Products	П1	–	2016
АО «Плещеевский крахмальный завод» | JSC “Plescheevsky Starch Plant”	П2	–	2016
АО «Крахмалопродукты» | JSC “Starch Products”	П3	–	2016
ООО «Чувашъенкрахмал» | LLC “Chuvashenkrakhmal”	П4	–	2016
ООО «Крахмальный завод Гулькевичский» | LLC “Gulkevichsky Starch Plant”	П5	–	2016
ООО «Звягинский крахмальный завод» | LLC “Zvyaginsky Starch Plant”	П6	–	2016
ООО «Астон крахмалопродукты» | LLC “Aston starch products”	П7	–	2016
АО Хоботовское предприятие «Крахмалопродукты» | JSC Khobotovsky enterprise “Starch products”	П8	–	2016
АО «Борисоглебский крахмал» | JSC “Borisoglebsky Starch”	П9	+	2013
АО «Крахмалопатока» | JSC “Starchopathok”	П10	+	2013
Сельскохозяйственный потребительский перерабатывающий снабженческий кооператив «Ельниковские крахмалы» | Agricultural consumer processing supply cooperative “Yelnikovsky starches”	П11	+	2015

Для приведенных предприятий рассчитываются следующие показатели:

- экономическая рентабельность;
- коэффициент текущей ликвидности;
- рентабельность собственного капитала;
- коэффициент оборачиваемости активов;
- коэффициент оборачиваемости запасов;
- рентабельность реализации продукции.

Рассчитаем значение каждого из шести показателей для всех предприятий выборки за 3 года их функционирования.

Проведя анализ полученных результатов методом экспертных оценок, каждому показателю в зависимости от влияния на результативный показатель присваивался весовой коэффициент. На основе данной выборки и приведенных расчетов была сформулирована модель следующего вида:

$$R = 0,6x_1 + 0,9x_2 + 0,004x_3 + 0,004x_4 + 0,78x_5 + 0,34x_6,$$

где x_1 – экономическая рентабельность; x_2 – коэффициент текущей ликвидности; x_3 – рентабельность собственного капитала; x_4 – коэффициент оборачиваемости активов; x_5 – коэффициент оборачиваемости запасов; x_6 – рентабельность реализации продукции.

Результаты интерпретируются следующим образом:

R < 1 – высокая вероятность банкротства (70–100%), 1 < R < 9 – средняя вероятность банкротства (40–70%), 9 < R < 20 – низкая вероятность банкротства (20–40%), R > 20 – минимальная вероятность банкротства (0–20%).

Апробация и результаты

Для апробации предложенной методики оценим вероятность банкротства предприятий выборки за 3 года. На протяжении исследования предприятия находились в трех различных стадиях: функционирование, ликвидация и банкротство (таблица 2).

Таблица 2.

Апробация методики

Table 2.

Approbation of methods

Предприятие Company	2016/год банкротства (bankruptcy)			2015/1 год до банкротства (bankruptcy)			2014/2 года до банкротства (bankruptcy)		
	R	Прогноз Forecast	Факт Fact	R	Прогноз Forecast	Факт Fact	R	Прогноз Forecast	Факт Fact
П1	11,32	Низкая Low	–	3,29	Средняя Average	–	12,68	Средняя Average	–
П2	9,48	Средняя Average	–	6,46	Средняя Average	–	1,53	Средняя Average	–
П3	16,45	Низкая Low	–	13,63	Низкая Low	–	10,20	Низкая Low	–
П4	18,61	Низкая Low	–	1,59	Средняя Average	–	0,55	Высокая High	–
П5	19,19	Низкая Low	–	11,10	Низкая Low	–	5,95	Средняя Average	–
П6	38,25	Минимум Min	–	30,19	Минимум Min	–	31,55	Минимум Min	–
П7	33,82	Минимум Min	–	10,13	Низкая Low	–	4,47	Средняя Average	–
П8	67,77	Минимум Min	–	38,79	Минимум Min	–	25,03	Минимум Min	–
П9	-13,78	Высокая High	+	-23,23	Высокая High	Ликвидировано Eliminated	-8,58	Высокая High	–
П10	-117,75	Высокая High	+	4,13	Средняя Average	Ликвидировано Eliminated	3,88	Средняя Average	–
П11	0,11	Высокая High	+	-10,27	Высокая High	Ликвидировано Eliminated	-11,06	Высокая High	–

Апробация методики показала, что в год банкротства все предприятия-банкроты были классифицированы как банкроты, а действующие признаны действующими. Модель прогнозирует среднюю и высокую вероятности наступления банкротства за 2 года до наступления несостоятельности, что позволяет сделать вывод о высокой прогнозной силе предложенной методики. Высокую вероятность банкротства модель присваивает для ООО «Чувашъенкрахмал» в 2014 г., однако это связано с началом функционирования фирмы, высокими вложениями и низкими доходами до момента окупаемости. На протяжении всего периода исследования действующие предприятия не признавались банкротами и в большинстве случаев имели низкую и минимальную вероятность наступления банкротства.

Проведя анализ вероятности банкротства проектируемого предприятия за первый год существования, получаем: $x_1 = 43{,}49$; $x_2 = 0{,}00$; $x_3 = 11975{,}6$; $x_4 = 3{,}2$; $x_5 = 24{,}94$; $x_6 = 15{,}84$.

Таким образом, R = 98, а следовательно, вероятность наступления критического состояния минимальна.

Заключение

Подводя итоги, следует отметить, что в последние годы вопрос импортозамещения является один из наиболее актуальных вопросов отечественной экономики. С момента наложения санкций странами ЕС и США на Россию появилось множество предприятий, обеспечивающих страну товарами отечественного производства, которые ранее приходилось импортировать с запада. На это в значительной мере повлияла поддержка государства для подобных предприятий, а также льготы и выгодные условия инвестирования на развитие импортозамещающих предприятий. Проектируемое предприятие относится к импортозамещающим и при растущем спросе на пектин среди предприятий пищевой промышленности имеет шансы стать перспективным для продаж внутри страны и за ее пределами.

Характеризуя барьеры для входа на рынок, отрасль производства пищевых ингредиентов, а также организационный и финансовый планы, можно сделать вывод, что предприятие инвестиционно привлекательно, имеет быстрый планируемый срок окупаемости (до 3 лет) и прогнозируемая вероятность банкротства минимальна, следовательно, данное предприятие будет успешным в реализации.

ЛИТЕРАТУРА

1 Коломыцева О.Ю., Беляева Г.В., Овчинникова Т.И., Колесникова Е.Ю. Индикативная оценка продовольственной безопасности Воронежской области // Вестник ВГУИТ. 2018. № 1. С. 298–307.

2 Хорев А.И., Овчинникова Т.И., Пахомов А.И., Кобелева С.В. Методические подходы к анализу экономической безопасности инновационно-инвестиционных проектов в продовольственном комплексе // Вестник ВГУИТ. 2013. № 4. С. 241–245.

3 Sato M.F., Rigoni D.C., Nogueira A., Wosiacki G. et al. Chemical and instrumental characterization of pectin from dried pomace of eleven apple cultivars // Acta Scientiarum. Agronomy. 2011. V. 33. № 3. P. 383–389.

4 Skiter N.N., Sidunova G.I., Kozenko Y.A. Constraining factors for the development of the organic food market in Russia // Contributions to Economics. 2017. № 9783319454610. P. 469–479.

5 Jindal N., McAlister L. The impacts of advertising assets and R&D assets on reducing bankruptcy risk // Marketing Science. 2015. V. 34. № 4. P. 555–572.

6 Telipenko E., Zakharova A., Sopova S. Forecasting risk of bankruptcy for machine-building plants // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2015. V. 91. № 1. P. 012066.

7 Korol T. Evaluation of the factors influencing business bankruptcy risk in Poland // e-Finanse. 2017. V. 13. № 2. P. 22–35.

8 Pekkaya M., Erol Demir F. Determining the priorities of criteria in assessing the bankruptcy risk of the banks via AHP // Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi. 2016. V. 30. P. 40–45. doi: 10.17130/ijmeb.2016icafr22422

9 Posey L.L., Bajtelsmit V. Insurance and Endogenous Bankruptcy Risk: When is it Rational to Choose Gambling, Insurance, and Potential Bankruptcy? // The Geneva Risk and Insurance Review. 2017. V. 42. № 1. P. 15–40.

10 Gross T., Trenkamp B. Risk of bankruptcy among applicants to disability insurance // Journal of health care for the poor and underserved. 2015. V. 26. № 4. P. 1149–1156.

11 Груздев Г.В., Генералов И.Г. Исторические особенности российской внешней торговли на мировом зерновом рынке // Вестник НГИЭИ. 2017. № 8 (75). С. 118–126.

12 Шавандина И.В., Кучин С.В., Козлов В.А. Эффективность развития сферы услуг в Российской Федерации // Вестник НГИЭИ. 2018. № 8 (87). С. 142–153.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Кирилл В. Чекудаев к.э.н., доцент, кафедра теории экономики и учетной политики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, chkv1985@mail.ru

Галина А. Суязова магистрант, консультант по экономическому развитию, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, suyazova_galina@mail.ru

Екатерина А. Мотина к.т.н., доцент, кафедра биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, emotina18@mail.ru

Наталья А. Матвиенко к.т.н., доцент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, natali25_81@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 10.01.2019
ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.02.2019

REFERENCES

1 Belyaeva G.V., Ovchinnikova T.I., Kolesnikova E. Yu., Kolomyceva O. Yu. An indicative assessment of food security in the Voronezh Region. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. no. 1. pp.298–307. (in Russian).

2 Khorev A.I., Ovchinnikova T.I., Pakhomov A.I., Kobeleva S.V. Methodological approaches to the analysis of economic security innovative and investment projects in the food complex. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2013. no. 4. pp. 241–245. (in Russian).

3 Sato M.F., Rigoni D.C., Nogueira A., Wosiacki G. et al. Chemical and instrumental characterization of pectin from dried pomace of eleven apple cultivars. Acta Scientiarum. Agronomy. 2011. vol. 33. no. 3. pp. 383–389.

4 Skiter N.N., Sidunova G.I., Kozenko Y.A. Constraining factors for the development of the organic food market in Russia. Contributions to Economics. 2017. no. 9783319454610. pp. 469–479.

5 Jindal N., McAlister L. The impacts of advertising assets and R&D assets on reducing bankruptcy risk. Marketing Science. 2015. vol. 34. no. 4. pp. 555–572.

6 Telipenko E., Zakharova A., Sopova S. Forecasting risk of bankruptcy for machine-building plants. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2015. vol. 91. no. 1. pp. 012066.

7 Korol T. Evaluation of the factors influencing business bankruptcy risk in Poland. e-Finanse. 2017. vol. 13. no. 2. pp. 22–35.

8 Pekkaya M., Erol Demir F. Determining the priorities of criteria in assessing the bankruptcy risk of the banks via AHP. International Management Journal of Economics and Business. 2016. vol. 30. pp. 40–45. doi: 10.17130/ijmeb.2016icafr22422

9 Posey L.L., Bajtelsmit V. Insurance and Endogenous Bankruptcy Risk: When is it Rational to Choose Gambling, Insurance, and Potential Bankruptcy? The Geneva Risk and Insurance Review. 2017. vol. 42. no. 1. pp. 15–40.

10 Gross T., Trenkamp B. Risk of bankruptcy among applicants to disability insurance. Journal of health care for the poor and underserved. 2015. vol. 26. no. 4. pp. 1149–1156.

11 Gruzdev G.V., Generalov I.G. Historical features of Russian foreign trade on the world grain market. *Vestnik NGIEI* [Herald NGIEI]. 2017. no. 8 (75). pp. 118–126. (in Russian).

12 Shavandina I.V., Kuchin S.V., Kozlov V.A. Efficiency of development of the service sector in the Russian Federation. *Vestnik NGIEI* [Herald NGIEI]. 2018. no. 8 (87). pp. 142–153. (in Russian).

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Kirill V. Chekudaev Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, chkv1985@mail.ru

Galina A. Suyazova master student, economic development consultant, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, suyazova_galina@mail.ru

Ekaterina A. Motina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, biochemestry and biotechnology department, Voronezh state University of engineering technologies, Revolution Avenue, 19, Voronezh, 394036, Russia, emotina18@mail.ru

Natalia A. Matvienko Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology of fermentation and sugar industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, natali25_81@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.10.2019
ACCEPTED 2.18.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 330

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-402-411

Социальное самочувствие людей и стратегия инновационного развития предприятия

Ирина А. Киселева [1] kia1962@list.ru
Николай Е. Симонович [2] nsimoni@mail.ru
Елена Д. Соломатина [3] soloha73@mail.ru

[1] Российский экономический Университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, Россия
[2] Российский Государственный Гуманитарный Университет, Миусская пл., 6, г. Москва, Россия
[3] Воронежский филиал Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова, ул. Карла Маркса, 67А, Воронеж, Россия

Аннотация. В статье изложены проблемы внедрения инноваций в России с точки зрения развития процессов стандартизации в области управления рисками и психологического становления профессии риск-менеджера. Рассмотрены особенности разработки инновационного развития предприятия с учетом состояния социального самочувствия людей. Стратегия инновации, прежде всего, подразумевает стратегическое управление, как деятельность по формированию и воплощению миссии, основных целей компании, которые гарантируют ее развитие в среде постоянной конкуренции и нестабильности. Стратегическое управление – это непрекращающийся процесс подбора и исполнения направлений деятельности организации, с учетом социального самочувствия сотрудников, основывающийся на прогнозировании изменения внешней среды, предсказывания проблем на основе экспертных решений, направленных на поддержание созданного преимущества компании.

Ключевые слова: предприятие, инновации, риски, управление риска, социальное самочувствие

Social well-being of people and the strategy of innovative development of the enterprise

Irina A. Kiseleva [1] kia1962@list.ru
Nikolai E. Simonovich [2] nsimoni@mail.ru
Elena D. Solomatina [3] soloha73@mail.ru

[1] Plekhanov Russian University of economics, Stremyanny alley, 36, Moscow, Russia
[2] Russian State Humanitarian University, Miusskaya sq., 6, Moscow, Russia
[3] Voronezh branch of the Russian Economic University named after G.V. Plekhanov, Karl Marx str., 67A, Voronezh, Russia

Abstract.The article describes the problems of introducing innovations in Russia from the point of view of the development of standardization processes in the field of risk management and the psychological development of the profession of a risk manager. The features of the development of innovative development of the enterprise, taking into account the state of social well-being of people, are considered. Innovation strategy, above all, implies strategic management, as an activity of forming and implementing the mission, the main goals of the company, which guarantee its development in an environment of constant competition and instability. Strategic management is an ongoing process of selecting and executing the organization's activities, taking into account the social well-being of employees, based on predicting changes in the external environment, predicting problems based on expert decisions aimed at maintaining the company's created advantage.

Keywords: enterprise, innovation, risks, risk management, social well-being

Введение

Внедрение инноваций на предприятии, изучение социального самочувствия сотрудников, по сути, представляет собой использование плодов научно-технического прогресса с целью успешного ведения бизнеса. Он применяется для расширения ассортимента товаров и их функциональных возможностей, повышения качества данной продукции и изменения спроса за счет повышения покупательской способности.

Любая организация хочет быть конкурентоспособной и поддерживать собственный имидж на рынке за счет:

- внедрения свежих инновационных технологий с учетом психологических особенностей персонала;
- поиска новых идей в сфере управления персоналом, маркетинга и внедрения новых технологий на производстве товаров и при оказании услуг;
- влияния на покупательский спрос целевой аудитории различными способами с использованием инновационных технологий продаж;
- создания новых форм производства и креативных технологий формирования проектной команды;

Для цитирования
Киселева И.А., Симонович Н.Е., Соломатина Е.Д. Социальное самочувствие людей и стратегия инновационного развития предприятия // Вестник ВГУИТ.2019. Т. 81. № 1. С. 402–411. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-402-411

For citation
Kiseleva I.A., Simonovich N.E., Solomatina E.D. Social well-being of people and the strategy of innovative development of the enterprise. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 402–411. (inRussian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-402-411

- появления новых структур и подразделений в производственной цепи, изменения ценовой политики на рынке.

Процесс внедрения инноваций в деятельность компании – это довольно широкая сфера деятельности, в которой взаимодействуют различные психологические факторы, методы, технологии, способы управления и структуры, которые занимаются:

- разработками и опытами в сфере создания совершенно нового вида продукта, современным подходом к организации труда, внедрением инновационного оборудования;
- планированием, разработкой, поэтапным координированием и снабжением средствами всех разработок и внедрением прогрессивных инноваций в производство;
- усовершенствованием различных методов стимулирования трудового коллектива;
- разработкой системы сообщения для увеличения темпов внедрения результатов, разработкой коммуникаций научно-технической деятельности.

Инновационные процессы призваны поставить в полном объеме результаты исследований на коммерческую основу для расширения ассортимента товаров (услуг), улучшения их потребительских качеств, развития новых технологий производства с целью закрепления лидирующих позиций товаров как на внутреннем, так и на международном рынке [7].

Общие принципы организации инновационной деятельности на предприятии

1. Потребность обеспечивать непрерывное протекание инновационных процессов. Процесс функционирования системы без остановок – это неусыпный контроль работоспособности коммуникаций на разных стадиях инновационного цикла.

2. Все составляющие инновационной политики подробно прописаны с распределением функций всех сотрудников и отделов, участвующих в процессе.

3. Анализ влияния различных внешних и внутренних факторов и процессов коммуникации, способных воздействовать на внедрение новых технологий.

4. Определение взаимосвязи имеющихся полномочий и соразмерных им мер ответственности.

5. Достижение оптимальных результатов производства и конкурентоспособности на рынке с минимальными затратами ресурсов и средств за счет совершенствования текущих процессов.

6. Горизонтальные и вертикальные структурные взаимодействия для организации инновационной деятельности на всех уровнях и во всех функциональных подразделениях.

Помимо общих принципов выделяют также специфические принципы внедрения инновационных технологий.

1. Обеспечение хорошего взаимодействия сотрудников для повышения работоспособности и качества генерации и внедрения идей.

2. Удовлетворение потребительского спроса.

3. Имеющиеся задачи определяют направление всей работы компании по внедрению и развитию новых технологий.

4. Инновационная деятельность осуществляется параллельно в нескольких направлениях, а не в одном конкретном.

5. Руководство компании самостоятельно генерирует и контролирует все процессы инновационной деятельности. Именно здесь включается стратегическое планирование и формируются направления развития компании. Те структуры, которые заняты в процессах внедрения инноваций, должны иметь единую схему решения задач и их оптимизации.

6. Все ресурсы организации вовлечены в процесс внедрения инновационных технологий и развитие компании в заданном направлении.

Естественно, процесс внедрения, какой бы то ни было технологии обусловливается рядом ключевых функций.

1. Составление плана мероприятий инновационной политики. Во-первых, формируется роль организации на рынке при успешном внедрении инновационных процессов. Во-вторых, вырабатывается стратегия работы по направлениям и определяются цели и задачи по каждому из них. В-третьих, руководство выбирает наиболее эффективные методы инноваций по каждому из направлений. Долгосрочные планы компании на будущее позволяют сформировать ее нынешние задачи и приоритеты развития. На практике все это реализуется на фоне конкретных действий персонала.

2. Контроль инновационной деятельности. Давно известна идея развивать собственный бизнес за счет современных научных достижений. Но при этом, если компания хочет эффективно внедрить собственный механизм инновации, ей необходимо создать собственное подразделение профессионалов, отвечающих за современные технологии. Эти люди должны генерировать инновационные идеи и следить за их практическим применением.

3. Стимулирование субъектов инновационной деятельности. Для процесса внедрения новых технологий и реализации крупных идей требуются дружеская и продуктивная атмосфера в коллективе, команда креативно мыслящих специалистов, которые замотивированы добиться цели, а также достойное денежное вознагражднеие. Это и есть основная задача мотивации кадров.

4. Постоянный промежуточный контроль достижений внедрения инноваций. Ход данных процессов необходимо постоянно контролировать и давать им оценку. Это следует делать для того, чтобы убедиться в правильном выборе стратегии, а в случае необходимости – учесть совершенные ошибки и исправить их.

Инновационные процессы включают работу по созданию новых видов продукции или улучшение качества уже выпускаемых товаров, совершенствование форм и способов организации производства, их доставки и реализации. Развитие организации и укрепление ее позиций на рынке – главная цель инновационной деятельности внутри компании [6, с. 35].

Если компания проводит такие внедрения, следовательно, имеется ряд целей и стоит задача их достигнуть для удовлетворения внутренних потребностей. Это – инновационные решения в увеличении качества производства за счет модернизации всех работающих структур, стимулирование интеллектуального и научно-технического ресурса, увеличение объемов производства и продаж товаров или услуг с качественно новыми показателями [1].

Данная инновационная деятельность предприятия полностью должна способствовать появлению на рынке высокотехнологического продукта, выполненного в соответствии с последними достижениями науки и техники. Он должен быть конкурентоспособным и способствовать развитию экономики в целом [2]. Для создания такого товара нужно учесть все особенности современного рынка и риски, правильно поставить задачи, попытаться предугадать грядущие проблемы и затруднения и включить в план пути их преодоления.

Главные задачи инновационной деятельности организации

1. Создание индивидуальных свежих идей, научно-исследовательские работы, конструкторские разработки, проведение анализов и испытаний, создание образцов новых изделий.

2. Изучение имеющегося сырья ресурсов и изучение материалов, которые могут быть использованы при создании образцов новой продукции.

3. Выбор технологических процессов, разработок и идей для внедрения их в собственное производство.

4. Полный процесс внедрения и выпуска новых образцов, машин, механизмов.

5. Модернизирование методов управления под современные реалии инновационных методов управления.

6. Инновационная кадровая политика в отношении персонала.

7. Стабильные коммуникации и обмен информацией для обеспечения инновационных процессов.

8. Постепенное формирование базы данных и создание библиотеки тематической документации, относящейся к развитию, внедрению, использованию инновационных технологий с учетом защиты авторского права.

9. Маркетинговые исследования по продвижению данных технологий.

10. Организация деятельности и производство опытных образцов продукции.

11. Внедрение новых технологий в производство.

12. Производство и продвижение на рынок продуктов-результатов инновационной работы.

Факторы, влияющие на развитие инновационного потенциала предприятия

Оценить факторы, влияющие на инновационный потенциал предприятия, можно с помощью анализа, позволяющего соотнести степень готовности компании к применению новых технологий.

Научно-техническая база, наличие квалифицированных кадров в сочетании с инвестиционной политикой формируют тот потенциал предприятия, который генерирует инновационные идеи и формирует структуру работы. К этому процессу подключаются многие сегменты компании, в частности, образовательный и финансовый. Образовательный сегмент создает идеи, которые в конечном счете превратятся в новый, современный, ни на что не похожий продукт, разработку и производство которого оплачивает финансовый департамент компании.

Внедрение инноваций может подразумевать возможность кардинального изменения кадрового состава и перестановок внутри структурных подразделений для оптимизации работы над проектом. Это касается и управленческого сегмента, и производственной части организации. Жизненно необходимо выстроить коммуникации для взаимодействия, чтобы инновационные внедрения продвигались значительно быстрее. Иногда жесткая вертикаль системы подчиненности в компании мешает раскрытию имеющегося в подчинённых потенциала.

На предприятии должны быть хорошо налажены связи с внешним миром, поскольку в современных конкурентных условиях рынка очень важно оперативно реагировать на изменения вокруг. Умение правильно оценить обстановку и принять верное решение – основной залог руководства для сохранения инновационного потенциала.

В ином случае внедрение инноваций может быть замедлено, неэффективно организовано или совсем отсутствовать. Это может привести к тому, что роль компании на рынке будет снижена, а желаемые позиции будут утрачены или просто не достигнуты.

Инновационный потенциал представляет собой качественный переход от использования традиционных методов управления и производства продукции к современному менеджменту управления и созданию такого продукта, который способен выдержать любые формы конкуренции на рынке.

Текущая политика компании придерживается соблюдения определенных правил и методов. Она предусматривает полное использование всех имеющихся ресурсов. Большое значение имеет способность руководящих структур проанализировать существующие данные и приложить все усилия, подключить творческие и аналитические способности на реализацию задуманных проектов.

На потенциал предприятия оказывают влияние следующие факторы:

- коммуникации с внешней средой;
- свойства и особенности производимой продукции;
- сроки годности товара;
- обработка и контроль информации о состоянии дел на рынке инноваций и рынке в целом;
- доля практических интересов компании;
- потенциал маркетинговых и управляющих структур;
- кадровая политика в отношении квалифицированного и технически образованного персонала, задействованного во внедрении инноваций;
- технические параметры используемого оборудования;
- микроклимат на предприятии.

В России замедлены темпы инновационного развития из-за сложности изменения имеющихся форм управления предприятиями. Тем временем рынок ждет появления товара или услуги, созданной на основе современных достижений науки при внедрении новейших методов производства.

Основные направления инновационного развития предприятия

Комплексная механизация и автоматизация производства – правильная организация производственной линейки, использование унифицированных станков, машин, устройств и приборов, которые способны дополнять и при необходимости заменять друг друга. Это увеличивает объемы производства и повышает производительность труда. Существует довольно давняя тенденция замены ручного труда в любом его проявлении современными технологиями и методами производства.

Механизация изменялась и модернизировалась по конкретной схеме: от уникального производства к массовому производству. В начале были автоматизированы самые трудоемкие и трудозатратные процессы, а затем все вспомогательные действия при производстве продукции.

Автоматизация – частичная или полная замена человеческого труда в процессе производства. Она имеется в любых сферах деятельности, где ручной и умственный труд может быть частично или полностью заменен действием специальных машин или механизмов. Автоматизация бывает связана:

- с частичной заменой (заменяются некоторые элементы производства);
- комплексной заменой (касается всего производственного цикла);
- полной заменой (весь процесс производства осуществляется без непосредственного участия персонала).

Химизация производства – развитие инновационной деятельности посредством применения и внедрения химических технологий, использования сырьевой базы, материалов и изделий, полученных методами синтеза для увеличения эффективности производства, новизны и качества выпускаемой продукции. В качестве примера можно привести современные лаки, покрытия, синтетические волокна, химические добавки и пластмассу.

Электрификация производства – широкое применение машин и механизмов, использующих электричество в качестве питания силовых установок. К подобным видам работ можно отнести лазерную резку твердых материалов, лазерную сварку, электрофизическую и электрохимическую обработку для получения новых форм и защитных покрытий.

Электронизация производства. Данный факт позволяет внедрять в работу персональные компьютеры, вычислительные системы, прикладное программное обеспечение, станки с программным управлением, промышленных

роботов. Электронизация производства является важнейшим фактором для внедрения и использования инновационных технологий.

Создание и внедрение новых материалов, обладающих качественно новыми эффективными свойствами. Данные материалы имеют уникальные свойства, позволяющие создавать товары со сверхпроводимостью, а также продукты, которые могут соприкасаться с вредоносной средой и обладать стабильным поведением при нахождении в среде высоких температур и радиоактивного поля. Создание и налаженное производство таких материалов резко повышает конкурентоспособность на рынке и имидж компании. Особенно престижным считается создание или использование экологически чистых материалов, безотходного производства и быстроразлагающихся материалов.

Инновационные технологии, используемые в производстве, способны сэкономить ресурсы при создании качественного недорогого товара, готового выйти на рынок.

Инновационная стратегия развития предприятия

Проанализировав любую стратегию производства, можно заметит, что, как и при других технологиях, товар имеет собственный срок годности и жизненный цикл. Жизненный цикл можно описать через следующие этапами развития.

1. Зарождение идеи – базовое состояние проекта, момент появления зародыша новой стратегии развития.
2. Рождение продукта – выпуск товара на рынок после фактической реализации всех этапов инновационной деятельности.
3. Утверждение позиций – завоевание места на рынке и постепенное вытеснение конкурентов за счет своих основных преимуществ: отличающегося качества при несоразмерной в некоторых случаях стоимости.
4. Стабилизация продукта – момент пика, совершенства товара благодаря техническому превосходству.
5. Процесс упрощения – утрата потребительских качеств на фоне современных и более модернизированных товаров.
6. Падение продаж – полная потеря спроса и интереса.
7. Затухание производства – снижение объемов производства и очередная модернизация линии производства для нового продукта.
8. Деструктуризация производства – прекращение производства данного товара и поиск новых идей и направлений модернизации и внедрения инноваций.

Наблюдение за ситуацией на рынке нужно, чтобы отслеживать появление конкурентных товаров, способных вытеснить ваш и знать о предполагаемых сроках его вытеснения. Имея такую информацию, можно подстроить собственные планы выпуска продукции, минимизировать собственные потери и затраты и выбрать самую оптимальную стратегию.

Виды инновационной стратегии производства зависят от поставленных задач

Стратегия наступления. Задача – нацеленность на результат в узком направлении работы и выпуск на рынок одного продукта с высочайшим потребительским спросом, который способен конкурировать с любым аналогичным товаром на рынке. Нужно тщательное исследование рынка.

Оборонительная стратегия. Применяется компаниями, занимающими конкретные стабильные позиции на рынке. У них хорошо отлажены технологические процессы производства под управлением высококвалифицированного персонала. Такая продукция гораздо дольше держится на рынке из-за репутации компании. Задача данной стратегии – удержание позиций [8, с. 9].

Стратегия промежуточного внедрения. Такие компании постепенно входят в различные сегменты рынка, которые на данный момент относительно свободны. Ищутся ниши на рынке, в которых нет серьезной конкуренции, поэтому можно беспрепятственно войти на рынок, не боясь конкурентов.

Стратегия поглощений. Задача – купить права на инновационную деятельность у других более слабых предприятий наряду с использованием собственных достижений в данной сфере. Данная стратегия может применятся совместно с любой другой.

Стратегия имитации. Задача – сэкономить на затратах и издержках производства. Компания выпускает товар такой же, как и у конкурента, однако с собственными интересными решениями, возможно, в сфере маркетинга.

Пиратская стратегия. Стратегия считается специфичной, так как ее можно считать эффективной только на первых этапах внедрения на рынок. Суть заключается в полном копировании товара или интеллектуальной собственности другой компании с изменением бренда. Продукт хорошо приживается на рынке, но далеко не всегда надолго.

Данные методы помогут выбрать подходящую стратегию для развития ваших собственных проектов.

1. Метод структурного анализа позволяет произвести внутриотраслевые исследования появления инновационных продуктов. Решение принимается на основании имеющихся результатов.

2. Метод анализа информационных потоков позволяет установить, что вся инновационная информация на рынке имеет свои циклы активности.

3. Метод статистики запатентованных идей позволяет просмотреть область деятельности с большим количеством интересных идей.

4. Метод лексического исследования анализирует отраслевые изменения для составления прогноза возможного возникновения новой отрасли.

5. Метод динамических показателей позволяет принять решение о выборе инновационной стратегии, ссылаясь на мировые технические системы.

При выборе стратегии будущей работы можно подключить для получения ценных советов специалистов, однако есть возможность и разработать все самим.

Разработка инновационной стратегии развития предприятия

Стратегия инновационного развития позволяет контролировать качественные изменения положения предприятия на рынке и собственную внутреннюю стабильность. Для рационального использования всего имеющегося потенциала необходимо серьезное управление предприятием с подключением различных мер контроля и урегулирования.

Стратегия должна определять:

- какова самая близкая задача компании;
- какая задача последует далее;
- направления долгосрочного развития.

Использование инновационной стратегии для развития компании и укрепления позиций на рынке всегда связано с определенной долей риска. Поэтому при внедрении и контроле всех процессов необходимо учесть все возможные факторы, способные повлиять на будущее компании, и разработать план действий, способный каким-либо образом минимизировать риски на рынке. Дополнительный план не помешает при составлении грандиозных планов на будущее компаниии.

Этапы схемы разработки инновационной стратегии предприятия

Здесь внимание должно быть направлено:

- на диверсификацию производства;
- увеличение доли рынка;
- повышение устойчивости и конкурентоспособности;
- экономию ресурсов и снижение себестоимости производства продукции;
- увеличение платежеспособности предприятия;
- управление финансами и финансовой устойчивостью;
- развитие и повышение качества системы управленческого менеджмента и коммуникаций управления.

Этап 1. Оценка внешней и внутренней среды, анализ ее воздействия на производство. При использовании инновационных стратегий необходимо учесть и сбалансировать внутренние и внешние факторы, такие, как межличностные отношения в коллективе и стабильность рынка, где ведется деятельность. В таком случае целесообразно использовать SWOT-анализ, который учитывает любые факторы, способные повлиять на работу предприятия [9].

Покажем часть SWOT-анализа на примере Google Inc. Это одна из самых крупных компаний в мире, развивающих направление интенет-поиска, облачных вычислений и различных сервисов. Google поддерживает и разрабатывает ряд интернет-сервисов и продуктов, а также управляет более чем миллионом серверов в центрах обработки данных по всему миру и обрабатывает более одного миллиарда поисковых запросов каждый день.

У данной компании несмотря на масштабы ее деятельности также существует немало рисков как внешних, так и внутренних. Также Google славится своей инновационной деятельностью и постоянно выпускает на рынок все новые и новые продукты, пользующиеся огромным спросом.

Этап 2. Исследование инновационного развития предприятия в конкретный момент его жизнедеятельности. Определяются ключевые показатели активности:

- количественный, качественный и материальный уровень затрат на организацию научно-технической работы;
- количество затрат, потраченных на обновление первоклассного модернизированного оборудования для продвижения инновационной деятельности;
- доходность научно-технической, рационализаторской и инженерной деятельности, процент прибыли от внедрения инновационных решений;
- период окупаемости, выполненный с учетом применения новых технологий.

Таблица 1.

Матрица SWOT-анализа на основе компании Google

Table 1.

Matrix SWOT-analysis based on Google

«Сила и возможности» · Огромные финансовые возможности позволяют постоянно совершенствовать технологии и осваивать новые рынки · Наличие высококвалифицированных специалистов во всех областях даёт возможность без особых проблем осваивать новые рынки «Power and Opportunities · Huge financial opportunities allow to constantly improve technologies and New markets · The presence of highly qualified specialists in All areas allows to develop new markets without special problems	«Сила и угрозы» · Объединение конкурентов может создать более привлекательную и мощную корпорацию, в следствие чего некоторые высококвалифицированные специалисты могут быть переманены. · Большое количество информационных каналов может добавить новых проблем с законом «Power and Threat · Combining competitors can create a more attractive and A powerful corporation, Consequence of which some highly skilled specialists can be multiplied. · A large number of information channels can add new problems with Law
«Слабость и возможность» · Непредставленность Google в соцсетях даёт возможность, исправив это, открыть для себя огромный новый рынок и заполучить гигантское количество пользователей. Невысокая точность поиска может быть компенсирована в будущем, т. к. технологии постоянно совершенствуются "Weakness and Possibility · Not Google's representation in Social. Networks makes it possible, by correcting this, to open the A huge new market and Get a huge number of users. · Low the accuracy of the search can be compensated in The future, because technology is constantly being	«Слабость и угрозы» · Невысокую точность поисковых запросов конкуренты могут превзойти и этим переманить пользователей на свою сторону · Конкуренты могут воспользоваться тем, что Google не представлен в соцсетях и первыми оккупировать этот рынок "Weakness and Threat · Low accuracy of search queries competitors can surpass and This is to entice users to His side Competitors can take advantage of the fact that Google does not Presented in Social. Networks and First to occupy this market

Этап 3. Разработка альтернативного пути инновационного развития. На данном этапе генерируются различные варианты движения по некоторым направлениям и выбираются некоторые из них для создания конкурентоспособного товара, характеризующегося достаточно высокой покупательской способностью.

Этап 4. Формирование ресурсов для обеспечения жизнедеятельности выбранной инновационной стратегии. Здесь происходит поиск источников финансирования, а также формирование дополнительных резервов, чтобы была возможность обеспечить жизнедеятельность компании.

Поставленная цель достигается благодаря: анализу возможных источников финансирования инновационных проектов; расчетам необходимых объемов финансирования; ревизии собственных средств; определению источников для пополнения недостающих финансовых ресурсов.

Этап 5. Оценка стратегии инновационного развития. Стратегия оценивается с точки зрения качественного или количественного подхода к ее реализации. Качественный подход характеризует сопоставимость поставленных целей и подобранной для них стратегии. Количественная оценка позволяет определить рентабельность и доходность инновационных технологий в действии. Стратегия корректируется в процессе изменения рыночных отношений и возможностей финансирования.

Как оценить эффективность инновационного развития предприятия

Эффективность инновационного развития оценивается как сумма всевозможных факторов, оказывающих влияние на место компании на рынке.

Эффекты за расчетный период и показатели годовой эффективности зависят от следующих факторов: длительности инновационного периода; продолжительности службы продукта, созданного в условиях новой стратегии; достоверности источников, каналов и поступающей по ним информации; требований, предъявляемых инвесторами.

Эффективность инновационного развития компании определяют соотношением эффекта и затрат. Эффективность – это величина, измеряемая в долях единицы/процентах и характеризующая результат всех затрат.

Критерий эффективности – максимизация эффекта (прибыли) при заданных затратах или минимизация затрат (издержек производства) на достижение заданного эффекта:

$$\text{Эффект} = \frac{\text{Результат}}{\text{Затраты}}.$$

Показатель эффекта может быть выражен как в натуральных, так и в денежных величинах. Эффективная реализация предполагает превышение результата от внедрения инновации над затратами на их реализацию. В отношении

оценки эффективности таких внедрений отдельно взятого проекта действует жесткий алгоритм (рисунок 1).

Конечный финансовый результат является самым главным мерилом целесообразности и успешности проведенных инновационных преобразований. Основные методы оценки инвестиций, отображающие экономическую эффективность инноваций, оцениваются благодаря расчету данных показателей (рисунок 2).

Эффективность инновационного развития – соотношение эффекта и вызвавших его затрат
The effectiveness of innovative development – the ratio of the effect and the costs that caused it

↕

Эффект инновационного развития – результат научно-технической деятельности (на уровне организации – прибыль)
The effect of innovative development – the result of scientific and technical activities (at the level of the organization – profit)

↕

Технический эффект Technical effect	Ресурсный эффект Resource effect	Экономический эффект Economic effect	Социальный эффект Social effect
Появление новой техники и технологии, открытий, изобретений, ноу-хау и др. The emergence of new technology and technology, discoveries, inventions, know-how, etc.	Высвобождение ресурсов на предприятии (материальных, трудовых, финансовых) The release of resources in the enterprise (material, labor, financial)	Рост производительности труда и снижение трудоемкости, материалоемкости и себестоимости продукции, рост прибыли и рентабельности Growth of labor productivity and reduction of labor intensity, material consumption and cost of production, profit growth and profitability	Повышение материального и культурного уровня жизни населения, более полное удовлетворение человеческих потребностей; улучшение условий и безопасности труда Improving the material and cultural standard of living of the population, more complete satisfaction of human needs; improvement of working conditions and safety

Определение бизнес-результата проекта на основе формализации границ проекта
Determining the business result of the project based on the formalization of boundaries

↓

Оценка величины инвестиций, необходимых для достижения бизнес-результата
Evaluation of the value of the investment required to achieve a business result

→ Определение объема инвестиций
Determining the amount of investment

→ Определение спектра возможных схем финансирования
Determining the range of possible financing schemes

→ Выбор рациональной схемы финансирования проекта
Selection of a rational project financing scheme

Оценка финансовых последствий инвестиций
Evaluation of the financial impact of investment

→ Оценка жесткости требований, предъявляемых к эффективности инвестиций
Evaluation of stringency requirements for investment performance

↓

Сопоставление инвестиций и их финансовых последствий
Comparison of investments and their financial implications

↓

Обеспечение простого возврата инвестиций
Providing a simple return on investment

Получение дополнительного дохода сверх простого возврата
Getting extra income over and above simple returns

Проверка соответствия величины дополнительного дохода сверх простого возврата уровню норматива эффективности инвестиций
Verification of compliance with the value of additional income in excess of simple returns to the level of the investment performance standard

Чистый дисконтированный доход (NPV) – это разность между результатами и затратами на инновации за период реализации, учитывая изменение стоимости денег во времени (дисконтирование):

$$NPV = \sum_{t=0}^{N} \frac{CF_t}{(1+i)^t} = -IC + \sum_{t=1}^{N} \frac{CF_t}{(1+i)^t},$$

где i – ставка дисконтирования; j – год; a – поступления; e – выплаты; I – инвестиции;

Индекс рентабельности (PI) – это отношение доходов, дисконтированных на момент начала реализации проекта, и первоначальных инвестиций: PI = ∑ NCF/I PI и ЧДД схожи. Очевидно, что если PI > 1, то стоит принять проект; PI < 1, то принимать не стоит. С помощью этого показателя можно отсортировать рассматриваемые проекты и принять наиболее выгодный вариант.

Внутренняя норма доходности (IRR) – это такая ставка дисконтирования, при которой ЧДД проекта равно нулю:

$$NPV = -IC + \sum_{t=1}^{N} \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} = 0.$$

IRR показывает ожидаемую доходность проекта и максимальные размеры затрат, которые можно выделить на него.

Срок окупаемости (PBP) – период времени, необходимый для того, чтобы доходы, генерируемые инвестициями, покрыли затраты на инвестиции. Расчет этого показателя весьма полезен, если компания имеет определенные намерения на сроки, в течение которых инвестиции окупятся по плану.

Проблемы инновационного развития предприятий в России

Проблема 1. Отсутствие законодательной базы о ведении инновационной деятельности.

Проблема 2. Недостаточное финансирование такой деятельности из-за высокой стоимости этапов создания инновационного продукта.

Проблема 3. Отсутствие техники для внедрения такого рода технологий в производство.

Проблема 4. Сопротивление внедрению инновационных технологий из-за боязни перед неизведанным.

Проблема 5. Отсутствие специалистов в этой сфере бизнеса.

Проблема 6. Нестабильная экономическая ситуация и проблемы с маркетингом.

Проблема 7. Слабая оценка и стимулирование человеческого капитала.

Использование стратегии инновационного развития предприятия на примере альянса Renault-Nissan-АвтоВАЗ

На российском автомобильном рынке вновь появился рост после четырехлетнего спада с потерей половины объемов. Продажи приобретенного группой Renault «АвтоВАЗа» увеличились на 17% за десять месяцев до 250 тысяч единиц. В общей сложности альянс российской компании с Renault-Nissan занимает в настоящий момент 35% рынка. Причиной являются огромные инвестиции Renault в компанию АвтоВАЗ.

В данный момент компания демонстрирует значительный рост, что является хорошим показателем для Renault, который контролирует крупнейшего российского автопроизводителя. В октябре его продажи в России возросли на 23%. В целом на российском рынке (сюда также включены легкие грузовики) наблюдается активный подъем после нескольких катастрофических лет. Число зарегистрированных легковых автомобилей возросло соответственно на 17 и 11% (до 1,28 миллиона). Данный рост наблюдается уже восьмой месяц подряд.

Результаты «АвтоВАЗа» лучше средних показателей рынка, на котором он сейчас занимает почти 20%. Renault занимает второе место на рынке автопрома, а альянс «АвтоВАЗа» с Renault-Nissan занимает 35% рынка.

За девять лет под контролем Renault российская компания проделала большую работу для исправления качества продукции, сети дистрибуции, внедрения новых моделей и замены оборудования.

Обновление производственной линейки, изменение ценовой политики, замена сборочного оборудования – все эти инновационные внедрения позволили значительно увеличить показатели и изменить ситуацию на рынке.

Заключение

Стратегическое управление нацелено на достижение ключевых целей организации и оптимизации процесса их достижения. На рынке конкуренции грамотная политика в сфере инноваций и внедрения новых технологий позволяет достичь небывалых высот. При этом не стоит забывать, что данный процесс должен быть непрерывным и зависеть от постоянно меняющейся внешней рыночной среды.

ЛИТЕРАТУРА

1 Риск – менеджмент инвестиционного проекта: учебник под ред. М.В. Грачевой и А.Б. Секерина. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2015. 544 с.

2 Подпругина А.Ю. Стратегия инновационного развития предприятия. 2016.

3 Виленский П.Л, Лившиц В.Н, Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика. М.: Дело, 2010.

4 Мищенко А.В. Оптимизационные модели управления ресурсами предприятия. 2012.

5 Чернова Г., Кудрявцев А. Управление рисками. 2007.

6 Киселева И.А., Симонович Н.Е. Инновационные методы принятия решений в условиях рисков: психологические аспекты // Аграрное образование и наука. 2016. № 2. С. 35.

7 Киселева И.А., Симонович Н.Е. Принятие решений по управлению организацией в период кризиса: социально – психологические аспекты // Аудит и финансовый анализ. 2015. № 4. С. 308–311.

8 Киселева И.А., Симонович Н.Е. Инновационные методы исследования национальной безопасности // Казанский социально – гуманитарный вестник. 2012. № 3–4 (6). С. 9–10.

9 Зайцев Н.Л. Экономика промышленного предприятия: учебник, 6-е изд., перераб. и доп. М.: Инфра – М, 2011.

10 Кошкин В.И., Карпов П.А. Модульная программа для менеджеров. Антикризисное управление. М.: ИНФРА. 2012.

11 Черешкин Д.С. Управление рисками и безопасностью. М.: Издательская группа URSS, 2010. 200 с.

12 Проваленова Н.В. Жилищно-коммунальный комплекс малых муниципальных образований в системе рыночных отношений // Вестник НГИЭИ. 2017. № 3 (70). С. 66–73.

13 Шамин А.Е., Касимова Ж.В. Особенности предоставления образовательных услуг в региональных вузах // Вестник НГИЭИ. 2018. № 10 (89). С. 119–134.

REFERENCES

1 Risk – menedzhment investitsionnogo proyekta [Risk – investment project management: a textbook ed. M.V. Gracheva and A.B. Secherina]. Moscow, YUNITI-DANA, 2015. 544 p. (in Russian).

2 Podprugina A.Yu. Strategiya innovatsionnogo razvitiya predpriyatiya [The strategy of innovative development of the enterprise]. 2016. (in Russian).

3 Vilensky P.L., Livshits V.N., Smolyak S.A. Otsenka effektivnosti investitsionnykh proyektov. Teoriya i praktika [Evaluation of the effectiveness of investment projects. Theory and practice]. Moscow, Delo, 2010. (in Russian).

4 Mishchenko A.V. Optimizatsionnyye modeli upravleniya resursami predpriyatiya [Optimization models of enterprise resource management]. 2012. (in Russian).

5 Chernova G., Kudryavtsev A. Upravleniye riskami [Risk management]. 2007. (in Russian).

6 Kiseleva I.A., Simonovich N.E. Innovative methods of decision making under risk: psychological aspects. *Agrarnoye obrazovaniye i nauka* [Agrarian education and science]. 2016. no. 2. pp. 35. (in Russian).

7 Kiseleva I.A., Simonovich N.E. Making decisions on the management of an organization during a crisis: social and psychological aspects. *Audit i finansovyy analiz* [Audit and financial analysis]. 2015. no. 4. pp. 308–311. (in Russian).

8 Kiseleva I.A., Simonovich N.E. Innovative methods of national security research. *Kazanskiy sotsial'no – gumanitarnyy vestnik* [Kazan social – humanitarian bulletin]. 2012. no. 3–4 (6). pp. 9–10. (in Russian).

9 Zaitsev N.L. Ekonomika promyshlennogo predpriyatiya [Economics of industrial enterprises: a textbook, 6th ed.]. Moscow, Infra-M, 2011. (in Russian).

10 Koshkin V.I., Karpov P.A. Modul'naya programma dlya menedzherov. Antikrizisnoye upravleniye [Modular program for managers. Crisis management]. Moscow, INFRA. 2012. (in Russian).

11 Chereshkin D.S. Upravleniye riskami i bezopasnost'yu [Risk and security management]. Moscow, URSS Publishing Group, 2010. 200 p. (in Russian).

12 Provalenova N.V. Housing and communal complex of small municipalities in the system of market relations. *Vestnik NGIEI* [Herald NGIEI]. 2017. no. 3 (70). pp. 66–73. (in Russian).

13 Shamin A.E., Kasimova Z.V. Features of the provision of educational services in regional universities. *Vestnik NGIEI* [Herald NGIEI]. 2018. no. 10 (89). pp. 119–134. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ирина А. Киселева д.э.н., профессор, кафедра математических методов в экономике, Российский экономический Университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, Россия, kia1962@list.ru

Николай Е. Симонович д.псх.н., профессор, кафедра психологии личности Института психологии им. Л.С. Выготского, Российский Государственный Гуманитарный Университет, Миусская пл., 6, г. Москва, Россия, nsimoni@mail.ru

Елена Д. Соломатина к.и.н., доцент, кафедра социально- гуманитарных дисциплин, Воронежский филиал Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова, ул. Карла Маркса, 67А, Воронеж, Россия, soloha73@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 21.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Irina A. Kiseleva Dr. Sci. (Econ.), professor, mathematical methods in economics department, Plekhanov Russian University of economics, Stremyanny alley, 36, Moscow, Russia, kia1962@list.ru

Nikolai E. Simonovich Dr. Sci. (Psych.), professor, department of personality psychology institute named after L.S. Vygotsky, Russian State Humanitarian University, Miusskaya sq., 6, Moscow, Russia, nsimoni@mail.ru

Elena D. Solomatina Cand. Sci. (Hist.), associate professor, social sciences and humanities department, Voronezh branch of the Russian Economic University named after G.V. Plekhanov, Karl Marx str., 67A, Voronezh, Russia, soloha73@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors equally took part in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.21.2019

ACCEPTED 2.18.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 658.78

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-412-419

Механизм реализации государственно-частного партнерства на предприятиях оборонно-промышленный комплекса

Ирина В. Казьмина [1] kazminakazmina@yandex.ru
Елена А. Титова [1] e-titova1@yandex.ru

[1] Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ул. Старых Большевиков, 54 «А», г. Воронеж, 394064, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются особенности организационно-экономического взаимодействия государства и бизнеса в оборонной промышленности. С использованием результатов исследований обосновывается механизм реализации государственно-частного партнерства на предприятиях оборонно-промышленный комплекса при создании совместных предприятий для производства новых образцов вооружения и военной техники, в основе которого лежит совокупность организационных структур и конкретных форм, средств, инструментов и методов управления, с помощью которых реализуется государственно-частным партнерствомвоборонно-промышленном коплексе. Выявлены основные причины необходимости реализация государственно-частное партнерство в оборонно-промышленном комплексе. Указанные причины будут способствовать уходу государства от организационно-технологического способа управления оборонно-промышленном комплексом и внедрению на предприятиях соответствующих механизмов реализации государственно-частного партнерства с целью разработки и создания новых высокотехнологичных образцов военной техники нового поколения. В статье обосновывается, что государственно-частное партнерство – один из инструментов эффективной политики в области обороны. Вместе с тем в период дефицита в РФ бюджетных средств такой механизм становится выходом для решения важных задач в области обороны. Получив определенное распространение в оборонно-промышленном комплексе, государственно-частное партнерство уже зарекомендовало себя как один из эффективных способов по привлечению бизнеса к реализации проектов в сфере оборонно-промышленного комплекса. Его распространение в оборонно-промышленом комплексе **Ошибка! Закладка не определена.**развить **Ошибка! Закладка не определена.**частных инвесторов, привлечь ихсредства, но при этом сохранить контроль в сфере оборонно-промышленного комплекса.

Ключевые слова: государство, частный бизнес, механизм реализации, государственно-частное партнерство, оборонно-промышленный комплекс, совместное предприятие, синергетический эффект, партнерские отношения

Mechanism of implementation of public-private partnership at the enterprises of the military-industrial complex

Irina V. Kazmina [1] kazminakazmina@yandex.ru
Elena A. Titova [1] e-titova1@yandex.ru

[1] Military educational scientific center air force air force Academy named after professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin, Old Bolsheviks st., 54A, Voronezh, 394064, Russia

Abstract. The article deals with the features of organizational and economic interaction between the state and business in the defense industry. Using the results of research, the mechanism of implementation of public-private partnership at the enterprises of the military-industrial complex in the creation of joint ventures for the production of new models of weapons and military equipment, which is based on a set of organizational structures and specific forms, tools, tools and methods of management, through which the public-private partnership in the military-industrial complex. The main reasons for the need to implement public-private partnership in the military-industrial complex are identified. These reasons will contribute to the withdrawal of the state from the organizational and technological method of management of the military-industrial complex and the introduction of appropriate mechanisms for the implementation of public-private partnership in order to develop and create new high-tech military equipment of the new generation. The article proves that public-private partnership is one of the tools of effective defense policy. At the same time, in the period of budget deficit in the Russian Federation, such a mechanism becomes an outlet for solving important tasks in the field of defense. Having received a certain distribution in the military-industrial complex, public-private partnership has already established itself as one of the effective ways to attract business to the implementation of projects in the field of military-industrial complex. Its distribution in the military-industrial complex to develop private investors, to attract funds , but at the same time to maintain control in the military-industrial complex.

Keywords: state, private business, implementation mechanism, public-private partnership,military-industrial complex, joint venture, synergetic effect, partnership

Введение

Один из приоритетов устойчивого развития оборонно-промышленного комплекса (ОПК) в целях обеспечения национальной безопасности – «укрепление роли государства и совершенствование государственно-частного партнерства (ГЧП)» [1]. Взаимодействие государства и частного сектора в ОПК позволяет, с одной стороны, повысить эффективность бюджетного финансирования предприятий ОПК, а с другой – создать благоприятные условия деятельности для частного сектора. Государство и бизнес становятся равными и заинтересованными партнерами в создании и развитии инновационных технологий, способных обеспечить конкурентоспособность ОПК и всей российской экономики.

Для цитирования

Казьмина И.В., Титова Е.А. Механизм реализации государственно-частного партнерства на предприятиях оборонно-промышленный комплекса // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 412–419. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-412-419

For citation

Kazmina I.V., Titova E.A. Mechanism of implementation of public-private partnership at the enterprises of the military-industrial complex. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 412–419. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-412-419

В настоящее время проекты ГЧП не только реализуются в ОПК, но используются как инструмент стратегического развития экономики страны. Поэтому обоснование механизма реализации ГЧП на предприятиях ОПК для производства новых образцов вооружения и военной техники (ВВТ) является актуальным, особенно с учетом последних тенденций в мировой политике, а также в сфере оснащения Вооруженных сил РФ современным высокотехнологичным оружием нового поколения.

Цель статьи – системный анализ организационно-экономического взаимодействия государства и бизнеса в оборонной промышленности и обоснование на этой основе механизма реализации ГЧП на предприятиях ОПК при создании совместного предприятия (СП) для производства новых образцов ВВТ.

Обсуждение

В законе о ГЧП дается следующее определение: юридически оформленное на определенный срок и основанное на объединении ресурсов, распределении рисков сотрудничества публичного партнера, с одной стороны, и частного партнера, с другой стороны, осуществляемое на основании соглашения о ГЧП, в целях привлечения в экономику частных инвестиций, обеспечения доступности товаров, работ, услуг и повышения качества [2].

Допуск частного капитала к ОПК позволит негосударственным предприятиям участвовать в производстве оружия и боеприпасов, более активно взаимодействовать с Министерством обороны и государственными корпорациями. Совместное развитие бизнеса и ОПК на государственном уровне должно идти по пути создания условий для ГЧП в виде совокупности организационных, правовых, финансовых, экономических и других отношений и совместных действий государства и частного бизнеса, направленных на достижение целей экономической политики государства, для решения значимых задач в сфере ОПК на взаимовыгодных условиях. Подобная форма развития экономики и бизнеса получила широкое развитие за рубежом. Большинство ведущих производителей ВВТ Европы и США являются негосударственными предприятиями. Однако участие и влияние государства в их деятельности значительно.

Целью формирования и применения механизма ГЧП в ОПК является привлечение в данную сферу инноваций, технологий, капитала и опыта частных предприятий для совместного решения задач обеспечения национальной безопасности, повышения эффективности использования средств федерального бюджета и активов предприятий ОПК.

От лица государства в качестве участников ГЧП в ОПК могут выступать:

- органы государственной власти, в том числе органы управления ОПК;
- федеральные государственные предприятия и учреждения;
- федеральные государственные коммерческие организации (государственные унитарные предприятия, федеральные казенные предприятия).

Со стороны бизнеса в партнерские отношения могут вступать: коммерческие и некоммерческие организации различной организационно-правовой формы с долевым участием государства или без его участия (акционерные общества).

В соответствии Федеральным законом № 224-ФЗ «О государственно-частном партнерстве» ГЧП основано на пяти принципах:

- открытость и доступность информации о ГЧП, за исключением сведений, составляющих государственную охраняемую законом тайну;
- обеспечение конкуренции и отсутствие дискриминации, равноправие сторон соглашения и равенство их перед законом;
- добросовестное исполнение сторонами обязательств по соглашению;
- справедливое распределение рисков и обязательств между сторонами соглашения;
- свобода заключения соглашения.

Указанные принципы должны учитываться в повседневной деятельности как частным, так и публичным партнером при ГЧП.

Внедрение ГЧП в ОПК сдерживается отсутствием федерального закона в сфере ГЧП и соответствующего правого акта о ГЧП в ОПК. В то же время на региональном уровне формируется своя нормативно-правовая база, регулирующая участие субъектов РФ в соответствующих проектах ГЧП. С целью решения существующих проблем в области ГЧП на региональном уровне в настоящее время формируют специализированные структуры (отделы, региональные центры развития ГЧП и др.). В ряде регионов (например, в Воронежской области) существующие отделы в региональных администрациях наделили дополнительными функциями по развитию ГЧП.

В настоящее время на активность ГЧП в ОПК сильное влияние оказывает несовершенная законодательная база. Так, например, отсутствует законодательная база в части права интеллектуальной собственности при ГЧП в ОПК, процедуры принятия решений о ГЧП в ОПК слишком сложные, практика применения положений

о государственной тайне устарела [3]. Кроме того, отсутствие конкретных механизмов реализации ГЧП в ОПК с учетом различных форм партнерства государства и бизнеса сдерживает это взаимодействие. Требуется обоснование и разработка механизмов реализации ГЧП на предприятиях ОПК в условиях рыночной экономики с учетом различных форм партнерства государства и бизнеса (концессионное соглашение, контракты жизненного цикла, соглашения о ГЧП в рамках корпоративной системы закупок, соглашения о ГЧП в рамках совместного предприятия). Следует отметить, что в мировой практике существует четкое разделение ГЧП на две основные формы: социальную (политическую) и контрактную (договорную).

Принятие Государственной думой единого федерального закона в сфере ГЧП (раскрывающего сущностные процессы партнерских отношений, законодательное обеспечение отношений партнеров по ГЧП, четкое разграничение прав и обязанностей бизнеса и государства) и соответствующего правого акта о ГЧП в ОПК позволит снять ограничительные барьеры.

Учитывая существование значительного числа различных форм ГЧП в ОПК, ниже рассмотрим частный случай реализации ГЧП на предприятиях ОПК, когда государственным и частным партнерами создается СП для производства новых образцов ВВТ.

Системный анализ направлений организационно-экономического взаимодействия государства и бизнеса в оборонной промышленности показал, что к основным мерам, направленным на привлечение бизнеса для реализации проектов в ОПК на общесистемном уровне, могут быть отнесены [2 – 7]:

- разработка и реализация процедуры установления приоритетов наукоемкого производства и технологий, способных обеспечить конкурентоспособность ОПК и всей российской экономики;
- обоснование и ранжирование инновационных и инвестиционных проектов федерального и регионального уровней, создание сети фондов с продуманными инвестиционными декларациями и четко сформулированными задачами;
- формирование национальной технологической политики с учетом интересов корпоративного сектора российской экономики, чувствительно воспринимающего сигналы рынка;
- введение в сферу ответственности государства разработку программ развития перспективных технологических направлений российской экономики, которые будут определять облик мировой экономики;
- сбалансированное стимулирование государственного и корпоративного спроса на технологическую модернизацию и поддержку усилий ведомств и корпораций по ее реализации;
- ускорение реструктуризации научно-технологического комплекса в самодостаточные компании и консорциумы соответствующего уровня (федерального и регионального);
- повышение уровня инвестиционной активности на рынке продукции оборонного и гражданского назначения, облегчение доступа для российских промышленных предприятий к зарубежным технологиям в целях заимствования и адаптации;
- создание государством инфраструктур, позволяющих корпоративному сектору получать ресурсы, необходимые для успешной конкурентной борьбы на рынке;
- разработка и принятие сбалансированных мер налогового стимулирования инновационной деятельности коммерческих организаций, решение вопросов по страхованию ответственности сторон;
- внедрение системы совместного инвестирования инвестиционных и инновационных проектов, имеющих важное значение для государства в сфере военно-технического сотрудничества (ВТС), организованной на принципах государственно-частного партнерства;
- разработка совместно с объединениями работодателей профессиональных образовательных стандартов и создание системы формирования и конкурсного размещения государственного заказа на подготовку кадров;
- активное содействие государства развитию корпоративной науки и негосударственных организаций, использование прямых инвестиций в российские компании;
- формирование механизмов партнерских отношений, направленных на реализацию совместных международных проектов с разделением рисков, приобретение зарубежных активов, совершенствование механизмов кредитования экспорта высокотехнологичной продукции;
- использование механизмов субсидий по процентным ставкам и государственных гарантий, предоставляемых организациям ОПК в получении кредитов и займов на приемлемых условиях для проведения диверсификации и модернизации производства;
- расширение участия предприятий ОПК в реализации национальных проектов, а также развитие системы лизинга технологического оборудования в сфере ВТС;

- расширение участия российских предприятий в производственной кооперации по выпуску высокотехнологичной продукции в сфере ВТС в рамках международного разделения труда.

Перечисленные выше меры будут способствовать привлечению частного капитала для осуществления проектов в ОПК, традиционно реализуемых государством.

Анализ возможных направлений реализации ГЧП показал, что наиболее перспективными направлениями являются [5, 6, 8]:

- разработка прорывных технологий для создания новых образцов или модернизации ВВТ;
- создание совместного производства для обеспечения предприятий ОПК более совершенными материалами и комплектующими (например, в производстве электронно-компонентной базы);
- создание государственным и частным партнерами СП в ОПК для производства перспективных образцов ВВТ нового поколения;
- создание совместного производства продукции двойного назначения, на основании технологий гражданского сектора;
- создание и эксплуатация полигонов, стендовых баз и иных центров коллективного пользования;
- привлечение частных компаний к обеспечению жизненного цикла ВВТ (участие в производстве/модернизации и последующем техническом обслуживании ВВТ с привлечением инвестиций и компетенций);
- технологическое перевооружение предприятий ОПК.

Кроме того, анализ существующих направлений реализации ГЧП в ОПК позволил выявить и его особенности:

- государство и бизнес становятся равными и заинтересованными партнерами в создании и развитии инновационных технологий, способных обеспечить конкурентоспособность ОПК и всей российской экономики;
- предметом соглашения являются имущественные объекты, товары и услуги, для оказания которых необходимо создание имущественного объекта (совместного предприятия);
- совместные предприятия характеризуются продуктивностью, четкостью поставленных задач как со стороны частного, так и публичного партнера;
- сохранение необходимого уровня государственного контроля за всеми этапами создания ВВТ;
- монопольное право государства на использование большинства результатов инновационной деятельности;
- бизнес участвует не только в создании, реконструкции (модернизации) объекта соглашения, но и в его дальнейшей эксплуатации и (или) техническом обслуживании;
- выпускаемая продукция имеет специфические области применения, что ограничивает рынок реализации подобной продукции;
- необходимость получения частным партнером допусков и прочих разрешений на работу с информацией, имеющей ограниченное распространение;
- соблюдение требований экономической безопасности при создании ВВТ, разделение рисков между государством и бизнесом;
- снижение себестоимости производства продукции оборонного и гражданского назначения путем оптимизации производственных процессов;
- возникновение синергетического эффекта ГЧП в ОПК от интеграции эффектов государственного и частного циклов при разработке ВВТ.

Знание и учет выявленных выше особенностей ГЧП при реализации проектов позволит обеспечить повышение эффективности разрабатываемых проектов ГЧП при использовании средств федерального бюджета и активов предприятий ОПК, а также рост результативности функционирования СП, созданного участниками ГЧП для производства новых образцов ВВТ. При этом необходимым условием эффективного функционирования СП является возможность получения бизнесом доступных долгосрочных (на 10–15 лет) кредитов. Годовая ставка по таким кредитам должна быть 3–4 %. При 12–13 % многие направления бизнеса развивать не представляется возможным [7].

На основе анализа цели формирования и применения механизма ГЧП в ОПК, основных мер, направленных на привлечение бизнеса для реализации проектов, а также с учетом особенностей ГЧП разработано описание производственных и управленческих процессов. Функционирование механизма реализации ГЧП осуществляется следующим образом:

- обосновывается метод ГЧП и функции его участников, происходит согласование основных задач по производству продукции;
- государственный партнер (например, Минобороны, государственная корпорация «Ростехнологии») вносит в уставной капитал СП имущество, осуществляет выбор образца ВВТ для производства, участвует в стратегическом управлении СП, заключает с ним соглашение о гарантиях загрузки и др.;

- частный партнер (например, коммерческие организации и др.) вносит в уставной капитал СП имущество, осуществляет проектирование и строительство производственных мощностей, участвует в стратегическом управлении СП, заключает соглашение о гарантиях загрузки;
- определяются инвестиционные показатели результативности нового образца ВВТ, исходя из бюджета разработки, прогнозных показателей объема продаж и выручки от реализации;
- определяется время выхода на рынок нового образца ВВТ с учетом возникающих итераций в процессе отработки качества продукции военного назначения;
- на каждой стадии выполнения проекта публичным партнером (государством) выполняются функции контролера и регулятора в целях недопущения утечки информации и обеспечения экономической и политической безопасности государства;
- частным партнером осуществляется серийное производство и доставка ВВТ.

На рисунке 1 схематически изображенного механизм реализации ГЧП в ОПК. При создании СП государство с учетом ранее разработанного законодательства в сфере производства продукции оборонного и гражданского назначения на основе ГЧП определяет, какие первоочередные виды ВВТ и в какие сроки должны быть созданы, устанавливает, в развитии какой инфраструктуры назрела необходимость. Частный бизнес формирует предложения, которые в наибольшей степени должны отвечать предъявляемым требованиям. При выборе проектов ГЧП органам управления в сфере ОПК (публичным партнером) необходимо поддерживать и стимулировать качественную проработку предлагаемых проектов ГЧП. В отношении каждого проекта необходимо предлагать детальный регламент, разработанный публичным партнером, на проведение конкурса по выбору профессионального и кредитоспособного частного партнера.

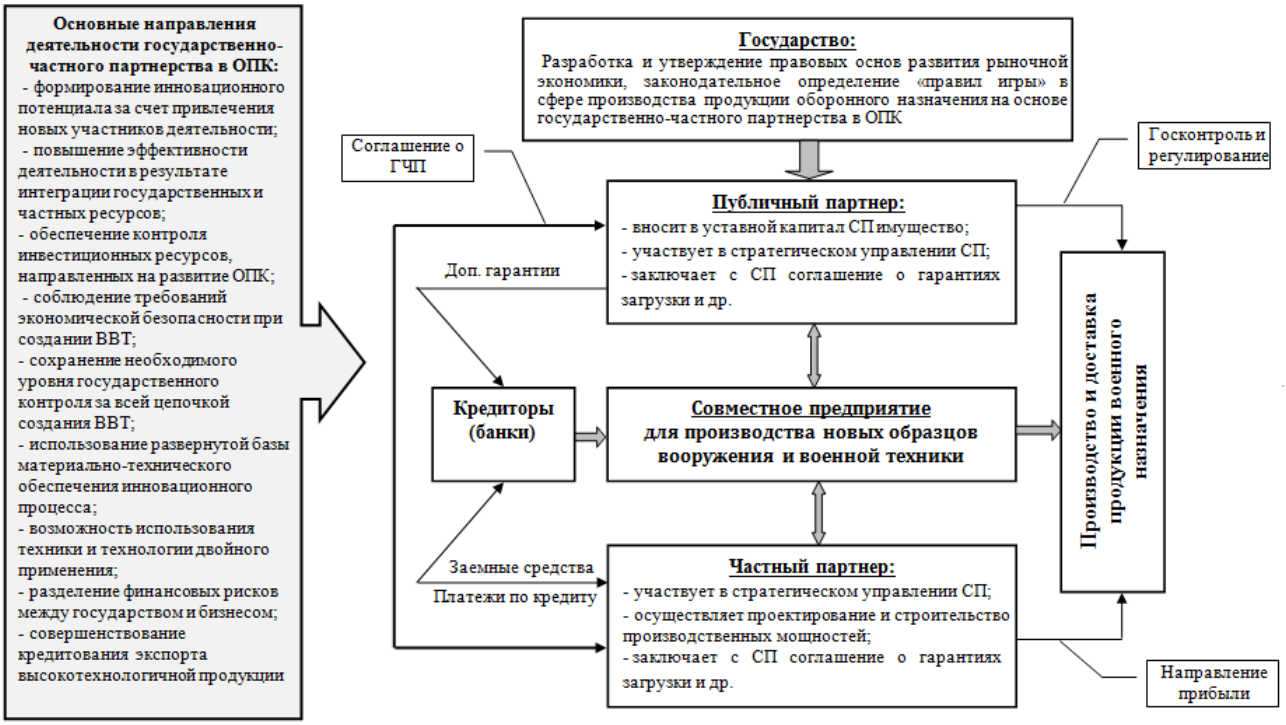


Рисунок 1. Механизм реализации государственно-частного партнерства в ОПК при создании совместного предприятия для производства новых образцов ВВТ

Figure 1. The mechanism for the implementation of public-private partnerships in the military-industrial complex when creating a joint venture for the production of new types of military equipment

Механизм реализации ГЧП представляет собой совокупность организационных структур и конкретных форм, средств, инструментов и методов управления, с помощью которых реализуется ГЧП в ОПК.

На рисунке 2 приведен перечень причин, по которым необходима реализация ГЧП в ОПК.

Создание СП с использованием механизма реализации ГЧП в ОПК, как правило, основано на применении следующего алгоритма:

- разработка проекта создания СП, в рамках которого частный партнер сооружает и частично управляет СП в соответствии с поручениями государства;

- заключение уполномоченного органа об эффективности проекта ГЧП и его сравнительном преимуществе;
- заключение долгосрочного договора между публичным и частным партнерами;
- инвестиции государства в создание СП, в том числе в форме платы за использование инфраструктуры;
- согласование соглашения о разделении финансовых рисков в процентном отношении между публичным и частным партнерами;
- переход СП по истечении срока договора о ГЧП в частную или государственную собственность.

Основные причины, по которым необходима реализация ГЧП в ОПК The main reasons why it is necessary to implement PPP in the defense industry	
Частному бизнесу желательно от ОПК гарантии и четкие ориентиры для принятия долгосрочных решений	Private business is desirable from the defense industry guarantees and clear guidelines for long-term decision-making
Крупный частный капитал отличается большой консервативностью и не намерен вкладываться в другие отрасли	Large private capital is very conservative and does not intend to invest in other industries
Разделение финансовых рисков между государством и бизнесом при производстве новых перспективных образцов ВВТ	Separation of financial risks between government and business in the production of new promising models of IWT
В ряде капиталоемких и наукоемких технологий в ОПК требуется быстрый приток долгосрочного капитала в значительных объемах	A number of capital-intensive and knowledge-intensive technologies in the defence industry require a rapid flow of long-term capital in significant amounts
Отдельные сферы экономики в ОПК обладают синергетическим эффектом при незначительном развитии в рамках общего режима	Certain areas of the economy in the defense industry have a synergetic effect with little development in the General regime
Перспективные технологии в ОПК на начальной стадии относятся к высокорискованным и малоприбыльным проектам	Promising technologies in the defense industry at the initial stage are high-risk and low-profit projects

Рисунок 2. Причины реализации государственно-частного партнёрства в ОПК

Figure 2. The reasons for the implementation of public-private partnership in the defense industry

Приведенный механизм реализации ГЧП на СП может обеспечить решение задачи повышения эффективности бюджетного финансирования предприятий ОПК и создания подходящих условий деятельности для бизнеса на основе совместного инвестирования проекта.

Резюмируя вышесказанное, необходимо отметить, что ГЧП – один из возможных инструментов реализации эффективной экономической политики государства в области обороны. Вместе с тем в период дефицита бюджетных средств такой механизм становится выходом для решения важных задач в области обороны. Получив определенное распространение в ОПК, ГЧП уже зарекомендовало себя как один из эффективных способов по привлечению бизнеса к реализации проектов в сфере ОПК. Его дальнейшее распространение позволит развить потенциал частных инвесторов, привлечь их средства, но при этом сохранить контроль государства в сфере ОПК. Одним из положительных примеров ГЧП в сфере оснащения стрелковым оружием отдельных подразделений Вооруженных сил в рамках государственной программы вооружений может служить компания «ПРОМТЕХНОЛОГИЯ» [9]. Это частное предприятие, которое успешно работает в сфере, ранее бывшей исключительно государственной. На нем производится высокоточное нарезное стрелковое оружие, которое не уступает лучшим мировым образцам. Все производственные процессы, включая глубокое сверление, развёртку канала ствола, профилирование, осуществляются на уникальном зарубежном и отечественном оборудовании.

Перспективным направлением реализации механизма ГЧП в ОПК является создание государством и бизнесом СП с целью производства ВВТ для снабжения ВВС страны и экспорта. По оценке ОАО «Рособоронэкспорт»,

емкость мирового рынка авиатехники в 2014 г. оценивался в 22–24 млрд долл. Кроме того, часть авиатехнической продукции военного назначения, в основном запасные части, комплектующие, а также услуги по техобслуживанию, ремонту и модернизации летательных аппаратов, поставляется не только государственными организациями, но и частными в рамках ГЧП, которые получили право на осуществление внешнеторговой деятельности в отношении военной продукции. Поэтому реализация механизма ГЧП в сфере производства авиатехники военного назначения является весьма перспективным направлением. Потребность во внедрении в больших объёмах механизма ГЧП в сфере производства авиатехники военного назначения следует из анализа структуры экспорта вооружений и военной техники России (рисунок 3) [10].

В ближайшие годы структура спроса на продукцию военного назначения, произведенную в России, очевидно, существенно не изменится. Экспорт ВВТ, в том числе и авиационной техники, является той областью, в которой России в настоящее время удалось сохранить ведущие позиции, несмотря на экономические проблемы. В связи с этим особую важность приобретает задача тесного взаимодействие государства и частного сектора в ОПК.

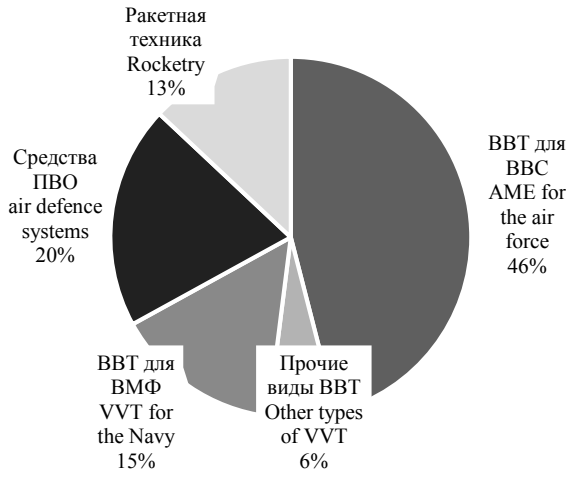


Рисунок 3. Структура экспорта вооружений и военной техники России

Figure 3. Export structure of armaments and military equipment of Russia

Заключение

В современных условиях взаимодействие государства и бизнеса на основе ГЧП в ОПК является одним из важнейших условий повышения инновационной активности, развития экономической инфраструктуры в ОПК. Внедрение механизма реализации ГЧП для производства новых образцов ВВТ позволит повысить эффективность бюджетного финансирования предприятий ОПК и создать требуемые объемы продукции военного назначения для наращивания экспорта ВВТ.

ЛИТЕРАТУРА

1 О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года: Указ Президента Российской Федерации № 537 от 12 мая 2009 г.

2 Федеральный закон от 13.07.2015 № 224-ФЗ (ред. от 29.12.2015) «О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве в Российской Федерации и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

3 Минько Н.А. Инновационные проекты: использованиемоделей государственно-частного партнерства // Проблемы теории и практики управления. 2012. № 6. С. 6–15.

4 Прозоров Б.Н. Военно-экономический анализ на стадиях жизненного цикла боевой авиационной техники. Москва: ВУНЦ ВВС ВВА им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, 2011. 200 с.

5 Буренок В.М., Ляпунов В.М., Мудров В.И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения. М.: Издательский дом «Граница», 2009. 520 с.

6 Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ: учебник. М.: Воениздат, 2001.551 с.

7 Казьмина И.В. Особенности формирования механизма обеспечения экономической безопасности предприятий с информационными технологиями. // Вестник воронежского государственного технического университета. 2014. Т. 10. № 5. С. 120–124.

8 Московский А.М. Военно-техническая политика государства: современный этап и тенденции развития. М.: Военный парад, 2009. 304 с.

9 Мышкин Л.В. Прогнозирование развития авиационной техники: теория и практика. М.: Физматлит, 2006. 304 с.

10 Муравьев В.А. Перспективы экспорта российской оборонной продукции. // Деловой квадрат. 2017. № 10 (109). URL: http://www.d-kvadrat.ru/dk/info/1720.

11 Лазников Н.М. Организация и планирование производства: учебное пособие. М.: ВВИА, 2009. 200 с.

12 Болховитинов В.А. Боевые авиационные комплексы и их эффективность. ВВИА, 2009. 224 с.

REFERENCES

1 O Strategii natsional'noy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii do 2020 goda [About the National Security Strategy of the Russian Federation until 2020: Decree of the President of the Russian Federation No. 537 of May 12, 2009]. (in Russian).

2 FZ № 224-FZ “O gosudarstvenno-chastnom partnerstve, munitsipal'no-chastnom partnerstve v Rossiyskoy Federatsii i vnesenii izmeneniy v otdel'nyye zakonodatel'nyye akty Rossiyskoy Federatsii” [Federal Law of July 13, 2015 No. 224-FZ (as amended on December 29, 2015) “On Public-Private Partnership, Municipal-Private Partnership in the Russian Federation and Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation”]. (in Russian).

3 Minko N.A. Innovative projects: the use of models of public-private partnership. *Problemy teorii i praktiki upravleniya* [Problems of the theory and practice of management]. 2012. no. 6. pp. 6–15. (in Russian).

4 Prozorov B.N. Voyenno-ekonomicheskiy analiz na stadiyakh zhiznennogo tsikla boyevoy aviatsionnoy tekhniki [Military-economic analysis at the stages of the life cycle of combat aircraft]. Moscow, VUNC VVS VVA named after N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin, 2011. 200 p. (in Russian).

5 Burenok V.M., Lyapunov V.M., Mudrov V.I. Teoriya i praktika planirovaniya i upravleniya razvitiyem vooruzheniya [Theory and practice of planning and management of weapons development]. Moscow, Publishing house "Granitsa", 2009. 520 p. (in Russian).

6 Vikulov S.F. Voyenno-ekonomicheskiy analiz [Military-economic analysis: textbook]. Moscow, Voyenizdat, 2001.551 p. (in Russian).

7 Kazmina I.V. Features of the formation of a mechanism to ensure the economic security of enterprises with information technology. *Vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Voronezh State Technical University]. 2014. vol. 10. no. 5. pp. 120–124. (in Russian).

8 Moskovskiy A.M. Voyenno-tekhnicheskaya politika gosudarstva: sovremennyy etap i tendentsii razvitiya [The military-technical policy of the state: the current stage and development trends]. Moscow, Voyennyy parad, 2009. 304 p. (in Russian).

9 Myshkin L.V. Prognozirovaniye razvitiya aviatsionnoy tekhniki: teoriya i praktika [Forecasting the development of aviation technology: theory and practice]. Moscow, Fizmatlit, 2006. 304 p. (in Russian).

10 Murav'yev V.A. Prospects for the export of Russian defense products. *Delovoy kvadrat* [Business square]. 2017. No. 10 (109). Available at: http://www.d-kvadrat.ru/dk/info/1720 (in Russian).

11 Laznikov N.M. Organizatsiya i planirovaniye proizvodstva [Organization and planning of production: a training manual]. Moscow, VVIA, 2009. 200 p. (in Russian).

12 Bolkhovitinov V.A. Boyevyye aviatsionnyye kompleksy i ikh effektivnost' [Combat aviation systems and their effectiveness]. VVIA, 2009. 224 p. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ирина В. Казьмина к.э.н., доцент, кафедра восстановления авиационной техники, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» , ул. Старых Большевиков, 54 «А», г. Воронеж, 394064, Россия, kazminakazmina@yandex.ru

Елена А. Титова старший преподаватель кафедры бухгалтерского учета, анализа и аудита, Воронежский филиал Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова, ул. Карла Маркса, 67А, Воронеж, Россия, e-titova1@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Ирина В. Казьмина полностью подготовила рукопись и несет ответственность за плагиат

Елена А. Титова консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 20.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 13.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Irina V. Kazmina Cand. Sci. (Econ.), associate professor, aviation equipment restoration department, Military educational scientific center air force air force Academy named after professor N.E Zhukovsky and Y.A. Gagarin, Old Bolsheviks st., 54A, Voronezh, 394064, Russia, kazminakazmina@yandex.ru

Elena A. Titova senior lecturer at the department of accounting, analysis and audit, Voronezh branch of the Russian Economic University. G.V. Plekhanov Str. Karla Marksa, 67A, Voronezh, Russia, e-titova1@yandex.ru

CONTRIBUTION

Irina V. Kazmina fully prepared the manuscript and is responsible for plagiarism

Elena A. Titova consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.20.2019

ACCEPTED 2.13.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 001.895:339.13:637

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-420-428

Инновационный сценарий развития отечественного рынка мясных продуктов: проблемы, факторы, тенденции

Алина О. Рязанцева [1] lyutikova_92@mail.ru
Ирина А. Глотова [1] glotova-irina@yandex.ru
Надежда А. Галочкина [1] galochkina.na@mail.ru
Сергей В. Шахов [2] s_shahov@mail.ru

[1] Воронежский государственный аграрный университет имени Императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия
[2] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Рынок мяса и продуктов его переработки выступает, с одной стороны, одним из критериев продовольственной безопасности страны, а, с другой, своеобразным социальным индикатором, поскольку является поставщиком белка животного происхождения, играющего важную роль в обеспечении здорового питания организма человека, непосредственно влияющего на качество жизни, индекс развития человеческого потенциала, формирование и создание условий его воспроизводства. Цель работы – исследование отечественного рынка продуктов переработки мяса с позиций реализации инновационного сценария его развития с учетом ориентации на ментальные изменения потребительской аудитории, тенденции в изменении гедонистических предпочтений конечных потребителей мясных товаров в свете эволюции теорий питания. Предметом исследования служили тренды, проблемы и перспективы развития отечественного рынка мясных продуктов, в том числе с учетом особенностей менталитета потребителей, психологического восприятия мясных товаров в свете развития теории и практики здорового питания. Методология исследований базировалась на комплексе общенаучных методов, включая аналитический, синтетический, дедукционный. Основой исследований послужило обобщение и анализ информационных источников в предметной области состояния и перспектив развития мирового и отечественного рынка мяса и мясных продуктов, формирующих вероятные сценарии развития, с позиций анализа коммерческих отношений, присущих сектору b2c (busness-to-consumer), в частности, роль ассортимента и роль отдельного клиента. Сформулированы характеристики, факторы и тенденции инновационного сценария развития рынка охлажденных и замороженных мясных полуфабрикатов. Рассмотрены перспективы сочетания концепции здорового питания с идеей возрождения традиций национальной кухни на основе конвергенции с инновационными пищевыми биотехнологиями, в том числе на основе авторского инновационного проекта по разработке комбинированных пищевых систем и метаболически эффективных мясных продуктов эконом-класса.

Ключевые слова: инновационное развитие, рынок, колбасные изделия, мясные полуфабрикаты, риски, факторы, тенденции, качество жизни, здоровое питание

Innovative development scenario of the domestic market of meat products: problems, factors, trends

Alina O. Ryazanceva [1] lyutikova_92@mail.ru
Irina A. Glotova [1] glotova-irina@yandex.ru
Nadezhda A. Galochkina [1] galochkina.na@mail.ru
Sergej V. Shahov [2] s_shahov@mail.ru

[1] Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great., Michurina st., 1, Voronezh, 394087, Russia
[2] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The market for meat and its products is, on the one hand, one of the criteria for a country's food security, and, on the other, a peculiar social indicator, since it is a supplier of animal protein that plays an important role in ensuring healthy nutrition of the human body, which directly affects the quality of life., human development index, the formation and creation of conditions for its reproduction. The aim of the work is to study the domestic market of meat processing products from the standpoint of the implementation of the innovative scenario of its development, taking into account the orientation on mental changes in the consumer audience, the tendency to change the hedonic preferences of end users of meat products in the light of the evolution of nutrition theories. The subject of the study was trends, problems and prospects for the development of the domestic market of meat products, including taking into account the peculiarities of the consumer mentality, psychological perception of meat products in the light of the development of the theory and practice of healthy eating. The research methodology was based on a complex of general scientific methods, including analytical, synthetic, deduction. The basis of the research was the compilation and analysis of information sources in the subject area of the state and development prospects of the global and domestic meat and meat products market, which form plausible development scenarios, from the standpoint of analyzing commercial relations inherent in the b2c (busness-to-consumer) sector, in particular, the role assortment and the role of the individual customer. The characteristics, factors and trends of the innovation scenario of the development of the market of chilled and frozen meat products are formulated. The perspectives of combining the concept of healthy nutrition with the idea of reviving the traditions of national cuisine based on convergence with innovative food biotechnologies, including based on the author's innovative project to develop combined food systems and economically efficient meat products.

Keywords: innovative development, market, sausages, meat semi-finished products, risks, factors, trends, quality of life, healthy food

Для цитирования

Рязанцева А.О., Глотова И.А., Галочкина Н.А., Шахов С.В. Инновационный сценарий развития отечественного рынка мясных продуктов: проблемы, факторы, тенденции // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 420–428. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-420-428

For citation

Ryazanceva A.O., Glotova I.A., Galochkina N.A., Shahov S.V. Innovative development scenario of the domestic market of meat products: problems, factors, trends. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 420–428. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-420-428

Введение

Важное место в структуре отечественного продовольственного рынка занимает рынок мяса и продуктов его переработки. Представляя собой систему взаимоотношений хозяйствующих субъектов, которые участвуют в процессе производства, переработки и распределения мяса и мясных продуктов, и потребителей, выступающих, как правило, частными лицами, рынок мяса и мясной продукции является одним из самых крупных сегментов рынка продовольственных товаров [1, 2]. Он имеет внушительные объемы продаж и покупок, значительный ассортимент товаров, многочисленных участников [3–7].

Кроме значительного объема производства и потребления продовольственных товаров, рынок мяса и мясной продукции выступает, с одной стороны, одним из критериев продовольственной безопасности страны, а с другой, своеобразным социальным индикатором, поскольку является поставщиком белка животного происхождения, играющего важную роль в обеспечении здорового питания организма человека, непосредственно влияющего на качество жизни, индекс развития человеческого потенциала, формирование и создание условий его воспроизводства [8–11].

Обзор источников литературы показывает, что имеющиеся исследования в данной области в основном описывают состояние и перспективы развития отечественного рынка мяса и мясопродуктов [2–7], направлены на разработку методик оценки и моделей развития товарных рынков в меняющихся внешних условиях функционирования [12–13], однако недостаточно внимания уделено когнитивным факторам экономического развития [14, 15], в2с – сегменту переработки продуктов мясного сырья разных ассортиментных групп [16], в том числе в контексте перемен ментальной направленности конечных потребителей и их субъективных оценок на уровне психологических предпочтений [17, 18].

Цель работы – исследование отечественного рынка продуктов переработки мяса с позиций реализации инновационного сценария его развития с учетом ориентации на ментальные изменения потребительской аудитории, тенденции в изменении гедонистических предпочтений конечных потребителей мясных товаров в свете эволюции теорий питания.

Объекты и методы

Объектом исследования служил отечественный рынок переработки мясного сырья. Предметом исследования служили тренды, проблемы и перспективы развития отечественного рынка мясных продуктов, в том числе с учетом особенностей менталитета потребителей, психологического восприятия мясных товаров в свете развития теории и практики здорового питания.

Методология исследований базировалась на комплексе общенаучных методов, включая аналитический, синтетический, дедукционный. Основой исследований послужило обобщение и анализ информационных источников в предметной области состояния и перспектив развития мирового и отечественного рынка мяса и мясных продуктов, формирующих вероятные сценарии развития, с позиций анализа коммерческих отношений, присущих сектору b2c (busness-to-consumer), в частности, роль ассортимента и роль отдельного клиента.

В качестве информационных источников для выявления закономерностей и тенденций развития российского рынка колбасных изделий служили базы данных Tebis group, ALTO CONSULTING GROUP и др. [19–21]. При оценке эффективности проектных решений были использованы методики и рекомендации [22, 23].

Результаты и обсуждение

Анализ динамики доходов населения и потребления мясных продуктов свидетельствует о том, что российское население приближается по структуре потребления к западным стандартам. Наибольшая доля потребления мяса в России приходится на свинину и птицу – около 80% от общего объема.

В 2017 г. объемы производства скота и птицы на убой в сельскохозяйственных организациях, по оценкам Минсельхоза, выросли на 7% к 2016 г., до 10,9 млн т [5]. С 2014 г. наблюдается наращивание темпов производства мясокомбинатов и птицефабрик в условиях конкурентной борьбы на рынке (таблица 1).

Таблица 1.

Производственные показатели по сельскохозяйственным организациям в январе 2017/2018 гг.

Table 1.

Production figures for agricultural organizations in January 2017/2018

Год Year	Произведено скота и птицы на убой (в живом весе) Produced livestock and poultry for slaughter (live weight)			
	Всего, тыс. т Total, thousand tons	В том числе, тыс. т | including, thousand tons		
		КРС | cattle	Свиньи | Pigs	Птица | Poultry
2017	828,5	72,3	273,9	478,8
2018	906,9	74,5	308,4	521,2

К одному из самых быстрооборачиваемых секторов рынка пищевой промышленности относится отечественной рынок колбасных изделий [4, 6]. По этой причине все большее количество и российских, и зарубежных компаний оценивают его в качестве наиболее перспективного для развития (рисунок 1).

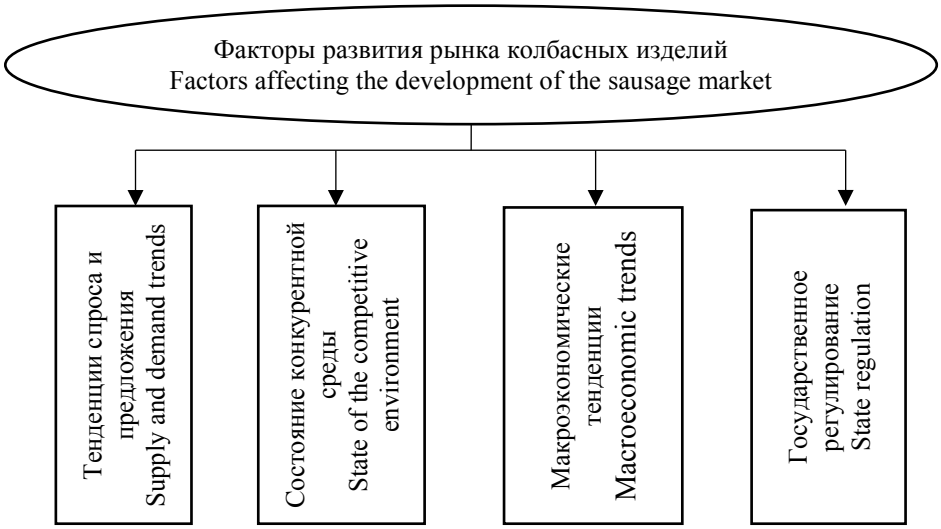


Рисунок 1. Факторы, влияющие на развитие отечественного рынка колбасных изделий
Figure 1. Factors influencing the development of the domestic sausage market

В «Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года», принятой в 2012 г. Правительством Российской Федерации, обозначены основные проблемы, характерные для всех отраслей пищевой и перерабатывающей промышленности. К проблемам мясной отрасли, в частности, относятся:

– высокая доля сырья с отклонениями от традиционного хода автолиза, пригодного для промышленной переработки по традиционным режимам и технологиям;

– моральный и физический износ технологического оборудования, недостаток производственных мощностей;

– низкий уровень конкурентоспособности российских производителей продукции на внутреннем и внешнем продовольственных рынках;

– инфраструктурные недостатки в организации процессов хранения, транспортирования и логистического сопровождения пищевой продукции.

Целями развития сырьевой базы мясоперерабатывающей отрасли являются импортозамещение с ориентацией на экспорт за счет увеличения объемов производства российского товарного мяса на базе создания современных комплексов по убою скота, развитие инфраструктуры и логистического обеспечения, способствующих расширению возможностей по срокам хранения сырья и продукции.

Анализ структуры производства колбасных изделий и полуфабрикатов по федеральным округам РФ (рисунок 2) показывает лидирующую роль Центрального федерального округа, на долю которого в 2017 г. приходилось 41% от общего объема производства колбасных изделий и 47% – на полуфабрикаты.

Сегмент российского рынка колбасных изделий насчитывает около 5000 производителей, из них более 50% представлены предприятиями с численностью персонала, не превышающей 300 человек. Подтверждением имеющейся тенденции спроса на колбасные изделия, динамика объемов производства которых представлена на рисунке 3, служит факт, что около одной трети компаний, занятых в сфере бизнеса по производству колбасных изделий, функционирует на этом рынке менее пяти лет.

Прогнозируемое вероятное снижение спроса на колбасные изделия, связанное с сокращением доходов населения в связи с «ростом цен на продукты первой необходимости и товары длительного пользования» [21], необходимо компенсировать расширением ассортимента и увеличением доли потребления мясной продукции среднего и низкого ценового сегментов.

На сегодняшний день отечественные игроки на рынке продуктов мясоперерабатывающей отрасли вырабатывают мясные товары различных ассортиментных групп, из которых на долю полуфабрикатов приходится 47% от общего объема. В целом по РФ в структуре производства полуфабрикатов по термическому

состоянию превалирует замороженная продукция – ее доля в общем объеме российского производства составляет 60%. Соответственно 40% приходится на долю охлажденных полуфабрикатов. При этом прослеживается тенденция увеличения доли охлажденных полуфабрикатов.

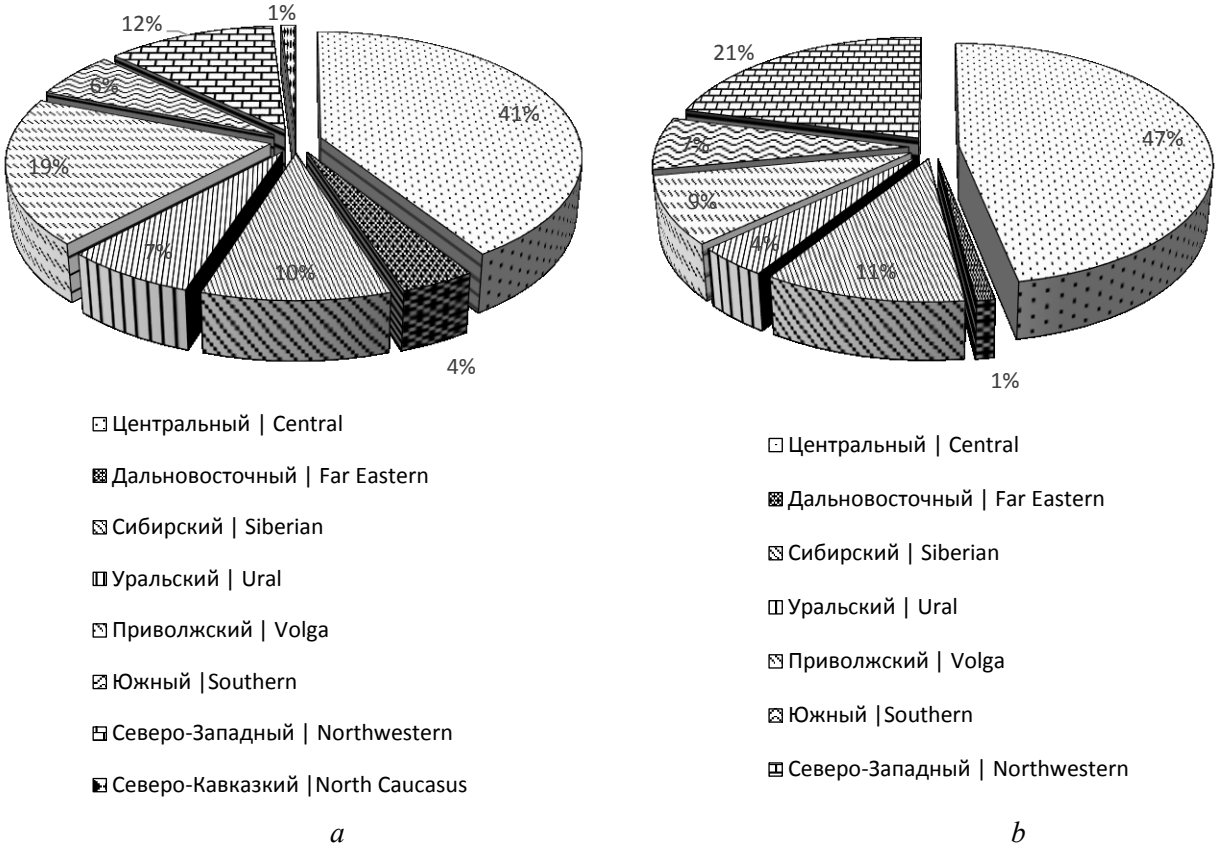


Рисунок 2. Структура производства колбасных изделий (*a*) полуфабрикатов (*b*) по федеральным округам РФ за 2017 г., %

Figure 2. Structure of sausage production (*a*) of semi-finished products (*b*) by federal districts of the Russian Federation for 2017, %

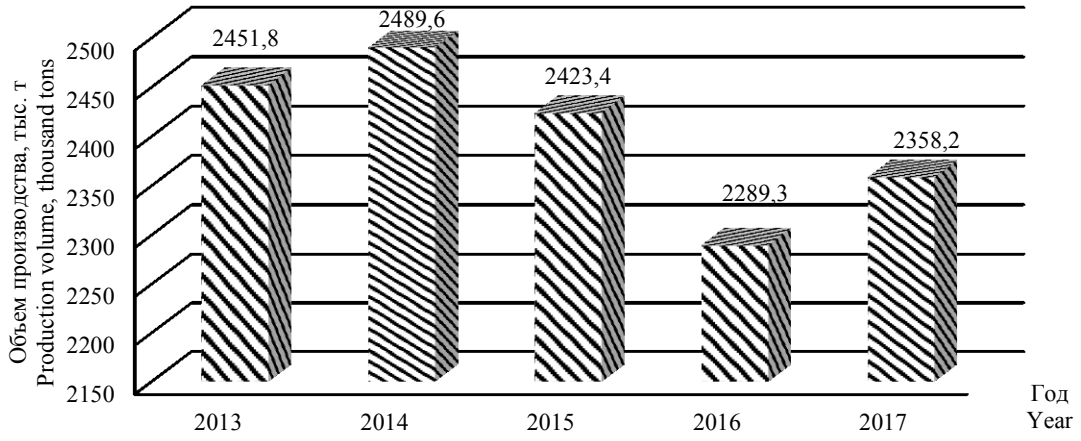


Рисунок 3. Динамика объемов производства колбасных изделий в России в 2013–2017 гг. [21]

Figure 3. Dynamics of production of sausage products in Russia in 2013–2017 [21]

Поскольку ценовой фактор в оценке приоритетов покупательского спроса в России является приоритетным, повышенным спросом населения пользуются полуфабрикаты местных производителей, цена на которые на 10–15% ниже по сравнению с ценами ведущих игроков федерального значения на рынке мясных товаров. Для обеспечения конкурентоспособности на

рынке мясных товаров приоритетными направлениями в работе производителей являются совершенствование технологии их производства, разработка и внедрение новых рецептур и видов упаковки, совершенствование сохраняемости продукции кулинарной готовности и полуфабрикатов.

На рынке продуктов переработки мясного сырья сильна региональная дифференциация, отчасти связанная с логическими трудностями в отношении скоропортящейся продукции. В том числе по этой причине местные потребители, как правило, склонны проявлять лояльность к продукции местных производителей.

В целом этот сектор рынка является конкурентным и насыщенным. По сравнению с рынком колбасных изделий рынок мясных полуфабрикатов демонстрирует более стабильный рост [19–21]. Основные причины лежат в социальной сфере, так как на сегодняшний день в обществе наиболее дефицитной категорией и специфической ментальной субстанцией является время.

Согласно социологическим опросам мотивации потребителей при выборе мясных и мясосодержащих полуфабрикатов распределяются следующим образом: удобство приготовления – 47%; вкус – 28%; широкий ассортимент продукции – 13%; цена, удовлетворяющая социальным запросам – 11% [24].

Ментальный фактор выбора продукции обусловлен тем, что более 30% потребителей склонны к приобретению знакомого продукта, в том числе путем реализации мотивации к приобретению товара известного бренда на подсознательном уровне.

Результаты анализа рисков развития рынка мясных полуфабрикатов представлены на рисунке 4 и согласуются с результатами других исследователей [5]. Следует отметить в качестве потенциальной угрозы смещение спроса из высокого ценового сегмента в «средний» и «средний +», а также потенциальный риск экономии на качестве сырья и ингредиентов со стороны отдельных производителей и связанную с этим угрозу снижения качества продукции. С другой стороны, положительный прогноз развития бизнеса имеют производители, которые изготавливают традиционные продукты, относящиеся к «социальному» ценовому сегменту.

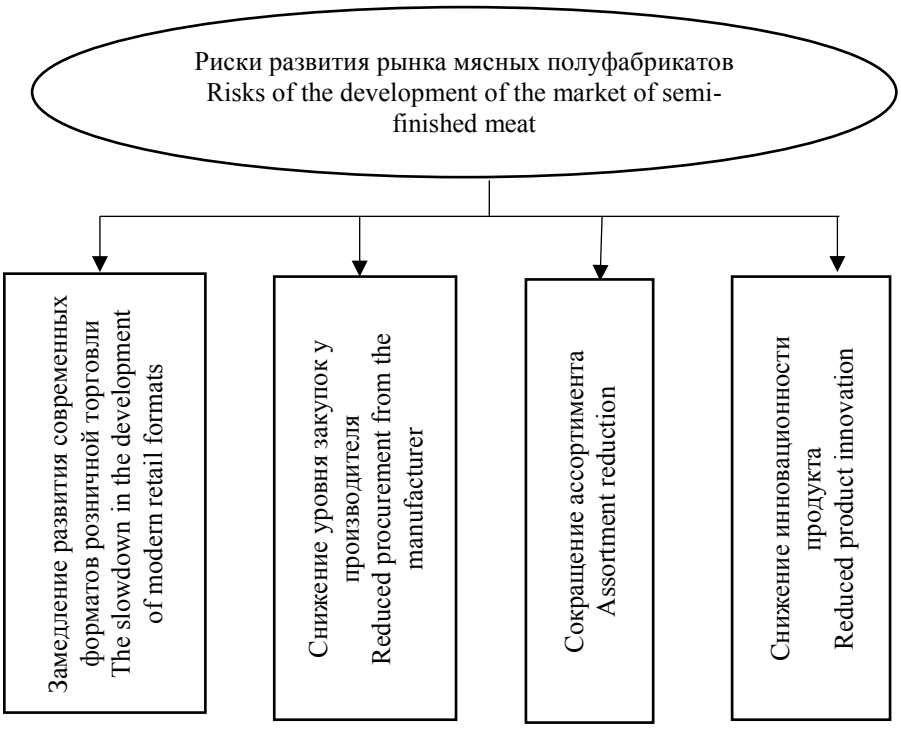


Рисунок 4. Риски развития рынка мясных полуфабрикатов

Figure 4. Risks of the development of semi-finished meat market

Анализ статистических данных, экспертных оценок, направлений государственной политики в отрасли, других официальных источников информации позволил прогнозировать экспертному сообществу три сценария развития российского рынка мясных полуфабрикатов: негативный, инерционный и инновационный [19]. Характеристики, факторы и тенденции, сопровождающие инновационный сценарий развития отечественного товарного рынка полуфабрикатов, представлены на рисунке 5.

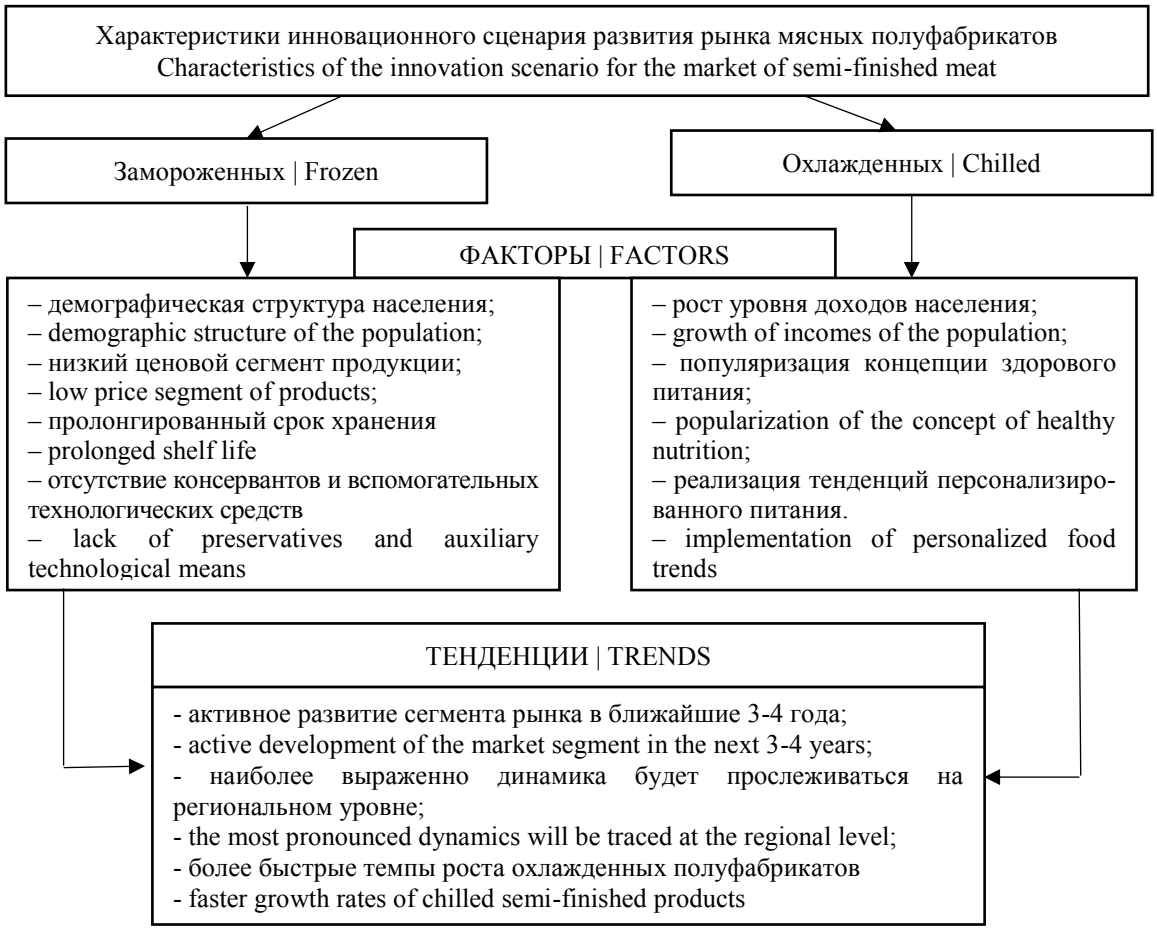


Рисунок 5. Характеристики, факторы и тенденции, сопровождающие инновационный сценарий развития отечественного товарного рынка полуфабрикатов

Figure 5. Characteristics, factors and trends accompanying the innovation scenario for the development of the domestic semi-finished product market

Большие перспективы имеет сочетание концепции здорового питания с идеей возрождения традиций национальной кухни на основе конвергенции с инновационными пищевыми биотехнологиями [25–27], при этом сохраняется приоритетная значимость ментального восприятия потребителями продукции мясоперерабатывающей отрасли.

В соответствии с этой концепцией сотрудниками кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции Воронежского ГАУ реализуется инновационный проект «Разработка комбинированных пищевых систем и метаболически эффективных мясных продуктов эконом-класса».

Продукты ориентированы на разные категории потребителей, в том числе среднего и старшего возраста. Они учитывают возможности экономии бюджета на фоне развития тенденций здорового питания как важной составляющей роста популярности здорового образа жизни в целом, так как способствуют интенсификации процессов метаболизма и являются источниками полноценного белка как животного, так и растительного происхождения. В качестве альтернативы соевому белку использованы перспективные бобовые и псевдозлаковые культуры. В частности, к ним относятся биоактивированный проращиванием люпин и киноа – по признанию специалистов, культура XXI века и реальное, дошедшее до нас «золото инков». Разработаны рецептурные варианты метаболически эффективной композиции природных биополимеров, по комплексу показателей имитирующей мясо, но превосходящей его по показателям переваримости и лучше вовлекающейся в процессы метаболизма [28, 29].

Композиции были использованы в качестве замены мясного сырья в технологии запеченных изделий – колбасных хлебов и колбасок для жарки в условиях предприятий г. Лиски Воронежской области – Пищевое предприятие ИП Каплина И.В., ООО «Валентина», столовая ЛТЖТ – филиал РГУПС, г. Лиски. Экономическая

эффективность использования разработанных композиций в технологии комбинированных мясо-растительных продуктов составляет 6,1 тыс. р. на 1 т, уровень рентабельности технологических решений – 41,89%, срок окупаемости 2,1 месяца (на примере колбасного хлеба).

Заключение

Сформулированы характеристики, факторы и тенденции инновационного сценария развития рынка охлажденных и замороженных мясных полуфабрикатов. Рассмотрены перспективы сочетания концепции здорового питания с идеей возрождения традиций национальной кухни на основе конвергенции с инновационными пищевыми биотехнологиями, в том числе на основе авторского инновационного проекта по разработке комбинированных пищевых систем и метаболически эффективных мясных продуктов эконом-класса. Рассматриваются возможности интеграции этого производства с создаваемой на базе Воронежского ГАУ биотехнологической производственной площадкой, где может быть организовано производство проростков люпина, а также других перспективных культур как альтернатива сое при производстве товарных форм комбинированных пищевых систем на основе разных видов мясного сырья. В связи с этим особую значимость имеет разработка и управление комплексной программой брендинга на рынке мясных изделий.

Разработанные продукты полностью соответствуют задачам, отраженным в «Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года» (утверждена распоряжением Правительства РФ от 29 июня 2016 г.), которая ориентирована на обеспечение полноценного питания, профилактику заболеваний, увеличение продолжительности и повышение качества жизни населения.

ЛИТЕРАТУРА

1 Борхунов Н.А., Алексеева С.А. Цены, инфляция и доходность одной из приоритетных отраслей экономики // АПК: Экономика, управление. 2014. № 4. С. 64–70.

2 Лисицын А.Б., Небурчилова Н.Ф., Петрунина И.В., Волынская И.П. и др. Перспективы развития мясной отрасли России до 2020 года // Все о мясе. 2011. № 6. С. 22–25.

3 Кузьмичева М.Б. Российский рынок мясной гастрономии // Мясная индустрия. 2013. № 2. С. 4–9.

4 Кузьмичева М.Б. Российский рынок колбасных изделий // Мясная индустрия. 2013. № 1. С. 33–34.

5 Рязанова О.А. Состояние и перспективы развития рынка мяса и мясопродуктов в России // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2018. № 1 (48). С. 96–104.

6 Николаева М.А. Актуальные проблемы импортзамещения на продовольственном рынке России // Товаровед продовольственных товаров. 2015. № 11. С. 20–23.

7 Galeyev M.M., Baleevskikh A.S. Development Trends of Russia's Meat Industry // Academy of Strategic Management Journal. 2017. V. 16. № 2. URL: https://www.abacademies.org/articles/development-trends-of-russias-meat-industry-6865.html

8 Забелина К.В., Тришкина Н.Ю. Обеспечение социальной направленности модернизации как императив развития экономики современной России и ее регионов // Современные фундаментальные и прикладные исследования. 2011. № 1. С. 42–46.

9 Петренко Т.В. К вопросу о роли труда и человеческого капитала в экономике инновационного типа // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. 2014. № 1. С. 29–36.

10 Лескина О.Н. Человеческие ресурсы России в аспекте ее инновационного развития // Наука, образование, общество. 2015. № 1 (3). С. 31–40.

11 Teixeira A.A.C., Queiros A.S.S. Economic growth, human capital and structural change: A dynamic panel data analysis // Research Policy. 2016. V. 45. № 8. P. 1636–1648. doi: 10.1016/j.respol.2016.04.006

12 Бородин К.Г. Прогнозы развития товарных рынков в условиях меняющихся мер защиты и инвестирования (на примере рынков мяса) // Проблемы прогнозирования. 2015. № 3 (150). С. 54–64.

13 Бородин К.Г. Оценка влияния продовольственного эмбарго и экономических санкций на товарные рынки (на примере рынков мяса) // Экономика и математические методы. 2018. Т. 54. – № 4. С. 41–59.

14 Якушев А.Ж. Формирование инновационного сознания как один из ключевых аспектов обеспечения инновационного сценария экономического развития // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. 2015. № 4 (33). С. 150–160.

15 Altinok N., Aydemir A. Does one size fit all? The impact of cognitive skills on economic growth // J. of Macroeconomics. 2017. V. 53. P. 176–190. doi: 10.1016/j.jmacro.2017.06.007

16 Рамазанов И.А., Калугина С.А., Майорова Е.А. Оценка емкости и перспектив развития B2C-рынка мяса и мясопродуктов РФ // Российское предпринимательство. 2018. Т. 19. № 11. С. 3561–3576.

17 Vicente-Oliva S., Garrido-Rubio A., Urquizu-Samper M. Familiarity in the innovative meat products for export // DYNA Management. 2016. V. 4. № 1. doi: 10.6036/MN8082/

18 Сидоренко Ю.И., Коршик Т.С., Данильчук Ю.В., Петрянина Т.А. Ведущая роль товароведения в формировании инновационной технологии продовольственного обеспечения населения в постиндустриальную эпоху // В сборнике: Передовые пищевые технологии: состояние, тренды, точки роста Сборник научных трудов I науч.-практич. конф. с межд. участием, 29 – 30 ноября 2018 г. Москва, 2018. С. 259–266.

19 Рынок мясных продуктов в России – 2018. Показатели и прогнозы. Маркетинговые исследования и отчёты. Tebis group. URL: http://tebiz.ru/mi/rynok-myasnykh-produktov.php#res_desc

20 Рынок колбасных изделий. Текущая ситуация и прогноз 2018–2022 гг. URL: http://alto-group.ru/otchot/marketing/270-rynok-kolbasnyx-izdelij-tekushhaya-situaciya-i-prognoz-2014–2018-gg.html

21 Анализ рынка колбасных изделий и мясных деликатесов в России в 2013–2017 гг., прогноз на 2018–2022 гг. URL: https://marketing.rbc.ru/research/38824/

22 Маракулина И.В., Анфертьева Н.И. Применение методов стратегического анализа при обосновании конкурентной стратегии организации // Концепт. 2013. № 08. URL: http://ekoncept.ru/2013/13160.htm

23 Глотова И.А., Козлобаева Е.А., Литовкин А.Н., Кубасова А.Н. и др. Разработка инновационных мясных продуктов с использованием вторичных сырьевых ресурсов // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2017. № 3 (17). С. 95–104.

24 Сандракова И.В., Зоркина Н.Н. Исследование потребительских предпочтений при покупке мясной продукции // Практический маркетинг. 2016. № 5 (231). С. 33–37.

25 Корж А.П., Денискин Р.Д., Базарнова Ю.Г. Конвергенция в биотехнологии мясных продуктов для здорового питания // Мясные технологии. 2018. № 2 (182). С. 34–36.

26 Bazarnova Y., Politaeva N., Lyskova N. Research for the lichen usnea barbata metabolites // Zeitschrift fur Naturforschung – Section C Journal of Biosciences. 2018. С. 291–296.

27 Кузнецова Т.А., Базарнова Ю.Г., Боргоякова А.С. Исследование влияния процесса автофлокуляции клеток микроводоросли Chlorella sorokiniana в аквакультуре на получение комплекса пигментов // Известия КГТУ. 2018. № 51. С. 69–80.

28 Глотова И.А., Рязанцева А.О. Разработка новых способов внесения биополимерных комплексов в состав пищевых систем на основе мясного сырья // ФЭС: Финансы. Экономика. 2018. Т. 15. № 3. С. 54–61.

29 Рязанцева А.О., Глотова И.А., Курчаева Е.Е. Разработка мясных продуктов эконом-класса с учетом гедонистических предпочтений: результаты тестирования на теплокровных биообъектах // ФЭС: Финансы. Экономика. 2018. Т. 15. № 6. С. 48–57.

REFERENCES

1 Borkhunov N.A., Alekseeva S.A. Prices, inflation and profitability of one of the priority sectors of the economy. *APK: Ekonomika, upravleniye* [AIC: Economics, Management]. 2014. no. 4. pp. 64–70. (in Russian).

2 Lisitsyn A.B., Neburchilova N.F., Petrunina I.V., Volyn I.P. et al. Prospects for the development of the meat industry in Russia until 2020. *Vse o myase* [Everything about meat]. 2011. no. 6. pp. 22–25. (in Russian).

3 Kuzmicheva M.B. Russian market of meat gastronomy. *Myasnaya industriya* [Meat industry]. 2013. no. 2. pp. 4–9. (in Russian).

4 Kuzmicheva, M.B. Russian market of sausages. *Myasnaya industriya* [Meat industry]. 2013. no. 1. pp. 33–34. (in Russian).

5 Ryazanova, O.A. The state and prospects of development of the market of meat and meat products in Russia. *Tekhnologiya innovatsionnykh pishchevykh produktov* [Technology and commodity research of innovative food products]. 2018. no. 1 (48). pp. 96–104. (in Russian).

6 Nikolaev, M.A. Actual problems of import substitution in the food market of Russia. *Tovaroved prodovol'stvennykh tovarov* [Food commodity expert]. 2015. no. 11. pp. 20–23. (in Russian).

7 Galeyev M.M., Baleevskikh A.S. Development Trends of Russia's Meat Industry. Academy of Strategic Management Journal. 2017. vol. 16. no. 2. Available at: https://www.abacademies.org/articles/development-trends-of-russias-meat-industry 6865.html

8 Zabelina K.V., Trishkina N. Yu. Ensuring the social direction of modernization as an imperative for the development of the economy of modern Russia and its regions. *Sovremennyye fundamental'nyye i prikladnyye issledovaniya* [Modern fundamental and applied research]. 2011. no. 1. pp. 42–46. (in Russian).

9 Petrenko T.V. On the question of the role of labor and human capital in an innovation-type economy. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Ekonomika* [Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Economy]. 2014. no. 1. pp. 29–36. (in Russian).

10 Leskina O.N. Human resources of Russia in the aspect of its innovative development. *Nauka, obrazovaniye, obshchestvo* [Science, education, society]. 2015. no. 1 (3). pp. 31–40. (in Russian).

11 Teixeira A.A.C., Queiros A.S.S. Economic growth, human capital and structural change: A dynamic panel data analysis. Research Policy. 2016. vol. 45. no. 8. pp. 1636–1648. doi: 10.1016/j.respol.2016.04.006

12 Borodin K.G. Forecasts of the development of commodity markets in the context of changing protection and investment measures (for example, meat markets). *Problemy prognozirovaniya* [Problems of Forecasting]. 2015. no. 3 (150). pp. 54–64. (in Russian).

13 Borodin K.G. Assessment of the impact of food embargo and economic sanctions on commodity markets (for example, meat markets). *Ekonomika i matematicheskiye metody* [Economics and Mathematical Methods]. 2018. vol. 54. no. 4. pp. 41–59. (in Russian).

14 Yakushev A. Zh. Formation of innovative consciousness as one of the key aspects of ensuring an innovative scenario of economic development. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 3: Ekonomika. Ekologiya* [Bulletin of the Volgograd State University. Series 3: Economy. Ecology]. 2015. no. 4 (33). pp. 150–160. (in Russian).

15 Altinok N., Aydemir A. Does one size fit all? The impact of cognitive skills on economic growth. J. of Macroeconomics. 2017. vol. 53. pp. 176–190. doi: 10.1016/j.jmacro.2017.06.007

16 Ramazanov I.A., Kalugina S.A., Mayorov E.A. Assessment of the capacity and development prospects of the B2C market of meat and meat products of the Russian Federation. *Rossiyskoye predprinimatel'stvo* [Russian Entrepreneurship]. 2018. vol. 19. no. 11. pp. 3561–3576. (in Russian).

17 Vicente-Oliva S., Garrido-Rubio A., Urquizu-Samper M. Familiarity in the innovative meat products for export. DYNA Management. 2016. vol. 4. no. 1. doi: 10.6036/MN8082/

18 Sidorenko Yu.I., Korshik T.S., Danilchuk Yu.V., Petryanina T.A. The leading role of commodity science in the formation of innovative technology of food supply of the population in the postindustrial era. Peredovyye pishchevyye tekhnologii: sostoyaniye, trendy, tochki rosta [In the collection: Advanced food technologies: state, trends, growth points Collection of scientific works of I scientific-practical conference. from int. participation, November 29 – 30, 2018]. Moscow, 2018. pp. 259–266. (in Russian).

19 Rynok myasnykh produktov v Rossii – 2018. Pokazateli i prognozy. Marketingovyye issledovaniya i otchoty. Tebis group [The market of meat products in Russia – 2018. Indicators and forecasts. Marketing research and reports. Tebis group]. Available at: http://tebiz.ru/mi/rynok-myasnykh-produktov.php#res_desc (in Russian).

20 Rynok kolbasnykh izdeliy. Tekushchaya situatsiya i prognoz 2018–2022 gg [Sausage market. Current situation and forecast for 2018–2022] Available at: http://alto-group.ru/otchot/marketing/270-rynok-kolbasnyx-izdelij-tekushhaya-situaciya-i-prognoz-2014–2018-gg.html (in Russian).

21 Analiz rynka kolbasnykh izdeliy i myasnykh delikatesov v Rossii v 2013–2017 gg., prognoz na 2018–2022 gg [Analysis of the market of sausage products and meat delicacies in Russia in 2013–2017, the forecast for 2018–2022]. Available at: https://marketing.rbc.ru/research/38824/ (in Russian).

22 Marakulin I.V., Anferteva N.I. Application of methods of strategic analysis in justifying the competitive strategy of the organization. *Kontsept* [Concept]. 2013. no. 08 Available at: http://ekoncept.ru/2013/13160.htm (in Russian).

23 Glotova I.A., Kozlobaeva E.A., Litovkin A.N., Kubasova A.N. et al. Development of innovative meat products using secondary raw materials. *Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya* [Technologies of food and processing industry of the agroindustrial complex – healthy food products]. 2017. no. 3 (17). pp. 95–104. (in Russian).

24 Sandrakova I.V., Zorkin N.N. Study of consumer preferences when buying meat products. *Prakticheskiy marketing* [Practical marketing]. 2016. no. 5 (231). pp. 33–37. (in Russian).

25 Korzh A.P., Deniskin R.D., Bazarnova Yu.G. Convergence in the biotechnology of meat products for a healthy diet. *Myasnyye tekhnologii* [Meat technology]. 2018. no. 2 (182). pp. 34–36. (in Russian).

26 Bazarnova Y., Politaeva N., Lyskova N. Research for the lichen usnea barbata metabolites. Zeitschrift fur Naturforschung – Section C Journal of Biosciences. 2018. pp. 291–296.

27 Kuznetsova T.A., Bazarnova Yu.G., Borgoyakova A.S. Investigation of the influence of the process of autoflocculation of the cells of the microalgae Chlorella sorokiniana in aquaculture on the production of a complex of pigments. *Izvestiya KGTU* [News of KSTU]. 2018. no. 51. pp. 69–80. (in Russian).

28 Glotova I.A., Ryazantseva, A.O. Development of new methods for introducing biopolymer complexes into the composition of food systems based on raw meat. *FES: Finansy. Ekonomika* [FES: Finance. Economy]. 2018. vol. 15. no. 3. pp. 54–61. (in Russian).

29 Ryazantseva A.O., Glotova IA, Kurchaeva E.E. Development of economy-class meat products with regard to hedonic preferences: test results on warm-blooded biological objects. *FES: Finansy. Ekonomika* [FES: Finance. Economy]. 2018. vol. 15. no. 6. pp. 48–57. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Алина О. Рязанцева аспирант, кафедра технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1 Воронеж, 394086, Россия,, lyutikova_92@mail.ru

Ирина А. Глотова д.т.н., профессор, кафедра технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1 Воронеж, 394086, Россия, glotova-irina@yandex.ru

Надежда А. Галочкина к.т.н., кафедра товароведения и экспертизы товаров, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1 Воронеж, 394086, Россия, galochkina.na@mail.ru

Сергей В. Шахов д.т.н., профессор, начальник центра поддержки технологий и инноваций, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия,, s_shahov@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Алина О. Рязанцева провела исследования, выполнила расчеты, написала рукопись, корректировала ее до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Ирина А. Глотова разработка концепции статьи, интерпретация результатов

Надежда А. Галочкина обзор литературных источников по исследуемой проблеме

Сергей В. Шахов консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 10.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Alina O. Ryazanceva graduate student, technology of storage and processing of agricul-tural products department, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, st. Michurina, 1, Voronezh, 394086, Russia, lyutikova_92@mail.ru

Irina A. Glotova Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of storage and processing of agricul-tural products department, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, st. Michurina, 1, Voronezh, 394086, Russia, glotova-irina@yandex.ru

Nadezhda A. Galochkina Cand. Sci. (Engin.), engineer, commodity research and examination of goods department, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, st. Michurina, 1, Voronezh, 394086, Russia, galochkina.na@mail.ru

Sergej V. Shahov Dr. Sci. (Engin.), professor, head of technology and innovation support center, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, s_shahov@mail.ru

CONTRIBUTION

Alina O. Ryazanceva conducted research, performed calculations, wrote a manuscript, corrected it before submission to the editor and is responsible for plagiarism

Irina A. Glotova concept development, interpretation of results

Nadezhda A. Galochkina review of the literature on the problem under study

Sergej V. Shahov consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.10.2019

ACCEPTED 2.18.2019

Краткое сообщение/Short message

УДК 658.01

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-429-433

Концепция менеджмента в управлении развитием предприятия

Наталья Н. Кудрявцева [1] konnat@mail.ru
Юлия В. Пахомова [2] yulia198007@mail.ru
Юлия Н. Дуванова [3] dyvanova@mail.ru

[1] Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковскрго и Ю.А. Гагарина, ул. Старых Большевиков, 54а, г. Воронеж, Россия
[2] Воронежский государственный технический университет, ул. Московский проспект, 14, г. Воронеж, Россия
[3] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, 394036, г. Воронеж, Россия

Аннотация. Применение инновационного подхода дает возможность получить конкретные результаты деятельности предприятий, такие как предложение товаров и услуг высокого качества, конкурентоспособные преимущества, позволяющие более гибко реагировать на изменения внутренней и внешней среды. Важным в контексте управления развитием регионального рынка услуг являются определение и анализ инвестиционной привлекательности отрасли услуг. Чем она выше, тем больше вероятность притока финансовых ресурсов в экономику отрасли. В связи с этим большое значение приобретает взаимосвязь понятий «инвестиционная привлекательность отрасли» и «конкурентоспособность отрасли» Поэтому актуальной является проблема управления рынком услуг. Анализ указанных проблем показал отсутствие эффективного управления предприятиями на рынке. В настоящее время не существует эффективных методик и моделей управления предприятием, представляющих собой отношения экономического субъекта, предполагающего взаимосвязь в предоставлении и потреблении товаров и услуг. В данной статье рассмотрены основные аспекты государственного влияния на деятельность рынка услуг. Регуляторами рыночной деятельности не создаются условия, способствующие развитию сферы услуг. Поэтому, предложена модель, позволяющая регулировать отношения предприятия на основе инновационной стратегии управления предприятием, расширяющей возможности и пути повышения эффективности управления как рынком сферы услуг, так и сектором экономики в целом. В статье дана оценка конкурентоспособности рынка услуг, определён экономический потенциал регионального рынка услуг, представлен алгоритм разработки стратегии менеджмента, предложена модель развития регионального рынка услуг.

Ключевые слова: управление, предприятие, стратегия, модель, экономика

The concept of management development management enterprise

Natal'ya N. Kudryavtseva [1] konnat@mail.ru
Yuliya V. Pakhomova [2] yulia198007@mail.ru
Yuliya N. Duvanova [3] dyvanova@mail.ru

[1] Air Force, Military Training and Research Center of the Air Force, Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovskiy and Y. A. Gagarin, Starich Bolshevikov str., 54a, Voronezh
[2] Voronezh state technical university, Moskovsky av., 14, Voronezh, Russia
[3] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The use of an innovative approach makes it possible to obtain specific results of enterprises, such as the supply of goods and services of high quality, competitive advantages, allowing more flexible response to changes in the internal and external environment. Important in the context of managing the development of the regional market of services are the definition and analysis of the investment attractiveness of the service industry. The higher it is, the more likely the inflow of financial resources into the economy of the industry. In this regard, the relationship between the concepts of "investment attractiveness of the industry" and "competitiveness of the industry" is of great importance .Therefore, the actual problem is the management of the market of services. Analysis of these problems showed the lack of effective management of enterprises in the market. Currently, there are no effective methods and models of enterprise management, representing the relationship of an economic entity, involving the relationship in the provision and consumption of goods and services. This article describes the main aspects of the state influence on the services market. Market regulators do not create conditions conducive to the development of the service sector. Therefore, a model is proposed that allows to regulate the relations of the enterprise on the basis of an innovative strategy of enterprise management, expanding the opportunities and ways to improve the efficiency of management of both the market of services and the sector of the economy as a whole. The article assesses the competitiveness of the services market, defines the economic potential of the regional services market, presents an algorithm for developing a management strategy, and proposes a model for the development of the regional services market.

Keywords: management, enterprise, strategy, model, economy

Введение

В настоящее время определяющее воздействие на развитие рынка услуг оказывает применение законодательного регулирования. Законодательное регулирование рынка услуг содержит несколько факторов, определяющих риск развития бизнеса:

– противоречия положений местного, регионального и федерального нормативного характера;

– неполный учет результата судебных практик с применением правовых норм по вопросу, рассмотренному судом;

– неполная интерпретация судей в соответствии с новыми принятыми правилами;

– возможность государства воздействовать на решение, принимаемое судом;

– неполная проработка этапов, описывающих разорение предприятия.

Для цитирования

Кудрявцева Н.Н., Пахомова Ю.В., Дуванова Ю.Н. Концепция менеджмента в управлении развитием предприятия // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 429–433. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-429-433

For citation

Kudryavtseva N.N., Pakhomova Yu.V., Duvanova Yu.N. The concept of management development management enterprise. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 429–433. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-429-433

Рынок услуг

Подзаконные нормативные акты, а также законы становятся действующими с задержкой, что является существенным пробелом в их применении.

Указанный недочет неблагоприятно отражается на реализации лицензий и контрактов и является необходимой защитой при предъявлении претензии.

Проблема в развитии рынка услуг – это многоступенчатая и непрозрачная процедура при получении лицензии.

Вышеизложенное свидетельствует, что техническая политика создает административный барьер в виде дискриминирующих условий, снижая оценку инвестиционной привлекательности рынка услуг. Потребитель лишается использования современной технологии, предоставляющей дополнительные услуги.

Рыночный риск предприятия находится на низком уровне и обусловливается его позицией. Стабильный спрос на продукцию является гарантией постоянного минимального уровня дохода, на который не оказывают влияние экономические условия и политическая ситуация страны.

Существенное влияние государственных органов управления формирует политические риски предприятий.

Сферу рынка услуг определяют экономические, правовые и организационные отношения продажи, информационные данные [7].

Рынок услуг формируется экономическими отношениями, связанными со спросом, предложением, ценой посредством обмена товара или услуги [8].

С учетом национальной специфики рынок услуг характеризуется отношениями экономических субъектов, предполагающих осуществление взаимодействия в предоставлении и потреблении продукта, регулируемого органами государственной власти [6].

Инвестиционная привлекательность рынка услуг

Инвестиционная привлекательность на рынке услуг характеризуется объемом инвестиционной деятельности, ценами товаров и услуг, объемом потребления, издержками предприятия, динамикой привлечения денежных средств [8].

Инвестиционная привлекательность отраслевого сегмента оценивается следующим образом [9]:

– определяется возможность появления конкурирующих предприятий, предоставляющих товары и услуги;

– наличие внутриотраслевой конкуренции;

– влияние потребителей предприятий, воздействие макроэкономических условий развития.

Региональное развитие зависит от конкурентоспособности и инвестиционной привлекательности предприятий, служит определяющим показателем, влечет за собой увеличение межрегиональных и межгосударственных конкурентных преимуществ (таблица 1).

Потребителей интересует качественный продукт, имеющий минимальную цену. В то же время предприятия планируют осуществить продажу продукта по высоким ценам, обеспечивающим доходность и увеличение платежеспособного спроса [2].

Таблица 1.

Регулирование управленческой деятельности рынка услуг

Table 1.

Regulation management services market activity

Принцип | Principle	Инструменты принципа | Tools principle
Целостность | Integrity	Исследование системы как единого организма, учитывая проявление свойства, внутренней связи элементов и внешней связи других объектов The research system as a single organism, given the manifestation of the properties of elements of internal communication and external communication of other objects
Иерархическая упорядоченность | Hierarchical ordering	Различный иерархический уровень каждого элемента системы Different hierarchical level of each element of the system
Целевая направленность| Targeting	Функционирование элементов в системе в виде единого целого Operation of the elements in the system as a whole
Необходимое разнообразие | Requisite variety	Разнообразные элементы системы, ограниченные минимумом и максимумом Various elements of the system, limited to the minimum and maximum
Эмержентность | Emerzhent	Несовпадение критериев в отдельных элементах, таких как глобальная цель и системные составляющие Do not match the criteria in separate elements, such as a global goal and system components
Обратная связь | Feedback	Взаимодействие взаимосвязанных элементов в системе The interaction of interrelated elements in the system
Альтернативность | Alternativity	Варианты возможного решения проблем Options for possible solutions to problems

Поэтому необходимо создавать субъективные и объективные элементы, формирующие управленческую культуру, включающую стили и стратегии управления [4, 5, 8] (рисунок 1).

Современное демократическое государство может эффективно развиваться при наличии открытого информированного общества, которому способствует развитая информационная, телекоммуникационная инфраструктура.

Общественной информированностью определяется общественный интеллект, социальная воля, целенаправленность.

Рост информации, знании, информационных услуг, всех отраслей, связанных с производственной деятельностью (телекоммуникационной, компьютерной, телевизионной), является доминирующим фактором экономического развития [1]

Информационные технологии имеют всепроникающий характер и скорость проникновения на предприятии, в каждый сектор промышленности, государственного управления [3, 7].

Внутренними факторами системы, учитывающими привлекательность экономики региона и предприятий в регионе, являются:

– показатели уровня развития экономики региона и емкости рынка;

– многообразие регионального ресурса;

– инфраструктура рынка;

– доступность информации;

– другой спектр социально-экономических факторов.

Поэтому необходимо создавать субъективные и объективные элементы, формирующие управленческую культуру, включающую стили и стратегии управления [4, 5, 8]. Социально-экономический потенциал региона охватывает все ресурсы (средства, запасы, источники) – материальные, человеческие, природные, уже вовлеченные в процессы производства и социального развития, а также ресурсы, используемые для роста экономической эффективности, позволяющие укрепить социально-политическую стабильность, повысить уровень и качество жизни населения региона [4–6].

Предложенный подход к оценке социально-экономического потенциала региона включает следующие этапы [8–10].

I этап. Применение функционально-целевого подхода и возможность оценки отдельных задач.

II этап. Анализ потенциала региона. Позволяет оценить пропорциональность, сбалансированность ресурсов региона.

III этап. Разработка концепции менеджмента оценки потенциала (рисунок 1).

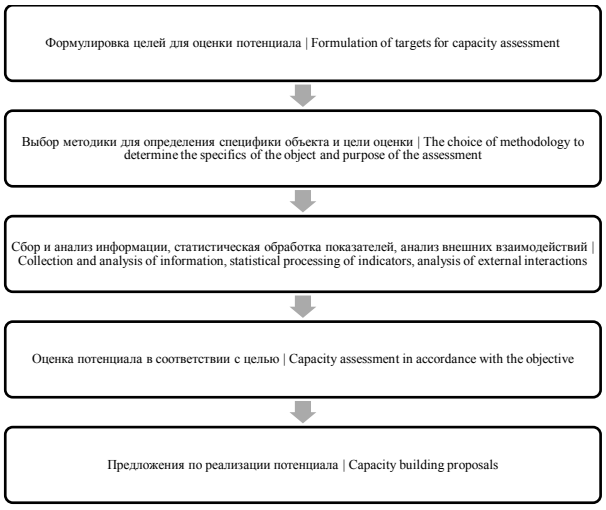


Рисунок 1. Алгоритм разработки концепции менеджмента

Figure 1. Algorithm for developing a management concept

IV этап. Реализация подхода, позволяющего определить сумму отдельных (локальных) потенциалов и отразить их взаимосвязь. Применяется для оценки потенциала и инновационной стратегии развития регионального рынка услуг.

Экономический потенциал регионального рынка услуг можно оценить путем определения пяти коэффициентов [3, 7].

Экономический потенциал региона определяется по формуле:

$$K_{\text{ЭП}} = \frac{\text{ВВП}}{\text{ЭП}},$$

где ВВП – валовой внутренний продукт региона в текущем году; ЭП – экономический потенциал территории в годовом измерении.

Активная часть экономического потенциала региона определяется по следующей формуле:

$$K_{\text{ЭПа}} = \frac{\text{ВВП}}{\text{ЭПа}},$$

где ЭПа – экономический потенциал региона (активная часть).

Экономические ресурсы региона оцениваются коэффициентом:

$$K\text{а} = \frac{\text{ЭПа}}{\text{ЭП}}.$$

Эффективность экономических ресурсов региона определяется в виде следующего коэффициента:

$$K_{\text{ЭР}} = \frac{\text{ЭП}}{\text{Р}},$$

где Р – стоимостное выражение экономических ресурсов, имеющихся в наличии на данной территории.

Локальный потенциал *i*-го вида представлен коэффициентом:

$$K_{\text{Эпi}} = \frac{\text{Д}i}{\text{ЭП}i},$$

где Д*i* – фактический годовой доход, приходящийся на *i*-й вид экономического ресурса; Эп*i* – экономическая оценка локального потенциала *i*-го вида в годовом измерении.

Суммарный экономический потенциал региона детерминирован как сумма локальных потенциалов.

Однако конкурентоспособность отрасли не всегда характеризуется конкурентоспособностью предлагаемых в данном сегменте товаров и услуг, а также спросом на них.

Конкурентоспособным является то предприятие, которое предоставляет услуги на рынке, характеризующимся технико-функциональными, экономическими, организационными и другими характеристиками, адекватными ожиданиям потребителя, определяющим его рыночную долю и препятствующим распределению в пользу другого субъекта рынка услуг.

Конкурентоспособность предприятия идентифицируется комплексом показателей функционирования на рынке услуг. Потребители выбирают предприятие, способное в полной мере удовлетворить их потребности. Факторы, определяющие успех предприятия, обусловлены новыми технологиями и инструментами в управлении, низкой ценой товаров и услуг, высоким качеством предоставляемых дополнительных услуг, индивидуальным подходом к потребителям. Данные факторы позволяют оценить конкурентную позицию и преимущества предприятия услуг и свидетельствуют об увеличении количества конкурентов. Так как на деятельность предприятия большое влияние оказывает макросреда (внешняя среда), большое значение приобретает применение эффективных методов управления, включающих способы и действия, позволяющие предприятиям адаптироваться к внешним воздействиям и усилить конкурентную позицию. Эффективным в данном контексте является управление на основе инновационного подхода, позволяющее разработать миссию, ключевые цели, стратегию развития и способы её реализации, обеспечивающие функционирование предприятия с учетом воздействий макросреды, приводящих к изменениям внутренней среды самого предприятия.

Управление на основе инновационного подхода предполагает использование повторяющихся процедур, фаз, функций. Результатом реализации таких функций управления, как анализ, является оценка конкурентоспособности предприятия; прогнозирования – прогноз возможных состояний; планирования – разработка плана и стратегии развития; организации и мотивации – функционирование, мотивация, финансирование, организационное и инвестиционное проектирование; контроля и регулирования – корректировка и разработка программы, механизма деятельности.

Управление предприятием услуг на основе инновационного подхода состоит из подготовительного этапа, обеспечивающего разработку стратегии; основного этапа – реализации стратегии; заключительного этапа, в формате которого осуществляется корректировка и обратная связь.

Каждый этап включает реализацию определенных функций управления: первый этап – анализ и прогнозирование микросреды и макросреды; второй – планирование; третий – организация и мотивация, контроль и регулирование.

Макроокружение и рыночная среда подвергаются постоянному анализу.

Предприятие услуг – это элемент макросреды. Соответствие деятельности предприятия условиям макросреды является необходимым требованием. Многие субъекты хозяйствования используют из макросреды ограниченные ресурсы, необходимые для того, чтобы поддержать продуктивную деятельность, а также внутренний потенциал на адекватном уровне. При разработке стратегий управления развитием предприятий услуг следует учитывать тенденции развития внешней среды и позицию, занимаемую предприятием в макросреде, что позволяет осуществить прогноз угроз и возможностей предприятия услуг на рынке [7–10].

Микросреда предприятия услуг характеризуется ресурсной возможностью, и потенциалом, позволяющими выиграть конкурентную борьбу. Основные составляющие микросреды предприятия услуг – это производственные, финансовые, инвестиционные, маркетинговые, организационные компоненты. Эффективное управление позволяет поддержать и расширить деятельность предприятия, обеспечить конкурентные преимущества в перспективе.

Спрос и предложение, конъюнктура, организация сбытовых операций являются составляющими анализа и прогноза развития предприятий рынка услуг с учетом факторов внешней и внутренней среды.

Рыночная деятельность является многоплановым экономическим понятием, объективным явлением экономической политики, включающим людей, осуществляющих покупку с учетом происходящих изменений, затрагивающих всех участников рынка. Сферу услуг составляет купля-продажа товара или услуги, удовлетворяющей потребность отдельного лица или организации.

Финансовые, материальные ресурсы, складывающаяся экономическая обстановка в регионе оказывают влияние на разработку стратегий менеджмента, что является результатом этого этапа. Исходя из этого отдается предпочтение стратегии менеджмента и рассматриваются планы по реализации стратегии.

Заключение

На основе анализа и контроля, показывающих эффективность применения стратегии и позволяющих определить тенденции и перспективы развития предприятий рынка услуг, можно определить, насколько соответствует проводимая политика запланированным целям.

ЛИТЕРАТУРА

1 Кудрявцева Н.Н., Артеменко В.Б., Лапыгина С.А. Информационное обеспечение инновационного развития предприятия на основе использования инструментов контроллинга бизнес-процессов // Экономика и предпринимательство. 2013. № 12. Ч. 4. С. 704–712.

2 Кудрявцева Н.Н. Реализация сбалансированной системы показателей на предприятии // Инновационный Вестник Регион. 2012. № 2. С. 27–34.

3 Пахомова Ю.В., Кудрявцева Н.Н. Стратегии менеджмента в управлении предприятием рынка услуг // Материалы IV междун. науч.-практ. конф. Саратов, 2014. С. 73–74.

4 Балашов А.П. Основы менеджмента: учебное пособие, 2-е изд., перераб. и доп. М.: Вузовский учебник: НИЦ ИНФРА-М, 2014. 288 с.

5 Kihn M. House of lies: how management consultants steal your watch and then tell you the time. 2012. 288 p.

6 Senor D. Start-up Nation. 2016. 198 p.

7 Peppard J., Ward J. The strategic management of information systems: Building a digital strategy. John Wiley & Sons, 2016.

8 Weng J., Liu T. Enterprise Strategy Analysis Based on SWOT Analysis // 2018 International Conference on Sports, Arts, Education and Management Engineering. Atlantis Press, 2018.

9 Bromiley P., McShane M., Nair A. et al. Enterprise risk management: Review, critique, and research directions // Long range planning. 2015. V. 48. № 4. P. 265–276.

10 Nickols F. Strategy, strategic management, strategic planning and strategic thinking // Management Journal. 2016. V. 1. № 1. P. 4–7.

11 Игошин А.Н., Черемухин А.Д. Особенности воспроизводства человеческого капитала в контексте оценки эффективности работы организации // Вестник НГИЭИ. 2017. № 5 (72). С. 96–113.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Наталья Н. Кудрявцева к.э.н., доцент, кафедра управления материально-техническим обеспечением ВВС, Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковскрго и Ю.А. Гагарина, ул. Старых Большевиков, 54а, г. Воронеж, Россия, konnat@mail.ru

Юлия В. Пахомова к.э.н., доцент, кафедра инженерной экономики, Воронежский государственный технический университет, Московский пр-т, 14, г. Воронеж, Россия, yulia198007@mail.ru

Юлия Н. Дуванова к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, Россия, dyvanova@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 16.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 19.02.2019

REFERENCES

1 Kudryavtseva N.N., Artemenko V.B. Lapygina S.A. Information support of innovative enterprise development through the use of tools of controlling business processes. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Economy and preneurship]. 2013. no. 12. pp.704–712. (in Russian).

2 Kudryavtseva N.N. The implementation of a balanced scorecard for the enterprise. *Innovatsionnyy Vestnik Region* [Herald Innovative Region]. 2012. no. 2. pp. 27–34. (in Russian).

3 Pakhomova Yu.V., Kudryavtseva N.N. Management strategies in the management of pre-acceptance service market. *Materialy IV mezhdun. nauch.-prakt. konf.* [Proceedings of the IV Internat. scientific-practical. konf.]. Saratov, 2014. pp. 73–74. (in Russian).

4 Balashov A.P. Osnovy menedzhmenta [Fundamentals of management: 2nd ed.]. Moscow, Vuzovskiy uchebnik: NITS INFRA-M, 2014. 288 p. (in Russian).

5 Kihn M. House of lies: how management consultants steal your watch and then tell you the time. 2012. 288 p.

6 Senor D. Start-up Nation. 2016. 198 p.

7 Peppard J., Ward J. The strategic management of information systems: Building a digital strategy. John Wiley & Sons, 2016.

8 Weng J., Liu T. Enterprise Strategy Analysis Based on SWOT Analysis. 2018 International Conference on Sports, Arts, Education and Management Engineering. Atlantis Press, 2018.

9 Bromiley P., McShane M., Nair A. et al. Enterprise risk management: Review, critique, and research directions. Long range planning. 2015. vol. 48. no. 4. pp. 265–276.

10 Nickols F. Strategy, strategic management, strategic planning and strategic thinking. Management Journal. 2016. vol. 1. no. 1. pp. 4–7.

11 Igoshin A.N., Cheremukhin A.D. Features of the reproduction of human capital in the context of assessing the effectiveness of the organization. *Vestnik NGIEI* [Herald NGIEI]. 2017. no. 5 (72). pp. 96–113. (in Russian).

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Natal'ya N. Kudryavtseva Cand. Sci. (Econ.), associate professor, logistics management department, Air Force Academy named after Professor N. Zhukovskiy and Yu. Gagarin, Old Bolsheviks str., 54a, Voronezh, Russia, konnat@mail.ru

Yuliya V. Pakhomova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, engineering economics department, Voronezh state technical university, Moskovsky av., 14, Voronezh, Russia, yulia198007@mail.ru

Yuliya N. Duvanova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economic security and the financial monitoring department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, dyvanova@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.16.2019

ACCEPTED 2.19.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 360

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-434-442

Подход к анализу и сопоставлению национальных инновационных систем на примере России и других стран

Михаил Ю. Афанасьев [1] miafan@cemi.rssi.ru

Мария А. Лысенкова [1] lysenkovam@gmail.com

[1] Центральный экономико-математический институт, пр-т Нахимовский, 47, г. Москва, 117418, Россия

Аннотация. В настоящее время сохраняется тенденция к оценке инновационной системы на национальном уровне. Для качественного межстаннового сопоставления необходимы количественные и качественные оценки факторов влияющих на инновационную активность региона. Цель данной работы состояла в том, чтобы обосновать количественно влияние науки и бизнеса на инновационную активность региона. Международные патентные заявки выбраны в качестве показателя, отражающего результат инновационной активности региона. В работе проведена проверка статистических гипотез. Методами эконометрического моделирования подтверждено наличие зависимости между результатами инновационной активностью и инновационным пространством региона. Инновационное пространство региона описывается в работе как совокупность потенциальных связей между бизнесом и организациями, создающими новые знания. В исследовании использовались официальные статистические данные регионов таких стран как РФ, Швейцария, США, Китай и Японии. Методами эконометрического моделирования получены оценки параметров национальных и региональных инновационных систем РФ, Швейцарии, США, Китая и Японии. Показано, что оценки эластичности и технической эффективности использования инновационного пространства региона свидетельствуют о развитии инновационной системы. В рассмотренном диапазоне времени установлено, что свойством парето-оптимальности обладают параметры инновационных систем Японии, Китая и Швейцарии. Получены оценки технической эффективности инновационного пространства для совокупности 190 регионов по данным 2012 г., проведен сравнительный анализ стран на основе полученных оценок. В работе приводится обоснование использования параметрического описания национальной и региональных инновационных систем. Данное описание может использоваться для межстраннового сопоставления влияния науки и бизнеса на результаты инновационной активности, кластеризации национальных инновационных систем.

Ключевые слова: инновационная система; параметрическое описание; техническая эффективность; эконометрическое моделирование; проверка гипотез

Approach to the analysis and comparison of national innovation systems on the example of Russia and other countries

Mikhail Yu. Afanasiev [1] miafan@cemi.rssi.ru

Maria A. Lysenkova [1] lysenkovam@gmail.com

[1] Central Economics and Mathematics Institute of Russian Academy of Sciences, Nakhimovsky Av., 47 Moscow, 117418, Russia

Abstract. Currently, there is a tendency to evaluate the innovation system at the national level. Qualitative inter-country comparison requires quantitative and qualitative assessment of the factors influencing the innovation activity of the region. The purpose of this work was to justify quantitatively the impact of science and business on the innovation activity of the region. International patent applications are selected as an indicator reflecting the result of innovation activity in the region. Statistical hypothesis testing is carried out in this paper. The dependence between the results of innovation activity and innovation space of the region is confirmed by the methods of econometric modeling. The innovation space of the region is described in the work as a set of potential links between business and organizations that create new knowledge. The study used the official statistics of the regions of such countries as Russia, Switzerland, USA, China and Japan. Estimates of parameters of national and regional innovation systems of the Russian Federation, Switzerland, the USA, China and Japan are received by methods of econometric modeling. It is shown that the assessment of elasticity and technical efficiency of the innovation space of the region indicate the development of the innovation system. In the considered time range it is established that the Pareto-optimality property is possessed by the parameters of innovation systems of Japan, China and Switzerland. Estimates of the technical efficiency of the innovation space for a total of 190 regions according to 2012, a comparative analysis of the countries on the basis of the estimates. The paper provides a rationale for the use of parametric descriptions of national and regional innovation systems. This description can be used for cross-country comparison of the impact of science and business on the results of innovation activity, clustering of national innovation systems.

Keywords: innovation system; parametric description; technical efficiency; econometric modeling; hypothesis testing

Для цитирования

Афанасьев М.Ю., Лысенкова М.А. Подход к анализу и сопоставлению национальных инновационных систем на примере России и других стран // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 434–442. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-434-442

For citation

Afanasiev M.Yu., Lysenkova M.A. Approach to the analysis and comparison of national innovation systems on the example of Russia and other countries. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 434–442. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-434-442

Введение

В настоящее время сохраняется стабильный интерес мирового сообщества к оценке инновационной системы на национальном и региональном уровне. Повышение уровня конкурентоспособности стран требует количественной и качественной оценки факторов, оказывающих влияние на инновационную активность страны. В статье М.Ю. Архипова и Е.С. Карпов [1] определяют группы стран, используя метод многомерной классификации. Каждая группа стран обладает схожей патентной активностью. В результате построения кластеров к первому кластеру относятся страны, обладающие высокой патентной активностью, выступающие в мире лидерами в сфере научно-технологического развития такие, как Республика Корея, США, Китай, Япония. Во второй кластер входят страны, обладающие значительной тенденцией к научно-техническому развитию – Швеция, Германия, Швейцария, РФ и др. К третьему кластеру относятся страны с низкими показателями патентной активности, оказывающие слабое влияние на общемировой уровень – Бразилия, Италия, Польша, Румыния. Согласно глобальному инновационному индексу, опубликованному Всемирной организацией интеллектуальной собственности (ВОИС) в 2016 г., США и Япония выступают среди лидеров рейтинга в плане «качества инноваций». В последних статьях ВОИС отмечает большой прорыв Китая, который вошел в число 25 ведущих стран-новаторов в мире. Стоит отметить, что США, Япония и Китай, по данным ВОИС, стали странами – лидерами по числу международных патентных заявок. Согласно докладу «Глобальный инновационный индекс» в 2017 г., подготовленному совместно с Корнельским университетом, школой бизнеса INSEAD и ВОИС, рейтинг ведущих странноваторов возглавляет Швейцария, Швеция, Нидерланды и США.

Цель работы состоит в получении и обосновании количественных характеристик влияния науки и бизнеса на результаты инновационной активности регионов. В работе проводится проверка статистических гипотез. Методами эконометрического моделирования подтверждено наличие зависимости между результатами инновационной активности и инновационным пространством региона. Инновационное пространство региона описывается в работе как совокупность потенциальных связей между бизнесом и организациями, создающими новые знания. Для исследования подобраны данные из официальных статистических сборников для регионов РФ, Швейцарии, США, Китая для 2008, 2011, 2012, 2013 гг. и Японии для 2006 и 2012 гг.

Сопоставление влияния количества потенциальных связей между вузами и предприятиями на количество международных патентных заявок для регионов РФ, Швейцарии, США, Китая и Японии

В работе используется преобразованная многофакторная производственная функция, преобразование обосновали авторы в своей работе [2]. Конечная модель вида M1 представляет зависимость результата инновационной активности инновационного пространства региона:

$$\ln Q_i = c + \delta \ln V_i + \nu_i - u_i,$$

где: $Q_i = pat_i$ – число международных патентных заявок региона i; $V_i = S_i \cdot B_i$ - инновационное пространство региона, здесь $S_i = vuz_i$ – количество высших учебных заведений; $B_i = buz_i$ – число предприятий региона; c, δ – параметры; $\nu_i - u_i$ - случайная составляющая, отражающая результаты воздействия на процесс инновационной деятельности региона факторов неопределенности и эффективности.

Для получения оценок технической эффективности инновационного пространства в работе используется величина TE_i. В соответствии с концепцией «стохастической границы» [3] величина TE_i характеризует ожидаемое значение технической эффективности инновационного пространства как отношения фактического результата инновационной активности региона $\exp\{c + \delta \ln V_i + \nu_i - u_i\}$ к потенциально возможному $\exp\{c + \delta \ln V_i + \nu_i\}$.

Гипотеза 1. *Параметры модели* M1 *описывают зависимость числа* ***международных патентных заявок*** *от размера инновационного пространства регионов, оцененного по количеству высших учебных заведений и предприятий. Параметры модели M1 для регионов РФ значимо не отличаются от параметров моделей M1 для регионов*: *Швейцарии; Китая; США; Японии.*

Статистические данные, представленные в работе и используемые для проверки гипотезы 1, даны в таблице 1 для регионов РФ, кантонов Швейцарии, штатов США, провинций Китая и префектур Японии.

Таблица 1.

Исходные данные по регионам РФ, Швейцарии, США, Китая и Японии для модели вида M1

Table 1.

Data on regions of Russian Federation, Switzerland, USA, China and Japan for model M1

Обозначение Identification	Наименование показателя Name of indicator	Период времени Period of time	Источник References
Исходные данные по регионам РФ | Data on regions of Russian Federation			
pat_i	Количество международных патентных заявок Number of international patent applications	2008, 2011, 2012, 2013	Innovation indicators OECD, 2014 [4]
vuz_i	Количество высших учебных заведений региона Number of higher education institutions in the region	2013	Регионы России. Социально–экономические показатели (2013) [5]
buz_i	Количество предприятий Number of enterprises	2008, 2011, 2012, 2013	Регионы России. Социально–экономические показатели (2013) [5]
Исходные данные по кантонам Швейцарии | Data on regions of Switzerland			
pat_i	Количество международных патентных заявок Number of international patent applications	2008, 2011, 2012, 2013	Innovation indicators OECD, 2014 [4]
vuz_i	Количество высших учебных заведений региона Number of higher education institutions in the region	2010	Statistical Yearbook of Switzerland, 2014 [6]
buz_i	Количество предприятий Number of enterprises	2008, 2011, 2012, 2013	Statistical Yearbook of Switzerland, 2014 [6]
Исходные данные по штатам США | Data on regions of USA			
pat_i	Количество международных патентных заявок Number of international patent applications	2008, 2011, 2012, 2013	Innovation indicators OECD, 2014 [4]
vuz_i	Количество высших учебных заведений региона	2010	U.S. National Center for Education Statistics (2010) [7]
buz_i	Количество предприятий Number of enterprises	2008, 2011, 2012, 2013	Census Bureau, the Business Information Tracking Series (2014) [7]
Исходные данные по провинциям Китая | Data on regions of China			
pat_i	Количество международных патентных заявок Number of international patent applications	2008, 2011, 2012, 2013	Innovation indicators OECD, 2014 [4]
vuz_i	Количество высших учебных заведений региона Number of higher education institutions in the region	2008–2013	China Statistical Yearbook, 2013 [8]
buz_i	Количество предприятий Number of enterprises	2008, 2011, 2012, 2013	China Statistical Yearbook, 2013 [8]
Исходные данные по префектурам Японии | Data on regions of Japan			
pat_i	Количество международных патентных заявок Number of international patent applications	2006, 2012	Innovation indicators OECD, 2014 [4]
vuz_i	Количество высших учебных заведений региона Number of higher education institutions in the region	2006, 2012	Japan Statistical Yearbook, 2013 [10]
buz_i	Количество предприятий Number of enterprises	2006, 2012	Japan Statistical Yearbook, 2013 [10]

В таблице 2 перечислены субъекты РФ, у которых число международных патентных заявок в логарифмах и размер инновационного пространства в логарифмах больше 0. Данное решение было выбрано для того, чтобы регионы с низкой инновационной активностью не влияли на оценки параметров модели.

Таблица 2.

Перечень регионов РФ с положительным знаком после логарифмирования по данным 2008–2013 гг.

Table 2.

List of regions of the Russian Federation with a plus parameter after logarithm according to 2008–2013

Воронежская область | Voronezh region	Республика Башкортостан | Republic of Bashkortostan
Калужская область | Kaluga region	Республика Татарстан | Republic of Tatarstan
Московская область | Moscow region	Удмуртская Республика | Udmurt Republic
Рязанская область | Ryazan region	Пермский край | Perm region
Тамбовская область | Tambov region	Нижегородская область | Nizhny Novgorod region
Тверская область | Tver region	Самарская область | Samara region
Тульская область | Tula region	Саратовская область | Saratov region
г. Москва | Moscow	Ульяновская область | Ulyanovsk region
Республика Коми | Republic of Komi	Свердловская область | Sverdlovsk region
Ленинградская область | Leningrad region	Тюменская область | Tyumen region
Мурманская область | Murmansk region	Челябинская область | Chelyabinsk region
Псковская область | Pskov region	Красноярский край | Krasnoyarsk region
г. Санкт-Петербург | St. Petersburg	Иркутская область | Irkutsk region
Краснодарский край | Krasnodar region	Кемеровская область | Kemerovo region
Волгоградская область | Volgograd region	Новосибирская область | Novosibirsk region
Ростовская область | Rostov region	Томская область | Tomsk region
Республика Северная Осетия – Алания | Republic of North Ossetia-Alania	Камчатский край |Kamchatka territory
Ставропольский край | Stavropol region	

Для проверки гипотезы 1 необходимо провести проверку статистической гипотезы $H_0 : c_d = \delta_d = 0$ для моделей вида М2 [11]:

$$\ln Q_i = c + c_d d_i + (\delta + \delta_d d_i)\ln V_i + \nu_i - \upsilon_i ,$$

где:

1) $d_i = 0$, если индекс i принадлежит региону РФ, и $d_i = 1$, если индекс i принадлежит региону Швейцарии;
2) $d_i = 0$, если индекс i принадлежит региону РФ, и $d_i = 1$, если индекс i принадлежит региону Китая;
3) $d_i = 0$, если индекс i принадлежит региону РФ, и $d_i = 1$, если индекс i принадлежит региону США;
4) $d_i = 0$, если индекс i принадлежит региону РФ, и $d_i = 1$, если индекс i принадлежит региону Японии.

Модели вида М2 построены для 2012 г. Гипотеза 1 принимается, если статистическая гипотеза H_0 не отвергается для каждого из случаев 1–4. Оценка параметров модели М2 проведена методом максимального правдоподобия (таблица 3).

Таблица 3.

Оценки параметров модели М2 для РФ, Швейцарии, США, Китая и Японии по данным 2012 г.

Table 3.

Estimates of model M2 parameters for Russia, Switzerland, USA, China and Japan based on data of 2012

	М2–1)	М2–2)	М2–3)	М2–4)
	Россия-Швейцария Russia-Switzerland	Россия-Китай Russia-China	Россия-США Russia-USA	Россия-Япония Russia-Japan
δ	0.647*** (0.048)	0.683*** (0.054)	0.641*** (0.052)	0.636*** (0.076)
δ_d				0.187*** (0.019)
c	-6.627*** (1.091)	-7.121*** (1.030)	-6.544*** (1.317)	-5.735*** (1.063)
c_d	3.029*** (0.215)	2.823*** (0.225)	2.477*** (0.220)	
σ_v	0.723	0.892	0.893	0.859
σ_u	0.020	0.010	0.012	1.023
Log likelihood	-66.842	-86.167	-112.348	-120.687

Примечание. *, **, *** – значимость на уровне 10, 5 и 1% соответственно
Note. *, **, *** – significance at level 10, 5 and 1%, respectively

Результаты проверки гипотезы 1 следующие.

1. Как показано в столбце 2 таблицы 3, в модели, построенной по данным 2012 г. для РФ и Швейцарии, оценки параметра c_d модели М2 значимы на уровне 1%, оценки параметра δ_d – незначимы. Статистическая гипотеза $H_0: c_d = \delta_d = 0$ отвергается. Таким образом, пункт 1 гипотезы 1 отвергается.

1. Как показано в столбце 3 таблицы 3 в модели, построенной по данным 2012 г. для РФ и Китая, оценки параметра c_d модели М2 значимы на уровне 1%, оценки параметра δ_d – незначимы. Статистическая гипотеза $H_0: c_d = \delta_d = 0$ отвергается. Таким образом, пункт 2 гипотезы 1 отвергается.

2. Как показано в столбце 4 таблицы 3, в модели, построенной по данным 2012 г. для РФ и США, оценки параметра c_d модели М2 значимы на уровне 1%, оценки параметра δ_d – незначимы. Статистическая гипотеза $H_0: c_d = \delta_d = 0$ отвергается. Таким образом, пункт 3 гипотезы 1 отвергается.

3. Как показано в столбце 5 таблицы 3, в модели, построенной по данным 2012 г. для РФ и Японии, оценки параметра c_d модели М2 незначимы, оценки параметра δ_d значимы на 1%-м уровне. Статистическая гипотеза $H_0: c_d = \delta_d = 0$ отвергается. Таким образом, пункт 4 гипотезы 1 отвергается.

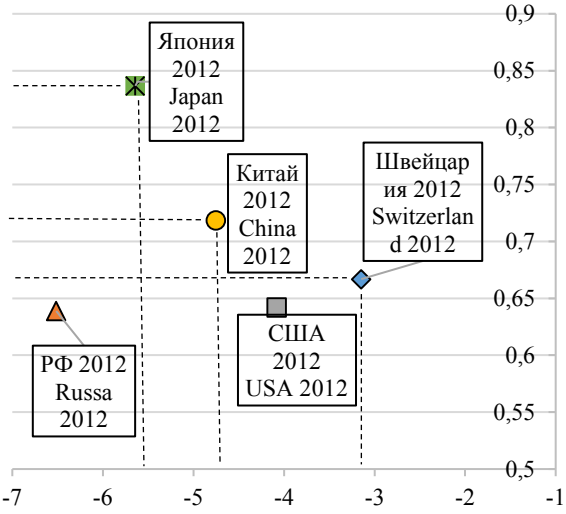


Рисунок 1. Параметрической описание инновационных систем РФ, Швейцарии, США, Китая и Японии по международным патентным заявкам для 2012 г

Figure 1. Parametric description of innovation systems, Russia, Switzerland, USA, China and Japan at the international patent applications for 2012

На рисунке 1 представлено параметрическое описание (δ, c, t) инновационных систем Швейцарии, РФ, США, Китая и Японии по международным патентным заявкам для 2012 г. По оси абсцисс – оценка константы c, по оси ординат – оценка эластичности δ, полученные по модели М1 для 2012 г. Для каждой точки указан год. Нетрудно видеть, что параметры Японии, Китая и Швейцарии для 2012 г. обладают свойствам парето-оптимальности.

Использование параметрического описания национальной и региональных инновационных систем может служить основой для межстрановых сопоставлений влияния науки и бизнеса на результаты инновационной активности.

Сопоставление влияния количества потенциальных связей между вузами и предприятиями на количество международных патентных заявок для регионов РФ, Швейцарии, США и Китая

В таблице 4 приведены оценки параметров модели М1 для субъектов РФ по данным периода 2008, 2011, 2012 и 2013 гг. для международных патентных заявок. Рост оценки как параметра δ, так и параметра c свидетельствует о развитии национальной инновационной системы.

В таблице 5 приведены оценки параметров модели М1 для кантонов Швейцарии по данным периода 2008, 2011, 2012 и 2013 гг. для международных патентных заявок.

В таблице 6 приведены оценки параметров модели М1 для штатов США по данным периода 2008, 2011, 2012 и 2013 гг. для международных патентных заявок.

В таблице 7 приведены оценки параметров модели М1 для провинций Китая по данным периода 2008, 2011, 2012 и 2013 гг. для международных патентных заявок.

Таблица 4.

Оценки параметров моделей М1 для совокупности 35 субъектов РФ

Table 4.

Parameter estimates of models M1 for 35 regions of the Russian Federation

	M1–2008	M1–2011	M1–2012	M1–2013
δ	0.55*** (0.000)	0.621*** (0.000)	0.639*** (0.000)	0.573*** (0.000)
c	-5.638*** (0.001)	-5.615*** (0.000)	-6.515*** (0.000)	-5.66*** (0.001)
σ_v	0.739	0.656	0.735	0.755
σ_u	0.014	0.994	0.016	0.015
Log likelihood	-39.076	-45.156	-38.885	-39.838

Примечание. *, **, *** – значимость на уровне 10, 5 и 1% соответственно

Note. *, **, *** – significance at level 10, 5 and 1%, respectively.

Таблица 5.
Оценки параметров модели M1 для 26 кантонов Швейцарии

Table 5.
Parameter estimates of model M1 for 26 regions of Switzerland

	M1–2008	M1–2011	M1–2012	M1–2013
δ	0.624*** (0.000)	0.648*** (0.000)	0.667*** (0.000)	0.724*** (0.000)
c	-2.159*** (0.000)	-2.646*** (0.004)	-3.148*** (0.000)	-3.649*** (0.000)
σ_v	0	0.277	0.49	0.259
σ_u	1.183	1.146	0.859	1.255
Log likeli-hood	-23.243	-27.628	-27.797	-29.251

Примечание. *, **, *** – значимость на уровне 10, 5 и 1% соответственно
Note. *, **, *** – significance at level 10, 5 and 1%, respectively.

Таблица 6.
Оценки параметров модели M1 для 51 штата США

Table 6.
Parameter estimates of model M1 for 51 regions of USA

	M1–2008	M1–2011	M1–2012	M1–2013
δ	0.614*** (0.000)	0.602*** (0.000)	0.642*** (0.000)	0.711*** (0.000)
c	-3.659*** (0.03)	-3.516*** (0.024)	-4.081*** (0.011)	-4.489*** (0.008)
σ_v	0.897	0.977	0.988	0.955
σ_u	0.011	0.022	0.022	0.873
Log likeli-hood	-66.809	-71.203	-71.7372	-76.695

Примечание. *, **, *** – значимость на уровне 10, 5 и 1% соответственно
Note. *, **, *** – significance at level 10, 5 and 1%, respectively.

Таблица 7.
Оценки параметров модели M1 для 31 провинции Китая

Table 7.
Parameter estimates of model M1 for 31 regions of China

	M1–2008	M1–2011	M1–2012	M1–2013
δ	0.566*** (0.000)	0.715*** (0.000)	0.721*** (0.000)	0.702*** (0.000)
c	-3.711*** (0.024)	-4.829*** (0.006)	-4.751*** (0.000)	-4.58*** (0.009)
σ_v	1.031	1.08	1.036	1.079
σ_u	0.012	0.013	0.013	0.01
Log like-lihood	-44.939	-46.3611	-45.089	-46.358

Примечание. *, **, *** – значимость на уровне 10, 5 и 1% соответственно
Note. *, **, *** – significance at level 10, 5 and 1%, respectively.

На рисунке 2 показана зависимость числа патентных заявок в логарифмах (ось ординат) от размера инновационного пространства в логарифмах (ось абсцисс) кантонов Швейцарии, субъектов РФ, штатов США и провинций Китая для 2013 г.

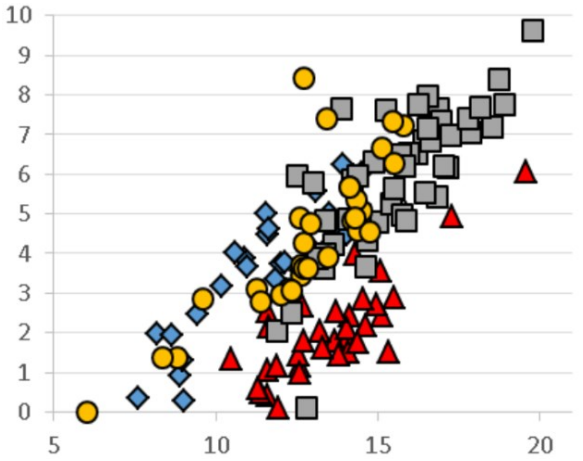


Рисунок 2. Зависимость числа международных патентных заявок в логарифмах от размера инновационного пространства в логарифмах для 2013 г.: для регионов РФ – треугольник, для кантонов Швейцарии – ромб, для штатов США – квадрат, для провинций Китая – круг

Figure 2. Dependence of the number of international patent applications in logarithms on the size of the innovation space in logarithms for 2013: for regions of Russian Federation – triangle, for regions of Switzerland – rhombus, for regions of USA – square, for regions of China – circle

На рисунке 3 видно, как для 2008, 2011, 2012 и 2013 гг. оценки эластичности числа международных патентных заявок по размеру инновационного пространства для кантонов Швейцарии превышают оценки для субъектов РФ и штатов США. Для 2011 и 2012 гг. доминируют оценки эластичности, полученные для провинций Китая.

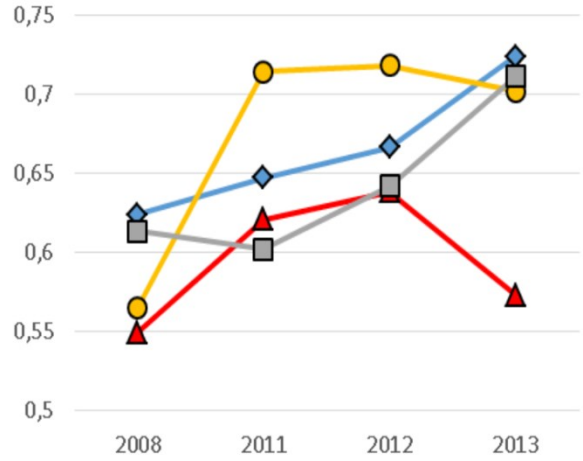


Рисунок 3. Оценки эластичности для 2008, 2011, 2012 и 2013 гг.: для регионов РФ – треугольник; для кантонов Швейцарии – ромб; для штатов США – квадрат; для провинций Китая – круг

Figure 3. Estimates of elasticity for 2008, 2011, 2012 and 2013: for regions of Russian Federation – triangle; for regions of Switzerland – rhombus; for regions of USA – square; for regions of China – circle

Сопоставление влияния количества потенциальных связей между вузами и предприятиями на количество международных патентных заявок для регионов РФ, Швейцарии, США, Китая и Японии

В таблице 8 приведены оценки параметров модели M1 для префектур Японии по данным периода 2006 и 2012 гг. для международных патентных заявок.

На рисунке 4 представлено параметрическое описание (δ, c, t) инновационных систем Швейцарии, РФ, США и Китая по международным патентным заявкам для периода 2008, 2011, 2012 и 2013 гг. и Японии по международным патентным заявкам для 2006 и 2012 гг. По оси абсцисс – оценка константы c, по оси ординат – оценки эластичности δ, полученные по модели M1 для 2008, 2011, 2012 и 2013 гг. Для каждой точки указан год.

Таблица 8.
Оценки параметров модели M1 для 47 префектур Японии

Table 8.
Parameter estimates of model M1 for 47 regions of China

	M1–2006	M1–2012
δ	0.848*** (0.000)	0.837*** (0.000)
c	-5.949*** (0.003)	-5.641*** (0.005)
σ_v	0.903	0.735
σ_u	1.322	0.016
Log likelihood	-75.151	-76.711

Примечание. *, **, *** – значимость на уровне 10, 5 и 1% соответственно
Note. *, **, *** – significance at level 10, 5 and 1%, respectively.

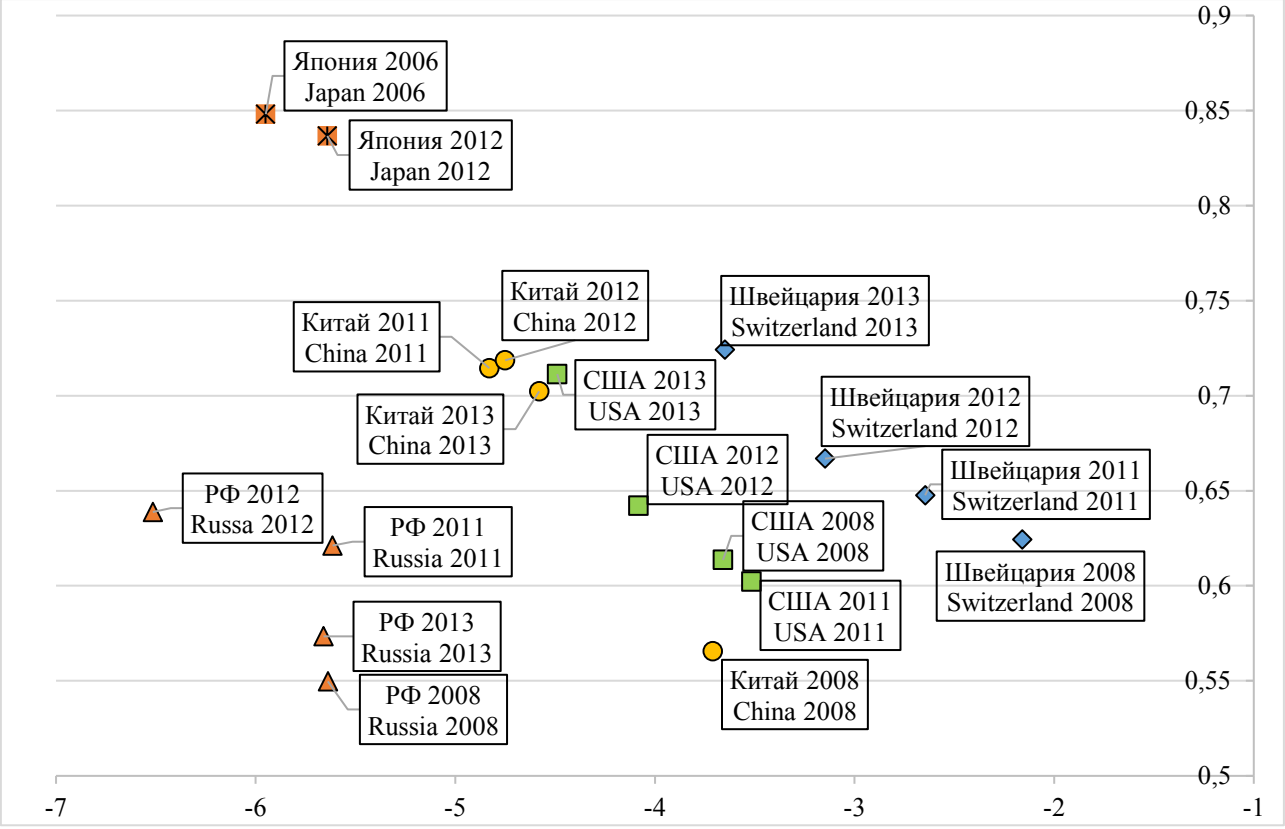


Рисунок 4. Параметрической описание инновационных систем РФ, Швейцарии, США и Китая по международным патентным заявкам для 2008, 2011, 2012, 2013 гг. и Японии по международным патентным заявкам для 2006 и 2012 гг.

Figure 4. Parametric description of innovation systems of Russia, Switzerland, USA, China at the international patent filings for 2008, 2011, 2012, 2013 and Japan at the international patent applications for 2012.

На рисунке 5 по оси абсцисс упорядочены (слева направо) регионы РФ, кантоны Швейцарии, штаты США, провинции Китая и префектуры Японии для 2012 г. По оси ординат для каждого региона указана оценка технической эффективности *TE* инновационного пространства при формировании международных патентных заявок в соответствии с моделью M1, оцененной в совокупности для 190 регионов по данным 2012 г.

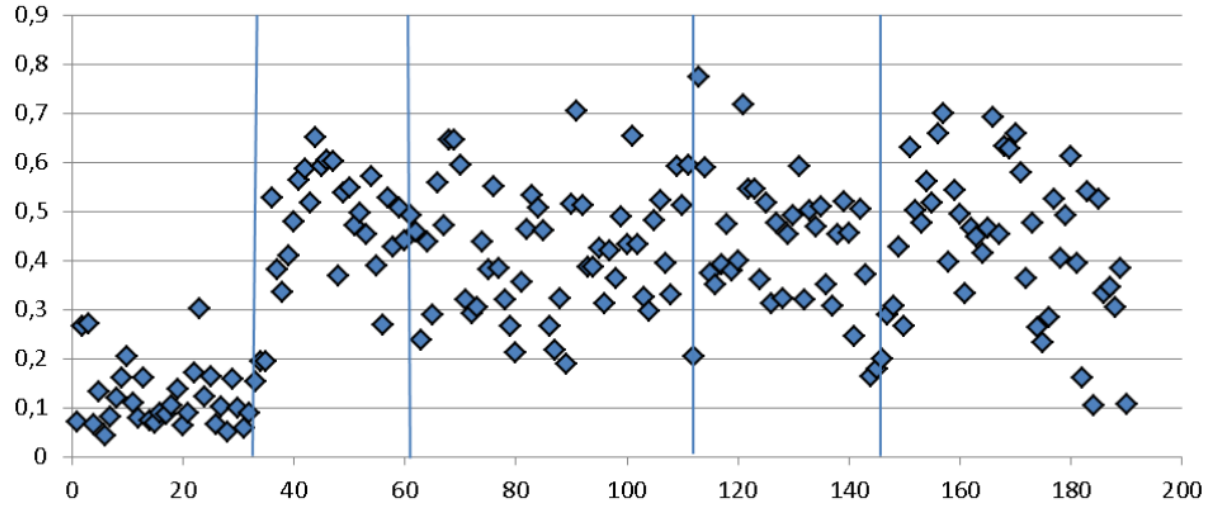


Рисунок 5. Оценки технической эффективности инновационного пространства (слева направо) для регионов РФ, Швейцарии, США, Китая и Японии, 2012 г.

Figure 5. Estimates of the technical efficiency of the innovation space for (from left to right) regions of the Russian Federation, Switzerland, USA, China and Japan, 2012

Техническая эффективность инновационного пространства большинства регионов РФ при формировании международных патентных заявок ниже, чем у регионов Швейцарии, США, Китая и Японии.

Выводы

Развитие региональной инновационной системы приводит к росту оценки технической эффективности.

В рассмотренном диапазоне времени свойством парето-оптимальности обладают параметры инновационных систем Японии, Китая и Швейцарии.

Оценки технической эффективности инновационного пространства, полученные для всей совокупности 190 регионов по данным 2012 г., для большинства регионов РФ ниже, чем для регионов Швейцарии, США, Китая и Японии.

Параметрическое описание (δ, c, t, TE) может быть использовано для построения индикаторов инновационной активности для межстрановых сопоставлений на региональном уровне.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 17-02-00272)

ЛИТЕРАТУРА

1 Архипова М.Ю., Карпов Е.С. Анализ и моделирование патентной активности в России и развитых странах мира // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. 2012. № 4. С. 286–293.

2 Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю., Лысенкова М.А. Оценка результатов инновационной активности региона с учетом размера пространства инноваций // Анализ и моделирование экономических и социальных процессов: Математика. Компьютер. Образование. 2016. Т. 23. № 4. С. 94–115.

3 Kumbhakar S., Lovell K. Stochastic Frontier Analysis. Cambridge U.P., 2004. 86. p

4 Innovation Indicators, OECD 2014. PCT patent applications – count. Dataset.

5 Регионы России. Социально–экономические показатели – 2013 г. URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/B13_14p/Main.htm

6 Statistical Yearbook of Switzerland 2014. NZZ-Buchverlag, 2014. 601 p. URL: https://www.bfs.admin.ch/asset/en/nzz_jb_2014

7 Snyder T.D., Dillow S.A. Digest of Education Statistics 2010. Washington: DC, 2011. 714 p. URL: https://nces.ed.gov/pubs2011/2011015.pdf

8 Census Bureau, the Business Information Tracking Series 2014.

9 China Statistical Yearbook 2013. China Statistics Press, 2013. 968 p.

10 Japan Statistical Yearbook 2013. URL: https://www.stat.go.jp/english/data/nenkan/back62/index.html

11 Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю., Кудров А.В., Лысенкова М.А. К вопросу параметризации национальной инновационной системы // Прикладная эконометрика. 2017. № 45. С. 29–49.

12 Шамин А.Е., Лисина А.Ю., Заикин В.П., Мартьянычев А.В. Система земледелия и её экономическая эффективность // Вестник НГИЭИ. 2017. № 5 (72). С. 54-60.

REFERENCES

1 Arkhipova M.Yu., Karpov E.S. Analysis and modeling of patent activity in Russia and developed countries of the world. *RISK: Resursy, Informaciya, Snabzhenie, Konkurenciya* [RISK: Resources, Information, Procurement, Competition]. 2012. no. 4. pp. 286–293. (in Russian).

2 Ayvazyan S.A., Afanas'yev M.Yu., Lysenkova M.A. Evaluation of the results of innovation activities in the region. *Matematika. Komp'yuter. Obrazovanie* [Mathematics. Computer. Education]. 2016. vol. 23. no. 4. pp. 94–115. (in Russian).

3 Kumbhakar S., Lovell K. Stochastic Frontier Analysis. Cambridge U.P., 2004. 86. p

4 Innovation Indicators, OECD 2014. PCT patent applications – count. Dataset.

5 Regiony Rossii. Sotsial'no–ekonomicheskiye pokazateli – 2013 g. [Regions of Russia. Social – Economic Indicators – 2013]. Available at: http://www.gks.ru/bgd/regl/B13_14p/Main.htm (in Russian).

6 Statistical Yearbook of Switzerland 2014. NZZ-Buchverlag, 2014. 601 p. Available at: https://www.bfs.admin.ch/asset/en/nzz_jb_2014

7 Snyder T.D., Dillow S.A. Digest of Education Statistics 2010. Washington, DC, 2011. 714 p. Available at: https://nces.ed.gov/pubs2011/2011015.pdf

8 Census Bureau, the Business Information Tracking Series 2014.

9 China Statistical Yearbook 2013. China Statistics Press, 2013. 968 p.

10 Japan Statistical Yearbook 2013. Available at: https://www.stat.go.jp/english/data/nenkan/back62/index.html

11 Ajvazyan S.A., Afanas'ev M.Yu., Kudrov A.V., Lysenkova M.A. On the question of the parameterization of the national innovation system. *Prikladnaya ehkonometrika* [Applied econometrics]. 2017. no. 45. pp. 29–49. (in Russian).

12 Shamin A.E., Lisina A.Yu., Zaikin V.P., Mart'yanychev A.V. Farming system and its economic efficiency. *Vestnik NGIEI* [Herald NGIEI]. 2017. no. 5 (72). pp. 54–60. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Михаил Ю. Афанасьев д.э.н., главный научный сотрудник, лаборатория прикладной эконометрики, Центральный экономико-математический институт Российской академии наук, пр-т Нахимовский, 47, г. Москва, 117418, Россия, miafan@cemi.rssi.ru

Мария А. Лысенкова младший научный сотрудник, лаборатория прикладной эконометрики, Центральный экономико-математический институт Российской академии наук, пр-т Нахимовский, 47, г. Москва, 117418, Россия, lysenkovam@gmail.com

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 18.12.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Mikhail Yu. Afanasiev Dr. Sci. (Econ.), chief researcher, laboratory of applied econometrics, Central Economics and Mathematics Institute of Russian Academy of Sciences, Nakhimovsky Av., 47, Moscow, 117418, Russia, miafan@cemi.rssi.ru

Maria A. Lysenkova junior researcher, laboratory of applied econometrics, Central Economics and Mathematics Institute of Russian Academy of Sciences, Nakhimovsky Av., 47, Moscow, 117418, Russia, lysenkovam@gmail.com

CONTRIBUTION

Authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 12.18.2018

ACCEPTED 2.18.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 330

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-443-448

Экономические и психологические аспекты оценки рисков секьюритизации банковских активов

Ирина А. Киселева [1] kia1962@list.ru
Николай Е. Симонович [2] nsimoni@mail.ru
Олеся В. Прибыткова [3] lady.pribytkova@mail.ru

[1] Российский экономический Университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, Россия
[2] Российский Государственный Гуманитарный Университет, Миусская пл., 6, г. Москва, Россия
[3] Воронежский Государственный Университет Инженерных Технологий, Революции пр-т, 19, г. Воронеж, Россия

Аннотация. В статье изложены проблемы внедрения секьюритизации активов в России с точки зрения развития процессов стандартизации в области управления рисками и становления профессии риск-менеджера Рассмотрены ключевые принципы и этапы управления финансовыми рисками, изучаются модели секьюритизации активов. Привлекательность секьюритизации заключается в возможности финансирования компании путем перевода активов со своих балансов или заимствования под эти активы для рефинансирования первоначального кредита по справедливой рыночной ставке. Рассмотрены возможности секьюритизации, ее достоинства и недостатки. Особое внимание уделено секьюритизации в условиях кризиса мирового финансового рынка. К положительным сторонам секьюритизации относят: возможность финансирования за счет продажи активов специально создаваемому юридическому лицу; серьезный импульс для повышения эффективности банковского сектора; открывает непосредственный доступ к мировому финансовому рынку; снижает все расходы по фондированию; ограничивает кредитный риск риском активов; улучшает показатели балансов банков, корпораций; способствует получению доступа к различным источникам финансирования; снижение стоимости привлекаемого финансирования; оптимизация структуры инвестиционного портфеля; секьюритизированные активы менее подвержены событийному риску. В России рынок секьюритизации растет с высокой скоростью, а также имеет потенциал в своем существовании. Но так как юридическая система недостаточно развита в нашей стране, скорее всего именно она является главной причиной того, что рейтинги сделок секьюритизации ограничиваются. Верхний же предел рейтинга в итоге, возможно, будет ограничен событийными рисками.

Ключевые слова: секьюритизация, модели секьюритизации, рыночные активы

Economic and psychological aspects of estimation of risks of securitization of banking assets

Irina A. Kiseleva [1] kia1962@list.ru
Nikolai E. Simonovich [2] nsimoni@mail.ru
Olesya V. Pribytkova [3] lady.pribytkova@mail.ru

[1] Plekhanov Russian University of economics, Stremyanny alley, 36, Moscow, Russia
[2] Russian State Humanitarian University, Miusskaya sq., 6, Moscow, Russia
[3] Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Avenue, 19, Voronezh, Russia

Abstract.The article describes the problems of introduction of asset securitization in Russia in terms of standardization of processes in the field of risk management and the establishment of risk management profession considered the key principles and stages of financial risk management, asset securitization model are studied. The attractiveness of securitization is the company's financing capabilities by transferring assets from their balance sheets, or borrowing against those assets to refinance the original loan at a fair market rate. The possibilities of a securitization, its advantages and disadvantages. Particular attention is paid to the securitization crisis in the global financial market. The positive aspects of securitization include: the possibility of financing through the sale of assets to a specially created legal entity; serious impetus to improve the efficiency of the banking sector; opens up direct access to the global financial market; reduces all funding costs; limits credit risk to asset risk; improves the balance sheets of banks, corporations; promotes access to various sources of funding; reduction of the cost of attracted financing; optimization of the structure of the investment portfolio; securitized assets are less subject to event risk. In Russia, the securitization market is growing at a high rate and also has potential in its existence. But since the legal system is underdeveloped in our country, most likely it is the main reason that the ratings of securitization transactions are limited. The upper limit of the rating in the end, perhaps, will be limited by event risks.

Keywords:securitization, securitization model, market assets

Введение

Понятие «секьюритизация» принято толковать в узком и широком смысле. В широком смысле секьюритизацию можно рассматривать как объединение дебиторской задолженности и реализации требований к дебиторской задолженности в рынках капитала (заемное финансирование посредством эмиссии ценных бумаг). Наиболее интересно данное понятие в его узком смысле. Ведь в узком смысле секьюритизация – способ, с помощью которого доступно рефинансирование неликвидных активов и будущих доходов [9, с. 25]. Естественно, при помощи той же эмиссии ценных бумаг. Исторически сложилось так, что

Для цитирования
Киселева И.А., Симонович Н.Е., Прибыткова О.В. Экономические и психологические аспекты оценки рисков секьюритизации банковских активов // Вестник ВГУИТ.2019. Т. 81. № 1. С. 443–448. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-443-448

For citation
Kiseleva I.A., Simonovich N.E., Pribytkova O.V.Economic and psychological aspects of estimation of risks of securitization of banking assets. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 443–448. (inRussian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-443-448

впервые термин секьюритизация появился в 1970-е годы в Соединенных Штатах Америки в виде ипотечных кредитов.

В работе рассматриваются понятие и сущность секьюритизации, виды данного процесса, ее возможности, плюсы и минусы, а также значение секьюритизации в условиях кризиса мирового финансового рынка и значение данного процесса для российских компаний.

Секьюритизация: понятие и сущность

Процесс секьюритизации

Главной целью любого предприятия является максимизация прибыли, а значит, минимизация издержек и моментальное решение всех возникающих проблем [8, 10]. Так, при возникновении неликвидных активов компании существует способ доступа их рефинансирования. Секьюритизация – это финансирование определенных активов при помощи выпуска ценных бумаг. Данный термин произошел от английского слова securities – «ценные бумаги» [12]. Секьюритизированными могут быть, например, ипотечные займы, автокредиты, лизинговые активы и т. д.

Методика секьюритизации состоит в следующем. Допустим, организация или банк имеет портфель займов, выданных по ипотеке, лизинговым договорам и т. д. Для того чтобы высвободить свои средства, кредитор может выпустить собственные долговые ценные бумаги, обеспеченные этими активами, т. е. правами требования долга. Альтернативный вариант предыдущему – создать специализированную компанию, которой будут продаваться активы, например, акционерное общество. Следовательно, за счет выпуска собственных ценных бумаг данное предприятие будет финансироваться [14, с. 148]. Таким образом, материнская компания снижает свои риски и получает дополнительные финансовые возможности.

Сейчас секьюритизация применяется не только в финансах. К примеру, девелоперская компания создает новый бизнес-центр. Дополнительные денежные средства она может привлечь, продав будущий денежный поток от аренды, путем секьюритизации [11].

Секьюритизация – частый инструмент в кризисном управлении. Так, можно секьюритизировать менее качественные активы банка. Причем покупатели таких ценных бумаг будут рассчитывать на получение большей прибыли. То есть риск невозвратов будет учтен в цене новых выпускаемых бумаг [13]. А банк при этом улучшит свои финансовые показатели.

Секьюритизация делится на три этапа проведения. Первый этап – это подбор активов. Второй – обособление выбранных активов. Последний же этап таков: под обеспечение этих активов берется синдицированный кредит или выпускаются ценные бумаги [15].

В России секьюритизацию проводили следующие организации.

1. Росбанк секьюритизировал портфель кредитных карт в 2004 году.
2. Банк «Союз» разместил облигации, которые были выпущены под залог своего автокредитного портфеля.
3. Банку «Русский Стандарт» удалось организовать выпуск облигаций, обеспеченных пулом потребительских кредитов.
4. Секьюритизацию проводили такие банки, как «Газпром», МДМ Банк, Собинбанк, Международный Московский Банк, Альфа-Банк, Банк Москвы, «ДельтаКредит», «Юниаструм».

Виды секьюритизации

Согласно подходу Международной финансовой корпорации (IFC) существуют три основных вида секьюритизации: классическая секьюритизация посредством «действительной продажи», синтетическая секьюритизация и секьюритизация бизнеса [16].

1. Известный швейцарский банкир доктор экономических наук университета г. Цюриха Ханс Питер Бэр сформулировал определение, что под сделкой (классической) секьюритизации понимается инновационная техника (способ) финансирования, при которой диверсифицированный пул активов (портфель кредитов или закладных) выделяется и списывается с баланса кредитной организации, а также приобретает юридическую самостоятельность путем передачи специально созданному юридическому лицу (Special Purpose Vehicle, SPV), которое осуществляет его рефинансирование на рынке капиталов или денежном рынке посредством выпуска ценных бумаг (Asset-Backed Securities, ABS) [20].

Можно отметить, что данная модель секьюритизации зародилась и получила наибольшее распространение в странах с англо-саксонским типом экономики, поэтому традиционная модель получила название американской модели (реальной) секьюритизации.

2. Секьюритизация, которая предполагает реальную продажу активов, имела успех на мировых финансовых рынках. Однако в некоторых странах некоторые банки не используют данный метод финансирования, так как законодательные и правовые сложности не позволяют делать им это. С подобной проблемой столкнулись и страны Европы. Синтетическая секьюритизация активов

появилась в 1990-х гг. Главными причинами ее возникновения стали не только ограничения, не позволявшие использовать предыдущий метод, но и активное развитие рынка кредитных деривативов [17, 19].

Таким образом, синтетическая секьюритизация сформировалась в результате использования в структуре сделки производных кредитных финансовых инструментов – кредитных деривативов, и является инновационной методикой. Кредитные деривативы представляют собой финансовый инструмент, на основании которого продавец защиты осуществляет платеж покупателю защиты в случае наступления рискового события [18, с. 24]. Наиболее популярными из кредитных деривативов, используемых в структуре сделки по синтетической секьюритизации, являются: кредитная нота, кредитный дефолтный своп, своп на полную доходность, а также другие.

Краеугольным камнем синтетической секьюритизации является механизм, при котором секьюритизируемый актив с юридической точки зрения не продается, а остается на балансе банка, в то время как риски, связанные с этим активом, передаются на рынок [21].

3. Whole business securitization – секьюритизация бизнеса, или корпоративная секьюритизация. Она подразумевает выпуск долговых ценных бумаг, обеспеченных активами, генерирующими денежные потоки, и запасами.

Возможности секьюритизации. Плюсы и минусы

Секьюритизация риска есть способ передачи риска на финансовый рынок, при котором владелец риска эмитирует ценные бумаги, риск (т. е. колебания уровня дохода) по которым привязывается к тому риску, который владелец секьюритизирует, а средства, полученные при первичном размещении ценных бумаг, направляются на создание резерва, обеспечивающего секьюритизируемый риск [24].

Чаще всего производится секьюритизация *катастрофических* рисков, и инструментом для такой секьюритизации выступают катастрофические бонды, т. е. облигации сроком обращения 1 год, возврат номинальной стоимости инвесторам и выплата дохода по которым зависят от реализации или не реализации катастрофического риска. Если риск реализуется, то инвесторы несут потери пропорционально величине убытка, вызванного реализацией риска [26].

Основные условия секьюритизации:

- большой риск;
- возможность независимой оценки секьюритизируемого риска инвесторами или оценщиком, которому инвесторы доверяют;
- наличие на финансовом рынке спроса на ценные бумаги, создаваемые при секьюритизации;

Секьюритизация риска для владельца риска является весьма выгодным методом управления риском [25]:

- секьюритизация в отличие от страхования позволяет передавать сколь угодно большие риски;
- при секьюритизации риска не возникает дополнительной премии за размер риска, которая возникает при страховании;
- владелец риска может секьюритизировать весь свой риск полностью;
- при секьюритизации риска его владелец не должен авансировать лицам, принимающим риск, стоимость этого риска; наоборот, он получает дополнительные фонды, которые не только могут обеспечивать риск, но и быть использованы для инвестирования [27];
- владелец риска не сталкивается с риском неплатежеспособности лица, принимающего риск.

С другой стороны, секьюритизация требует больших затрат: заказ независимой экспертизы риска; организация первичного размещения эмитируемых ценных бумаг; значительная плата за риск; уплата процентов за использованный капитал [28].

Проанализировав все условия секьюритизации, выделим все возможности секьюритизации. Преимущества и недостатки [29].

Положительные стороны секьюритизации.

- Возможность финансирования за счет продажи активов специально создаваемому юридическому лицу.
- Серьезный импульс для повышения эффективности банковского сектора.
- Открывает непосредственный доступ к мировому финансовому рынку.
- Снижает все расходы по фондированию.
- Ограничивает кредитный риск риском активов.
- Улучшает показатели балансов банков, корпораций.
- Способствует получению доступа к различным источникам финансирования.
- Снижает стоимость привлекаемого финансирования.
- Оптимизирует структуру инвестиционного портфеля.
- Секьюритизированные активы менее подвержены событийному риску.

Отрицательные стороны секьюритизации.

- Разрушение структурной связи между держателями акций, заемщиками.

- Невозможность оценки финансового актива, переходящего от одного держателя к другому.
- Разрыв связи между денежным активом и финансовым потоком.
- Возможность формирования неконтролируемого количества сделок (финансовой пирамиды).
- Неконтролируемое изменение финансовых потоков как внутри страны, так и между странами [30].
- Глобальный характер распространения ошибок.

Значение секьюритизации в условиях кризиса мирового финансового рынка

Недостаток капитала в 1930-х г. в годы Великой Депрессии и в 1970-х г. породил в США секьюритизацию.

Потенциальные проблемы секьюритизации появились в 1980-х г.

- Секьюритизация как финансовая инновация давала финансовым институтам возможность «растягивать ликвидность» в погоне за сверхприбылью в течение стабильной фазы развития экономики [31].
- Процесс секьюритизации распространился во множестве стран и к 2006 г. общие ежегодные объемы выпуска ценных бумаг, обеспеченных активами, составили более 1200 млрд долл.

Секьюритизация стала следствием:

- международных тенденций либерализации и интеграции экономик стран;
- изменений в механизмах спроса и предложения на международных рынках;
- изменения географии и характера национальных и международных сберегательных операций и перемещения финансовых потоков (международный долговой кризис) [33];
- повышения волатильности процентных ставок и обменных курсов валют;
- ужесточение требований к достаточности собственного капитала.

Секьюритизация открывает непосредственный доступ к мировому финансовому рынку и в то же время является серьезным импульсом для повышения эффективности банковского сектора [32].

Риски секьюритизации

Риски покрытия и риски отношений секьюритизации

Следуя классификации, предложенной Х.П. Бэром, риски, присущие отношениям секьюритизации, делятся на две основные категории: риски покрытия и риски отношений секьюритизации [34].

Итак, риски покрытия включают в себя риски, связанные непосредственно с финансируемым пулом активов. Среди них существуют риски неисполнения, когда есть опасность, что должник по секьюритизированному требованию окажется или будет не в состоянии осуществить полный платеж или часть платежа; риск досрочного возврата или задержки платежей; риски реинвестирования и ликвидности; риски изменения процентных ставок и курсов валют [35].

Риски отношений секьюритизации – это вид рисков, возникающих по причине особой юридической сложности сделок, вовлеченности большого числа элементов и участвующих сторон. Риски отношений секьюритизации также подразделяются на две подгруппы – риски структуры и потока платежей (риск неисполнения принятых обязательств) и правовые риски (риски изменения законодательства) [36, 38].

Основным недостатком классификации Х.П. Бэра является отсутствие четко выделенных специфик, присущих для рисков, возникающих при осуществлении отношений секьюритизации. В классификации отсутствует разделение на финансовые и юридические риски. Последние имеют большое значение, так как юридические риски изменяются в зависимости от правовых особенностей той или иной страны [37].

Отечественные авторы избегают общей классификации рисков отношений секьюритизации, ограничиваясь описанием отдельных рисков, возникающих у основных участников при осуществлении отношений секьюритизации [39]. Например, Д.С. Черешкин описывает риски, которые несут инвесторы, приобретающие ипотечные ценные бумаги, и выделяет следующие их виды: риски корпоративного характера; риски, связанные с возможностью банкротства спецюрлица; риски, связанные с действительностью проданных активов, служащих обеспечением; риски, связанные с возможностью «увода» активов спецюрлица, предназначенных для обеспечения ценных бумаг [43].

Для отражения специфических особенностей рисков отношений секьюритизации банковских активов в наиболее общей форме выделим четыре группы рисков: по уровню возникающих рисков; по механизму возникающих при проведении отношений секьюритизации рисков; по причастности к реализации рисков; по сфере происхождения рисков.

Секьюритизация ипотечных кредитов

В нашей стране ипотечные кредиты появились не так давно, однако они стали неотъемлемой частью всей банковской системы России и даже финансовым инструментом, который понятен и востребован гражданами.

Ипотечный кредит – это один из наиболее долгосрочных видов кредитного продукта, срок возврата которого достигает иногда и тридцати лет. Естественно, риск, который возникает при данном кредите, существует как для заемщика, так и для кредитора. И если же нет никаких страховочных мер для заемщика, то кредитор начинает пользоваться такой стратегией, как секьюритизация ипотечных кредитов [5–7]. Суть данной стратегии состоит в следующем: надо продать свой кредитный портфель любой другой компании или организации, передав таким образом свой риск. Иногда кредитный портфель продается за несколько меньшую цену. В итоге тот банк, который занял деньги в другом банке, для того чтобы обеспечить свой кредитный портфель, получает живые деньги, вместо депозитных. Итак, данный процесс продажи банком долгов своих клиентов происходит способом продажи выпущенных этим банком ценных бумаг.

Суть заключается в том, что банк выпускает (держателем кредитного портфеля) пакет ценных бумаг, которые подтверждают долговые обязательства заемщиков перед ним [44]. Он выпускается несколькими частями. Каждая из этих частей называется транш.

Банк работает с различными рейтинговыми агентствами, которые определяют степень риска и ликвидности данных долговых обязательств для того, чтобы покупатели были убеждены в выгодности покупки и не слишком большом риске подобной сделки. Кредитный портфель, как сказано выше, подается несколькими траншами, а они, в свою очередь, подразделяются на «старших», – выпущенных первыми, «младших» – последние, они выпускаются без обеспечения.

Спрашивается, что за обеспечение? Обеспеченность этих траншей рассчитывается из материального обеспечения кредита. К примеру, ипотечный кредит выдается под залог покупаемой квартиры. Но ко времени выпуска последнего транша рыночная стоимость квартиры, скорее всего, упадет. Поэтому существуют уже предложенные обязательства, что и называется обеспечением, к раннее выпущенным траншам. Они полностью исчерпывают стоимость такой квартиры. Итог: покупатель последних траншей никаких гарантий не имеет. Как обычно, их оставляет себе банк – эмитент ценных бумаг. Но если рыночная стоимость данной квартиры возросла, значит, покупатели младшего транша оказываются в более широком выигрыше.

Итак, выпущенная банком ценная бумага – это и есть подтверждение долговых обязательств перед ним третьих лиц. Данная бумага может быть как продана, так и перезаложена. В России рынок подобных долговых обязательств велик [3, 4]. Получается, что человек, взявший ипотечный кредит в одном банке, должен нескольким кредиторам.

Заключение

Проанализировав всю информацию о таком процессе, как секьюритизация, можно сделать вывод о том, что в России рынок секьюритизации растет с высокой скоростью, а также имеет потенциал в своем существовании. Но так как юридическая система недостаточно развита в нашей стране, скорее всего, именно она является главной причиной того, что рейтинги сделок секьюритизации ограничиваются. Верхний же предел рейтинга в итоге, возможно, будет ограничен событийными рисками.

ЛИТЕРАТУРА

1 Гражданский Кодекс РФ. М.: ИНФРА-М, 2010.

2 Федеральный Закон «О несостоятельности (банкротстве)». М.: ИНФРА-М, 2009.

3 Агапов Д.Н. Банкротство. М.: ИНФРА-М, 2010.

4 Никитина О.А. Банкротство предприятий // Журнал для акционеров. 2009. № 1.

5 Зайцев Н.Л. Экономика промышленного предприятия: учебник: 6-е изд., перераб. и доп. М.: ИНФРА-М, 2011.

6 Кошкин В.И., Карпов П.А. Модульная программа для менеджеров. Антикризисное управление. М.:ИНФРА. 2012.

7 Маслова И.А., Пчеленок Н.В. Методы диагностики вероятности банкротства // Управленческий учет. 2012. № 2.

8 Киселева И.А., Трамова А.М. Стратегия инновационного развития туристического рекреационного комплекса региона. М.: МЭСИ, 2011. 171 с.

9 Ryan S.G., Tucker J.W., Zhou Y. Securitization and insider trading // The Accounting Review. 2015. V. 91. № 2. P. 649–675.

10 Экономическая теория. Концептуальные основы и практика; под общ. ред. В.Ф. Максимовой. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. 751 с.

11 Леонтьева Л.С., Кузнецов В.И. Производственный менеджмент. Учебник для бакалавров. М.: Юрайт, 2014. 305 с.

12 de Mendonça H.F., Barcelos V.I. Securitization and credit risk: Empirical evidence from an emerging economy // The North American Journal of Economics and Finance. 2015. V. 32. P. 12–28.

13 Han J.H., Park K., Pennacchi G. Corporate taxes and securitization // The Journal of Finance. 2015. V. 70. №. 3. P. 1287–1321.

14 Власов А. Риск-менеджмент: система управления потенциальными потерями // Бизнес. 2013. № 5. С. 25–32.

15 Домащенко Д.В., Финогенова Ю.Ю. Управление рисками в условиях финансовой нестабильности. М.: Магистр, ИНФРА-М, 2010. 238 с.

16 Симонович Н.Е., Киселева И.А. Проблемы социальной безопасности человека в современном обществе // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2013. № 44. С. 48–52.

17 Коршунова Л.Н., Проданова Н.А. Оценка и анализ рисков. Ростов н/Д: Феникс, 2014. 96 с.

18 Мамаева Л.Н. Управление рисками: учебное пособие. М.: Дашков и К, 2013. 256 с.

19 Фомичев А.Н. Риск-менеджмент: учебное пособие. Москва: Дашков и К, 2013. 291 с.

20 Черешкин Д.С. Управление рисками и безопасностью. М.: Издательская группа URSS, 2010. 200 с.

21 Антонов Г.Д., Иванова О.П., Тумин В.М. Управление рисками организации: учебное пособие. М: ИНФРА-М, 2015. 153 с.

22 Егорихина М.С., Козлов С.Н., Шамин Е.А. Механизм программного бюджетирования, как один из государственных регуляторов сферы услуг // Вестник НГИЭИ. 2017. № 6 (73). С. 109–116.

REFERENCES

1 Grazhdanskiy Kodeks RF [Civil Code of the Russian Federation]. Moscow, INFRA-M, 2010. (in Russian).

2 Federal'nyy Zakon “O nesostoyatel'nosti (bankrotstve)” [Federal Law “On Insolvency (Bankruptcy)”]. Moscow, INFRA-M, 2009. (in Russian).

3 Agapov D.N. Bankrotstvo [Bankruptcy]. Moscow, INFRA-M, 2010. (in Russian).

4 Nikitina O.A. Bankruptcy of enterprises. *Zhurnal dlya aktsionerov* [Journal for shareholders]. 2009. no. 1. (in Russian).

5 Zaitsev N.L. Ekonomika promyshlennogo predpriyatiya [Economics of industrial enterprises: a textbook: 6th ed.]. Moscow, INFRA-M, 2011. (in Russian).

6 Koshkin V.I., Karpov P.A. Modul'naya programma dlya menedzherov. Antikrizisnoye upravleniye [Modular program for managers. Crisis management]. Moscow, INFRA. 2012. (in Russian).

7 Maslova I.A., Pchelenok N.V. Diagnostic methods for the probability of bankruptcy. *Upravlencheskiy uchet* [Management Accounting]. 2012. no. 2. (in Russian).

8 Kiseleva I.A., Tramova A.M. Strategiya innovatsionnogo razvitiya turisticheskogo rekreatsionnogo kompleksa regiona [The strategy of innovative development of tourist recreational complex of the region]. Moscow, MESI, 2011. 171 p. (in Russian).

9 Ryan S.G., Tucker J.W., Zhou Y. Securitization and insider trading. The Accounting Review. 2015. vol. 91. no. 2. pp. 649–675.

10 Ekonomicheskaya teoriya. Kontseptual'nyye osnovy i praktika [Economic Theory. Conceptual framework and practice; under total ed. V.F. Maximova]. Moscow, YUNITI-DANA, 2012. 751 p. (in Russian).

11 Leontyeva L.S., Kuznetsov V.I. Proizvodstvennyy menedzhment. Uchebnik dlya bakalavrov [Production management. Textbook for bachelors]. Moscow, Yurayt, 2014. 305 p. (in Russian).

12 de Mendonça H.F., Barcelos V.I. Securitization and credit risk: Empirical evidence from an emerging economy. The North American Journal of Economics and Finance. 2015. vol. 32. pp. 12–28.

13 Han J.H., Park K., Pennacchi G. Corporate taxes and securitization. The Journal of Finance. 2015. vol. 70. no. 3. pp. 1287–1321.

14 Vlasov A. Risk management: a system for managing potential losses. *Biznes* [Business]. 2013. no. 5. pp. 25–32. (in Russian).

15 Domashchenko DV, Finogenova Yu.Yu. Risk management in terms of financial instability [Risk management in terms of financial instability]. Moscow, Magistr, INFRA-M, 2010. 238 p. (in Russian).

16 Simonovich N.E., I.A. Kiseleva Problems of human social security in modern society. *Natsional'nyye interesy: prioritety i bezopasnost'* [National interests: priorities and security]. 2013. no. 44. pp. 48–52. (in Russian).

17 Korshunova L.N., Prodanova N.A. Otsenka i analiz riskov [Risk assessment and analysis]. Rostov on Don, Feniks, 2014. 96 p. (in Russian).

18 Mamaeva L.N. Upravleniye riskami [Risk management: a training manual]. Moscow, Dashkov i K, 2013. 256 p. (in Russian).

19 Fomichev A.N. Risk-menedzhment [Risk management: a tutorial]. Moscow, Dashkov i K, 2013. 291 p. (in Russian).

20 Chereshkin D.S. Upravleniye riskami i bezopasnost'yu [Risk and security management]. Moscow, URSS Publishing Group, 2010. 200 p. (in Russian).

21 Antonov G.D., Ivanova O.P., Tumin V.M. Upravleniye riskami organizatsii [Organization risk management: a training manual]. Moscow, INFRA-M, 2015. 153 p. (in Russian).

22 Yegorikhina MS, Kozlov S.N., Shamin E.A. The mechanism of program budgeting, as one of the state regulators of the service sector. *Vestnik NGIEI* [Herald NGIEI]. 2017. no. 6 (73). pp. 109–116. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ирина А. Киселева д.э.н., профессор, кафедра математических методов в экономике, Российский экономический Университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, Россия, kia1962@list.ru

Николай Е. Симонович д.псх.н., профессор, кафедра психологии личности Института психологии им. Л.С. Выготского, Российский Государственный Гуманитарный Университет, Миусская пл., 6, г. Москва, Россия, nsimoni@mail.ru

Олеся В. Прибыткова ст. преподаватель, кафедра иностранных языков, Воронежский Государственный Университет Инженерных Технологий , Революции пр-т, 19, г. Воронеж, Россия , lady.pribytkova@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 25.12.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 17.01.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Irina A. Kiseleva Dr. Sci. (Econ.), professor, mathematical methods in economics department, Plekhanov Russian University of economics, Stremyanny alley, 36, Moscow, Russia, kia1962@list.ru

Nikolai E. Simonovich Dr. Sci. (Psych.), professor, department of personality psychology institute named after L.S. Vygotsky, Russian State Humanitarian University, Miusskaya sq., 6, Moscow, Russia, nsimoni@mail.ru

Olesya V. Pribytkova senior lecturer, foreign languages department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Avenue, 19, Voronezh, Russia , lady.pribytkova@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors equally took part in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 12.25.2018

ACCEPTED 1.17.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 338.2

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-449-456

Модель взаимодействия государства и малого предпринимательства

Юлия М. Соколинская [1] misterias@mail.ru

[1] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Обеспечение эффективного развития предпринимательского сектора экономики является неотъемлемым условием экономически устойчивого развития национального хозяйства. Особую роль в этом имеет малый бизнес. Прежде всего, это связано с тем, что именно малое предпринимательство обеспечивает снижение безработицы в различных секторах экономики, рост доходов населения, способствует росту налоговых поступлений в бюджеты всех уровней, инициирует инновации. В этой связи нивелирование проявлений деформации функционирования малых предприятий, ставших наиболее распространенной формой предпринимательства, обеспечивает условия для устойчивого социально-экономического развития страны. Развитие предпринимательства в лесном хозяйстве, в т. ч. малого, является наиболее проблемным в современных условиях хозяйствования. В силу специфики сферы деятельности и отсутствия финансовых возможностей малое предпринимательство в этом секторе экономики демонстрирует недостаточную эффективность в своем развитии, что выражается в увеличении недоимок в бюджеты всех уровней, увеличении масштабов теневой деятельности и др. Развитие малого предпринимательства в лесном секторе является одним из основных условий роста эффективности и конкурентоспособности лесного хозяйства, лесной промышленности и смежных отраслей. Взаимодействие лесного предпринимательства и власти должно развиваться в оптимальных для лесного сектора формах и направлениях: обеспечение благоприятных условий комплексного, многоцелевого использования лесных ресурсов; рациональное, неистощительное природопользование; адресная поддержка и государственная гарантия устойчивости функционирования предпринимательства в сфере лесопользования; рост профессионализма и компетентности в вопросах лесного хозяйства; создание лесной инфраструктуры; снижение деформаций в развитии лесного предпринимательства. Разработанная организационная модель, позволяет обеспечить привлекательность предпринимательской деятельности в сфере лесопользования в первую очередь за счет снижения уровня ее деформации и теневизации.

Ключевые слова: предпринимательство, экономическая безопасность, экономические показатели, государственное регулирование, направления развития

Model of interaction of the state and small entrepreneurship

Yulia M. Sokolinskaya [1] misterias@mail.ru

[1] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. Ensuring the effective development of the business sector of the economy is an essential condition for the economically sustainable development of the national economy. Small business has a special role in this. First of all, this is due to the fact that it is small business that provides for the reduction of unemployment in various sectors of the economy, the growth of incomes of the population, contributes to the growth of tax revenues to budgets of all levels, initiates innovations. In this regard, leveling the manifestations of the deformation of the functioning of small enterprises, which have become the most common form of entrepreneurship, provides the conditions for sustainable socio-economic development of the country. The development of entrepreneurship in forestry, including small, is the most problematic in modern economic conditions. Due to the specifics of the field of activity and the lack of financial opportunities, small business in this sector of the economy demonstrates insufficient efficiency in its development, which is reflected in an increase in arrears in the budgets of all levels, an increase in the scale of shadow activity, etc. Small business development in the forest sector is one of the main conditions growth of efficiency and competitiveness of forestry, forest industry and related industries. The interaction of forest entrepreneurship and government should be developed in the forms and directions that are optimal for the forest sector: ensuring favorable conditions for the integrated, multi-purpose use of forest resources; rational, non-depleting environmental management; targeted support and state guarantee of the sustainability of the functioning of entrepreneurship in the field of forest use; growth of professionalism and competence in forestry issues; creation of forest infrastructure; reduction of deformations in the development of forest enterprises. The developed organizational model allows to ensure the attractiveness of entrepreneurial activities in the field of forest use primarily by reducing its level of deformation and shadowing.

Keywords: entrepreneurship, economic security, economic indicators, state regulation, development trends

Введение

В современных российских условиях хозяйствования приобретает важность анализ деформаций в развитии малого предпринимательства в тех секторах экономики, которые имеют стратегически важное значение для развития экономики всей страны. Так, для России стратегическими ресурсами, определяющими вектор развития ее экономики, среди прочих выступают лесные. Это связано с тем, что Россия

Для цитирования

Соколинская Ю.М. Модель взаимодействия государства и малого предпринимательства // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 449–456. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-449-456

For citation

Sokolinskaya Yu.M. Model of interaction of the state and small entrepreneurship. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 449–456. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-449-456

является самой крупной в мире страной, обладающей лесными ресурсами. Она занимает первое место в мире по площади лесов и объему запасов древесины. Кроме того, развитие предпринимательства в лесном хозяйстве, в т. ч. малого, является наиболее проблемным в современных условиях хозяйствования. В силу специфики сферы деятельности и отсутствия финансовых возможностей малое предпринимательство в этом секторе экономики демонстрирует недостаточную эффективность в своем развитии, что выражается в увеличении недоимок в бюджеты всех уровней, масштабов теневой деятельности и др. Это обусловливает необходимость более внимательного исследования реализуемого инструментария государственной поддержки деятельности малого предпринимательства в лесном секторе экономики с учетом существующих в настоящее время факторов деформации бизнеса.

Известно, что система взаимодействия государства и лесного предпринимательства в разных странах функционирует по-разному.

Американские ученые Andrei Shleifer и Robert Ward Vishny предлагают рассматривать три модели взаимодействия государства и предпринимательства в условиях рыночной экономики: модель «невидимой руки государства» (Invisible Hand), модель – «помогающей руку государства» (Helping Hand), модель «грабящей руки» государства (Grabbing Hand).

В России в силу наличия серьезных проблем в нормативно-правовой базе, при отсутствии условий для эффективного сотрудничества, неразвитости инвестиционной и инновационной среды Е.Г. Ясин [1] выделяет три модели: белую, черную и серую.

Профессор М.В. Киварина [2] говорит о наличии двух альтернативных моделей взаимодействия властных и предпринимательских структур – атомистической и ассоциированной.

Атомистическая модель, по мнению ученого, формируется в условиях низкой экономической силы предпринимательства, которое представлено отдельными разрозненными конкурирующими между собой предпринимательскими структурами, осуществляющими с государством в зависимости от степени доверия к нему одностороннее (лидерство власти) или двустороннее (частное) взаимодействие. Государство в данной модели рассматривается как внешняя сила, при этом его основной функцией является совместная с предпринимательством разработка правил регулирования экономики, разрешения деловых конфликтов (которые не могут быть преодолены предпринимательским сообществом самостоятельно), а также мер поддержки национальных производителей на международных рынках [13–16].

В рамках ассоциированной модели бизнес эволюционирует от экономического актора, ориентированного на максимизацию прибыли, до социально ответственного субъекта гражданского общества. При этом во взаимодействие вступают уже не отдельные предпринимательские структуры, а их объединения и союзы, оформленные институционально, которые получают возможность участвовать в выработке законопроектов и принятии политических решений в обмен на добровольное выполнение части социальных функций, традиционно осуществляемых государством. В современной России процесс преобразования атомистической модели в ассоциированную находится на начальном этапе, поэтому преобладающей формой является частное взаимодействие властных и предпринимательских структур [3].

Для настоящего исследования важна модель взаимодействия государства и лесного предпринимательства. Следует отметить, что эта модель в истории России менялась многократно. Лесное хозяйство и система управления лесными ресурсами переживают уже третью реформу за последние 15 лет. Введенный в действие с 01.01.2007 г. новый Лесной кодекс РФ, так же как и предыдущие варианты Лесного кодекса РФ (1997), содержит целый ряд недоработок, в первую очередь, организационного характера.

Модель взаимодействия государства и предпринимательства лесного хозяйства изначально основана на различных формах собственности на леса и другие средства производства. Для нее характерно разделение функций управления лесами и функций хозяйствования. Такая система предполагает наличие хорошо развитого лесного законодательства, которое предусматривает ответственность лесовладельцев и лесопользователей за нарушения норм и правил лесозаготовки, лесовосстановления и лесозащиты. Следует отметить, что наиболее совершенную модель имеют страны Скандинавии – Финляндия, Швеция, отличающиеся наличием рыночной экономики, в которых преобладают частные леса. В этих странах рынок лесных материалов выступает как регулятор экономических отношений и ценообразования. Лесовладельцы получают от государства льготы или частичную компенсацию расходов

на возобновление лесов после рубки. Издержки на лесовозобновление и лесоразведение, как правило, не облагаются налогом.

Сопоставление лесного хозяйства при различных формах собственности в Канаде показывает, что по качеству лесохозяйственная деятельность на арендных условиях уступает уровню хозяйствования в частных лесах.

В СССР государство изначально финансово поддерживало лесозаготовительную промышленность через сохранение низкого уровня попенной платы за древесину, строительство лесных дорог и благоустроенных по стандартам того времени поселков, научно-техническую и кадровую поддержку, в то время как лесное хозяйство финансировалось по остаточному принципу. Неравное экономическое положение двух смежных отраслей (лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства) предопределило долговременные конфликты в отношениях между ними как на уровне государства, так и на низовом уровне, к сожалению, не преодоленные до настоящего времени.

Усилия государства в этом плане должны быть направлены на обеспечение экологически безопасного взаимодействия лесной промышленности и лесных экосистем, на благополучии которых базируется благополучие всего лесного сектора национальной экономики.

Устойчивое управление лесным хозяйством и лесами напрямую зависит от продуктивности лесов, а она, в свою очередь, снижается в результате хозяйственной деятельности человека, включая загрязнение окружающей природной среды.

Развитие малого предпринимательства в лесном секторе является одним из основных условий роста эффективности и конкурентоспособности лесного хозяйства, лесной промышленности и смежных отраслей.

В свою очередь, модель взаимодействия государства и малого предпринимательства в лесном секторе экономики представляет собой организационное обеспечение согласованных действий субъектов лесных отношений в вопросах использования, охраны, воспроизводства лесных ресурсов. Взаимодействие лесного предпринимательства и власти должно развиваться в оптимальных для лесного сектора формах и направлениях:

– обеспечение благоприятных условий комплексного многоцелевого использования лесных ресурсов;

– рациональное, неистощительное природопользование;

– адресная поддержка и государственная гарантия устойчивости функционирования предпринимательства в сфере лесопользования;

– рост профессионализма и компетентности в вопросах лесного хозяйства;

– создание лесной инфраструктуры;

– снижение деформаций в развитии лесного предпринимательства.

Обсуждение

Представленная на рисунке организационная модель позволяет обеспечить привлекательность предпринимательской деятельности в сфере лесопользования за счет снижения уровня ее деформации и теневизации (рисунок 1).

В соотвествии с Лесным кодексом предприниматели – юридические и физические лица, желающие арендовать участки лесного фонда, направляют в орган исполнительной власти письменное заявление. Лесные участки, относящиеся к федеральной собственности, продаже не подлежат, но их можно взять в аренду, срок действия которой составляет от года до сорока девяти лет. Участки лесного фонда предоставляются в аренду по результатам лесных конкурсов за исключением случаев предоставления участков лесного фонда в целях, не связанных с ведением лесного хозяйства и осуществлением лесопользования. По результатам конкурсных процедур составляется договор аренды и осуществляется передача участка лесного фонда арендодателем и принятие его арендатором на условиях, предусмотренных договором аренды.

Арендатор обязан разработать проект освоения лесов (ст. 12 ЛК РФ). Проект освоения лесов разрабатывается лицами, которым лесные участки предоставлены в аренду в соответствии со ст. 12 Лесного кодекса РФ на основании договора аренды лесного участка, лесохозяйственного регламента лесничества, материалов государственного лесного реестра.

Более того, согласно ч. 2 ст. 24 ЛК РФ невыполнение лесохозяйственного регламента и проекта освоения лесов является основанием для досрочного расторжения договоров аренды лесного участка или договоров купли-продажи лесных насаждений, а также принудительного прекращения права постоянного (бессрочного) пользования лесным участком или безвозмездного срочного пользования лесным участком (см. комментарий к ст. 24 ЛК РФ).

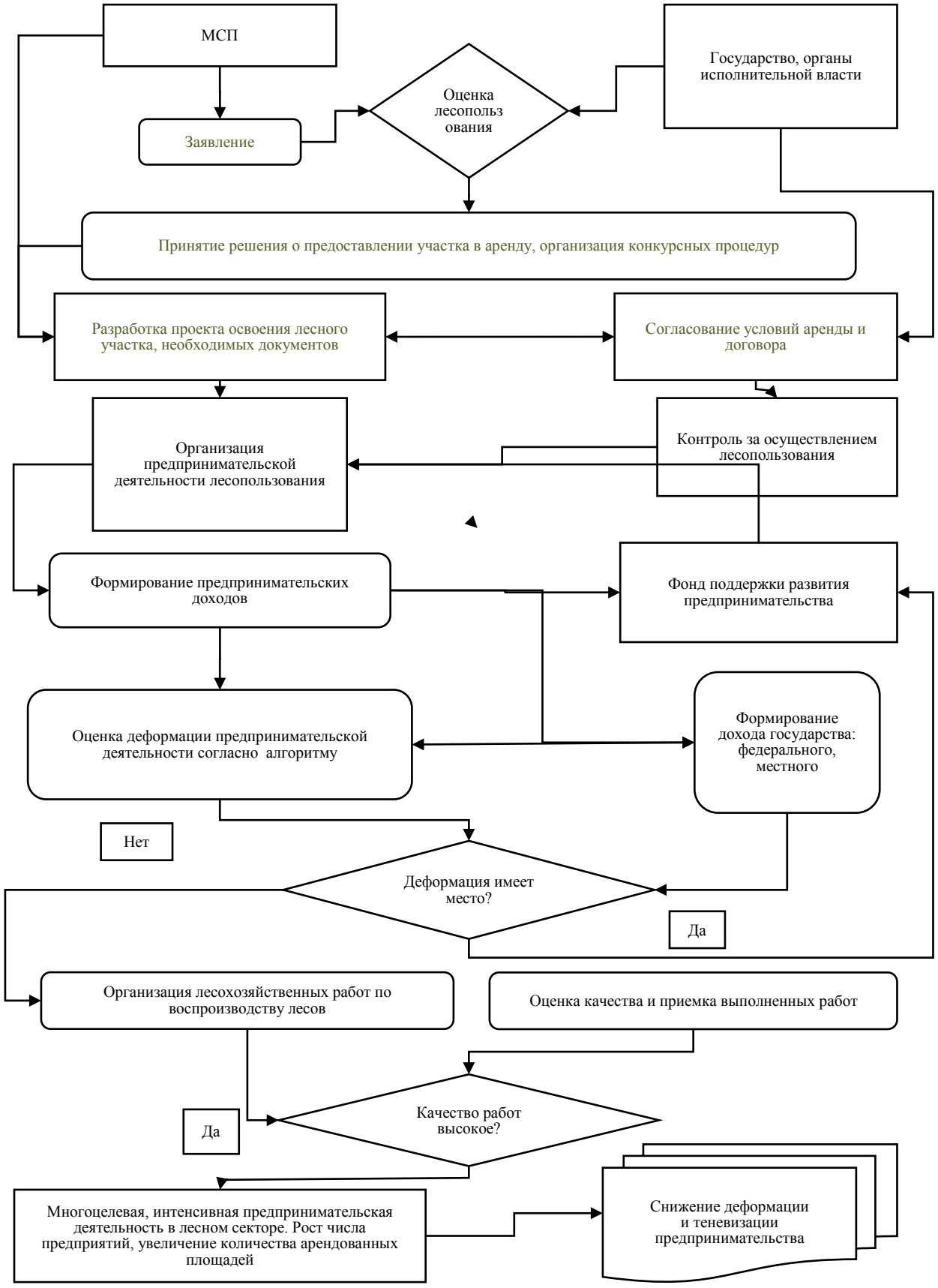


Рисунок 1. Организационная модель взаимодействия государства и МПС в лесном секторе

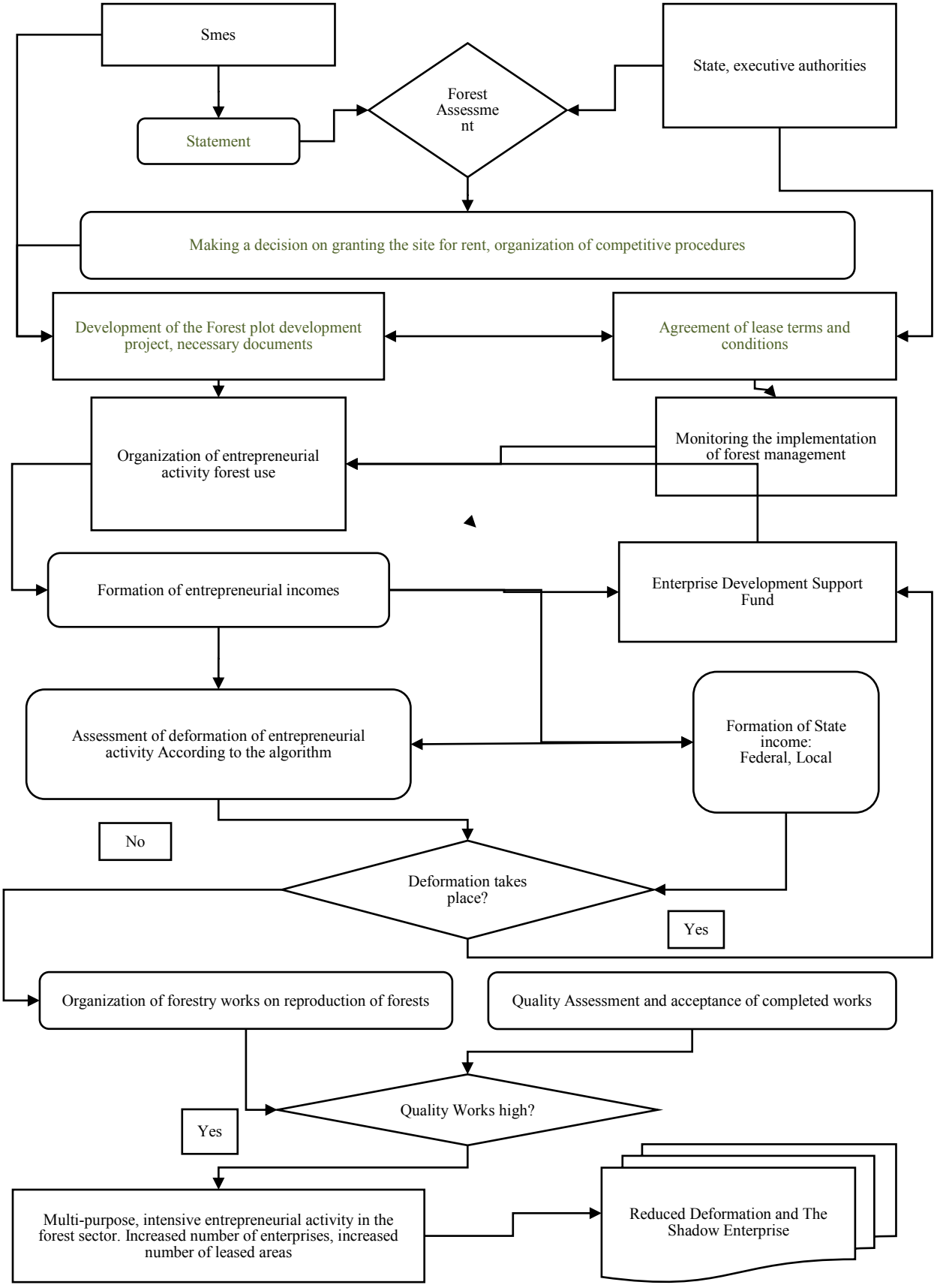


Figure 1. Institutional model of State and MEA interaction in the forest sector

Проект освоения лесов содержит сведения о разрешенных видах и проектируемых объемах использования лесов, мероприятиях по охране, защите и воспроизводству лесов, по созданию объектов лесной и лесоперерабатывающей инфраструктуры, по охране объектов животного мира и водных объектов.

В то же время в проекте освоения лесов нет экономических и финансовых расчетов, не определена эффективность освоения лесного участка ни для арендодателя, ни для арендатора. Экономические расчеты являются базой для выполнения комплекса работ в соответствии с лесохозяйственным регламентом и проектом освоения лесов.

Перед заключением договора аренды лесного участка целесообразно выполнить экономические расчеты и определить стоимость лесохозяйственных работ на единицу и весь объем. В этой связи в представленную организационную модель введен блок «Оценки эффективности лесопользования».

Первоначальной информацией для этих расчетов является лесной план субъекта и регламенты лесничеств.

Определение полной себестоимости единицы лесохозяйственных работ $С_{л/х}$ (км, га, т, м3), которые помимо рубок ухода включают лесовосстановительные, противопожарные и лесозащитные работы, следует рассчитывать по формуле

$$C_{л/х} = \sum_{i=1}^{m} T_{ei} * TC + \frac{\sum_{i=1}^{m} (T_{ei} * TC) * \%}{100} + \\ + \sum_{j=1}^{n} \frac{Э_j}{ПТ_j} + \sum_{k=1}^{I} M_k * Ц_к + H ,$$

где Te_i – трудоемкость выполнения i-й операции; ТС – дневная тарифная ставка с учетом различного рода доплат и выплат; i – количество операций в технологическом процессе; % – ставка налога на страховые взносы; $Э_j$ – расходы на содержание и эксплуатацию технических средств на j-й операции технологического процесса с учетом заработной платы вспомогательных рабочих, страховых взносов, амортизационных отчислений, затрат на ГСМ, техническое обслуживание и ремонт основных средств и прочих расходов; j – количество операций, на которых используются технические средства; $ПТ_j$ – сменная производительность технических средств на j-й операции технологического процесса; M_k – расход k-го материала на единицу работ (услуг, объектов); $Ц_k$ – цена единицы k-го материла; k – количество видов используемых материалов; Н – накладные расходы на организацию единицы лесохозяйственных работ. Расчеты рекомендуется осуществлять в форме Расчетно-технологических карт.

Для определения прибыли от основной деятельности (лесозаготовка) необходимо рассчитать выручку от продаж продукции (доход), которой будут являться круглые лесоматериалы (сортименты), а в затраты (расходы) включать стоимость проведения комплекса лесохозяйственных работ и работ по лесозаготовкам. При определении прибыли Пр целесообразно использовать формулу

$$Пр = \sum_{1}^{m} Qi \times Pi – Сл/х$$

где 1… *m* – набор сортиментов круглого леса, отходов; Qi – объем заготовки древесины i-го вида; Pi – рыночная цена i-го вида сортиментов; Сл/х – затраты на лесохозяйственные работы, затраты на заготовку, первичную обработку и транспортировку лесоматериалов.

Для определения прибыли от основной деятельности (рекреация) необходимо рассчитать выручку от оказания услуг (доход), а в затраты (расходы) включать стоимость проведения комплекса лесохозяйственных работ. Определяют прибыль Пр по формуле

$$Пр = \sum_{1}^{m} Qi \times Pi – Сл/х$$

где Qi – объем оказания рекреационных услуг i-го вида, Pi – цена i-го вида оказываемой услуги, р.

Для определения прибыли от основной деятельности (недревесные продукты леса) необходимо рассчитать выручку от оказания услуг (доход), а в затраты (расходы) включать стоимость проведения комплекса лесохозяйственных работ. При определении прибыли целесообразно использовать формулу

$$Пр = \sum_{i=1}^{n} \left(П_{недр.пр.} \cdot V_{заг.недр.\ пр.} \right) – Сл/х,$$

где i – вид недревесного продукта леса; $П_{недр.пр.}$ – цена объема недревесных лесных ресурсов, пищевых лесных ресурсов и лекарственных растений, р./т; $V_{заг.недр.\ пр.}$ – годовой объем заготовки недревесных продуктов леса, тыс. т/год.

Для определения прибыли от основной деятельности (организация охоты) необходимо рассчитать выручку от оказания услуг (доход), а в затраты (расходы) включать стоимость проведения комплекса лесохозяйственных работ. При определении прибыли используют формулу

$$Пр = \sum_{i=1}^{n} \left(П_{об.ж.м.} \cdot V_{заг.ох.\ р.} \right) – Сл/х,$$

где i – вид охотничьего ресурса, $П_{об.ж.м.}$ – стоимость за объект животного мира по оцениваемому виду, тыс. р./особь; $V_{заг.ох.\ р.}$ – годовой объем заготовки охотничьих ресурсов, тыс. особей/год.

Применение методики позволяет произвести предварительную оценку эффективности лесохозяйственной деятельности на арендованном лесном участке (либо в порядке планирования аренды участка лесного фонда), на основании чего могут приниматься стратегические решения о целесообразности пользования данным лесным участком. При этом возможны два варианта.

Вариант 1. При условии полного финансирования лесохозяйственных работ средствами арендатора затраты не покрываются планируемой выручкой – пользование данным лесным участком нецелесообразно.

Вариант 2. При условии полного финансирования лесохозяйственных работ средствами арендатора затраты покрываются планируемой выручкой – пользование данным лесным участком целесообразно.

Предлагаемая методика оценки эффективности лесохозяйственной деятельности на арендованном лесном участке арендатором позволяет:

– устанавливать обоснованную систему платежей за древесину в зависимости от лесоводственно-экологических особенностей арендуемого участка, его экономической доступности, а также от применяемых лесозаготовительным предприятием параметров заготовки и вывозки древесины и форм лесопользования;

– рекомендовать арендаторам наиболее предпочтительные формы лесопользования;

– формировать экономически обоснованные условия договора аренды.

Ранее было показано, что деформации предпринимательской деятельности во многом связаны с отсутствием поддержки лесного предпринимательства со стороны государства. В этом плане целесообразно формирование «Фонда развития предпринимательства» за счет перераспределения финансовых потоков в лесном хозяйстве.

Платежи за пользование лесными ресурсами поступают в бюджеты трех уровней (федеральный, республиканский, региональный) и используются для финансирования органов управления лесным хозяйством, а также на охрану и воспроизводство лесных ресурсов на лесных участках, не переданных в аренду.

Размер арендной платы определяется на основе минимального размера арендной платы: при использовании лесного участка с изъятием лесных ресурсов – в зависимости от объема изъятия, без изъятия лесных ресурсов – от площади лесного участка.

Распределение арендной платы происходит в следующем порядке: в федеральный бюджет зачисляется плата за использование лесов в части минимального размера арендной платы, рассчитанная как произведение ставок платы за единицу объема лесных ресурсов или за единицу площади лесного участка, установленных Правительством РФ, и среднегодового объема использования лесов или площади лесного участка. В бюджеты субъектов РФ зачисляется арендная плата в части, превышающей минимальный размер арендной платы. В создании фонда поддержки заинтересованы не только арендаторы лесных участков – лесопользователи, но и фондодержатель лесных земель – государство. В этой связи в бюджет фонда поддержки предпринимательства должны направляться финансовые потоки в размере, необходимом и достаточном для содействия развитию предпринимательства в лесном хозяйстве. Это позволит оказывать адресную поддержку малому предпринимательству, реализовать программы поддержки лесовосстановления горельников, внедрения инновационных технологий в лесовыращивание и др. Включенный в организационную модель алгоритм позволяет дать оценку уровню деформации предпринимательской деятельности в лесном хозяйстве отдельного региона по результатам реализуемых мер поддержки малого предпринимательства.

Заключение

Разработанная организационная модель позволяет обеспечить привлекательность предпринимательской деятельности в сфере лесопользования за счет снижения уровня ее деформации и теневизации.

ЛИТЕРАТУРА

1 Киварина М.В., Костусенко Е.И. Особенности взаимодействия властных и предпринимательских структур в Новгородской области // Российское предпринимательство. 2014. № 2 (248). С. 39–45.

2 Любинин Д.А. Партнерство государства и бизнеса: необходимость, содержание и формы реализации: автореф. дис. канд. экон. наук. М., 2008. 23 с.

3 Морковина С.С., Попова Ю.Н., Денисова Ю.Г. Методический подход к анализу и выявлению приоритетных форм организации предпринимательской деятельности в системе лесного хозяйства малолесной зоны // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 26 (377). С. 2–9.

4 Официальный сайт ВЦИОМ. URL: http://www.wciom.ru/

5 Официальный сайт Министерства экономического развития РФ. URL: www.economy.gov.ru

6 Официальный сайт национального института системных исследований проблем предпринимательства. URL: http://www.nisse.ru.

7 Официальный сайт Федерального агентства лесного хозяйства. URL: http://www.rosleshoz.gov.ru/dep/siberia/press / 470

8 Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/

9 Об утверждении государственной программы Воронежской области «Развитие лесного хозяйства»: Постановление Правительства Воронежской области № 1077 от 10 декабря 2013 года (с изменениями на 29 марта 2019 года).

10 Об утверждении Положения об управлении лесного хозяйства Воронежской области: Постановление Правительства Воронежской области № 379 от 12 мая 2009 года (с изменениями на 18 марта 2019 года

11 Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года. URL: http://nacles.ru/

12 Ясин Е.Г. Государство и экономика на этапе модернизации. М.: Издательский дом ГУ-ВШЭ, 2006.

13 Valentina V., Marius-Razvan S., Stroe A. Innovative valuing of the cultural heritage assets. Economic implication on local employability, small entrepreneurship development and social inclusion // Procedia-Social and Behavioral Sciences. 2015. V. 188. P. 16–26.

14 Amato C., Baron R.A., Barbieri B., Belanger J.J. et al. Regulatory modes and entrepreneurship: the mediational role of alertness in small business success // Journal of Small Business Management. 2017. V. 55. P. 27–42.

15 Doern R. Entrepreneurship and crisis management: The experiences of small businesses during the London 2011 riots // International Small Business Journal. 2016. V. 34. № 3. P. 276–302.

16 Volery T., Mazzarol T. The evolution of the small business and entrepreneurship field: A bibliometric investigation of articles published in the International Small Business Journal // International Small Business Journal. 2015. V. 33. № 4. P. 374–396.

17 Проваленова Н.В. Концептуальные аспекты развития сферы жилищно-коммунальных услуг // Вестник НГИЭИ. 2018. № 9 (88). С. 5–17.

18 Шамин А.Е., Проваленова Н.В. Особенности предоставления жилищно-коммунальных услуг в малых муниципальных образованиях // Вестник НГИЭИ. 2017. № 2 (69). С. 90–99.

REFERENCES

1 Kivarina M.V., Kostusenko E.I. Features of the interaction of government and business structures in the Novgorod region. *Rossiyskoye predprinimatel'stvo* [Russian Entrepreneurship]. 2014. no. 2 (248). pp. 39–45. (in Russian).

2 Lyubinin D.A. Partnerstvo gosudarstva i biznesa: neobkhodimost', soderzhaniye i formy realizatsii [Partnership of government and business: the need, content and forms of implementation]. Moscow, 2008. 23 p. (in Russian).

3 Morkovina S.S., Popova Yu.N., Denisova Yu.G. Methodical approach to the analysis and identification of priority forms of organization of business activities in the forestry system of the sparse forest zone. *Ekonomicheskiy analiz: teoriya i praktika* [Economic analysis: theory and practice]. 2014. no. 26 (377). pp. 2–9. (in Russian).

4 Ofitsial'nyy sayt VTSIOM [Official site VCIOM]. Available at: http://www.wciom.ru/ (in Russian).

5 Ofitsial'nyy sayt Ministerstva ekonomicheskogo razvitiya RF [Official site of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation]. Available at: www.economy.gov.ru (in Russian).

6 Ofitsial'nyy sayt natsional'nogo instituta sistemnykh issledovaniy problem predprinimatel'stva [The official website of the National Institute for Systems Studies on Entrepreneurship]. Available at: http://www.nisse.ru (in Russian).

7 Ofitsial'nyy sayt Federal'nogo agentstva lesnogo khozyaystva [Official site of the Federal Forestry Agency]. Available at: http://www.rosleshoz.gov.ru/dep/siberia/press/470 (in Russian).

8 Ofitsial'nyy sayt Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki [Official site of the Federal State Statistics Service]. Available at: http://www.gks.ru/ (in Russian).

9 Ob utverzhdenii gosudarstvennoy programmy Voronezhskoy oblasti "Razvitiye lesnogo khozyaystva" [On approval of the state program of the Voronezh Region "Forestry Development": Decree of the Government of the Voronezh Region No. 1077 of December 10, 2013 (as amended on March 29, 2019)]. (in Russian).

10 Ob utverzhdenii Polozheniya ob upravlenii lesnogo khozyaystva Voronezhskoy oblasti [On approval of the Regulations on the management of forestry in the Voronezh Region: Decree of the Government of the Voronezh Region No. 379 of May 12, 2009 (as amended on March 18, 2019)]. (in Russian).

11 Strategiya razvitiya lesnogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda [Strategy for the development of the forest complex of the Russian Federation for the period up to 2020]. Available at: http://nacles.ru/ (in Russian).

12 Yasin E.G. Gosudarstvo i ekonomika na etape modernizatsii [State and economy at the stage of modernization]. Moscow, Publishing House of the State University Higher School of Economics, 2006. (in Russian).

13 Valentina V., Marius-Razvan S., Stroe A. Innovative valuing of the cultural heritage assets. Economic implication on local employability, small entrepreneurship development and social inclusion. Procedia-Social and Behavioral Sciences. 2015. vol. 188. pp. 16–26.

14 Amato C., Baron R.A., Barbieri B., Belanger J.J. et al. Regulatory modes and entrepreneurship: the mediational role of alertness in small business success. Journal of Small Business Management. 2017. vol. 55. pp. 27–42.

15 Doern R. Entrepreneurship and crisis management: The experiences of small businesses during the London 2011 riots. International Small Business Journal. 2016. vol. 34. no. 3. pp. 276–302.

16 Volery T., Mazzarol T. The evolution of the small business and entrepreneurship field: A bibliometric investigation of articles published in the International Small Business Journal. International Small Business Journal. 2015. vol. 33. no. 4. pp. 374–396.

17 Provalenova N.V. Conceptual aspects of the development of housing and communal services. *Vestnik NGIEI* [Herald NGIEI]. 2018. no. 9 (88). pp. 5–17. (in Russian).

18 Shamin A.E., Provalenova N.V. Features of the provision of housing and communal services in small municipalities. *Vestnik NGIEI* [Herald NGIEI]. 2017. no. 2 (69). pp. 90–99. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Юлия М. Соколинская к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, misterias@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Юлия М. Соколинская консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 17.12.2018
ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 29.01.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Yulia M. Sokolinskaya Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, misterias@mail.ru

CONTRIBUTION

Yulia M. Sokolinskaya consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The author declares no conflict of interest.

RECEIVED 12.17.2018
ACCEPTED 1.29.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 330.36

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-457-463

Влияние инновационного развития на экономическую безопасность региона

Юлия В. Наролина [1] narolinajv@yandex.ru
Татьяна В. Сабетова [2] tsabetova@mail.ru
Наталья В. Шабуцкая [3] natalyashabuckaya@mail.ru
Наталья В. Грищенко [3] 294394@ mail.ru

[1] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия
[2] Воронежский ГАУ, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия
[3] Воронежский филиал РЭУ им. Г.В. Плеханова, г. Воронеж, ул. Карла Маркса, 67А, 394036, Россия

Аннотация. В статье авторы предлагают оценивать экономическую безопасность региона, используя показатели, применяемые для федерального уровня и отраженные в Стратегии экономической безопасности Российской Федерации до 2030 года. Так как не все показатели, зафиксированные в этой Стратегии, применимы для регионального уровня государственного управления, авторы предлагают проводить анализ экономической безопасности по четырем направлениям: доля региона в общем объеме национальной экономики; демографическая ситуация; ситуация на рынке труда и доходы населения; степень инновационного развития экономики. После анализа экономической безопасности Воронежской области по указанным направлениям авторы выявили основные угрозы для данного региона. В сфере формирования и распределения доходов населения авторы выявили существенную степень неравенства и ее отрицательную динамику. На средне- и долгосрочной перспективе они определяют качество и развитие человеческих ресурсов и перспективы экономики. В сфере инновационного развития, которое является основой любого экономического развития, авторы также выявили угрозы, а именно недостаточную эффективность использования ресурсов и отсутствие выраженной позитивной динамики.

Ключевые слова: экономическая безопасность, регион, инновации, стратегия, демография, распределение доходов, инновационное развитие

The influence of innovative development on economic security of the region

Julia V. Narolina [1] narolinajv@yandex.ru
Tatiana V. Sabetova [2] tsabetova@mail.ru
Natalia V. Shabutskaya [3] natalyashabuckaya@mail.ru
Natalia V. Gryshchenko [3] 294394@ mail.ru

[1] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia
[2] Voronezh state agricultural university, Michurina str. 1, Voronezh, 394087, Russia
[3] Voronezh branch REU them. G.V. Plekhanov, Voronezh, st. Karla Marksa, 67A, 394036, Russia

Abstract. Fixed assets are an integral component of the productive capacity of any enterprise. The financial results of the enterprise largely depend on their intensity and efficiency of use. The analysis of fixed assets is usually carried out using an integrated and systematic approach, based on their availability, their movement, efficiency of use (including their active part). In the opinion of some authors, the traditional methods of analyzing fixed assets have a number of shortcomings, since they do not take into account the life cycle of an enterprise, the ecological aspects of the operation of fixed assets, the operation specifics of the individual divisions of a company and its branches. In order to improve the methodology for analyzing fixed assets, the authors proposed to use formalized and non-formalized criteria for analyzing the risks associated with the fixed asset use. A survey questionnaire was designed to determine the likelihood of the risk of economic losses associated with the use of fixed assets. The authors propose using the integral indicator for the purpose of analyzing the risk of using fixed assets in dynamics. In order to improve the procedure for auditing, the authors proposed segregation of economic transactions with fixed assets according to their cycles in accordance with the stage of their reproduction. Operational analysis is important for managing the efficiency of the fixed asset use, especially during a critical period. Using the analysis of the regularity in grain combines performance would reduce losses during harvesting, implement the work within strictly defined time frame and remunerate the employees for high-quality and intensive performance of their tasks.

Keywords: fixed assets, return on assets, equipment capability, fixed asset structure, fixed asset use risks, fixed asset performance regularity

Introduction

Analysis of the region from the standpoint of determining the level of its economic security requires the allocation of specific evaluation criteria and indicators, the thresholds of which (or the corridor of these thresholds) should be used for a comprehensive assessment of the state of the region, identifying threats and dangerous trends. The system of indicators to measure the economic security of the country has already been partly outlined. However, they view as a significant methodological problem to determine the economic security of the regions, which are differentiated in many ways in Russia. The economic security of the territorial entity may be considered provided under the following conditions:

1. Security employment in the region. The welfare state sets as its main goal the provision

Для цитирования

Наролина Ю.В., Сабетова Т.В. Влияние инновационного развития на экономическую безопасность региона // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 457–463. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-457-463

For citation

Narolina Ju.V., Sabetova T.V. The influence of innovative development on economic security of the region. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 457–463. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-457-463

of a decent standard of living for its people, however, this goal can be most successfully achieved by providing the population with the opportunity to be engaged in active work in conditions that are safe for life and health.

2. Continuance of solvency. It should be noted that this implies not only the solvency of the region, that is, the observance of efficient proportions of its budget, but also the good financial condition of most commercial organizations, as well as the steady state of the banking system [5].

3. The correct intensity and direction of the cash flow in the regional economy, providing conditions for the stable development of business and living a normal life [2].

4. The innovative development is viewed as the basis of the long-term continuance of positive dynamics for both the economic and the social dimensions in present-day conditions [1].

The problem of the regional economic security assessment

In our opinion, a multi-criteria approach is needed. However it is necessary to use the projection on the regional level of the criteria of economic security of the Russian Federation indicated in the Strategy of economic security of the Russian Federation until 2030 as a systematizing criterion:

– quantum index of GDP;
– GDP per capita;
– share of Russian GDP in the world GDP (i.e. the place of national economy in the world);
– equity contribution in the fixed capital to GDP;
– degree of depreciation of fixed assets;
– index of industrial production;
– index of labor productivity;
– monetary aggregates (M2 money supply);
– inflation rate;
– internal public debt of the Russian Federation;
– external public debt of the Russian Federation;
– net capital import (export);
– level of economic cohesion of constituent territories of the Russian Federation;
– labour market tension ratio;
– GDP energy intensity;
– equity contribution in machinery, equipment and transport in the total volume of investments in the fixed capital;
– share of innovative goods, works, services in the total volume of shipped goods, works, services;
– share of high-tech and science-intensive products in GDP;
– the proportion of organizations providing technological innovations;
– budget deficit;
– the ratio of foreign exchange reserves of the Russian Federation to the volume of imports of services and wares;
– quantum index of exports and imports, as well as the export surplus;
– share of machinery, equipment and transport in the total volume of non-resource export and import;
– proportion of the working age population in the total population size;
– proportion of citizens with cash income below the level of the cost living;
– energy production and consumption balance;
– business confidence index of enterprises;
– share of imports in the volume of tradable resources of food products;
– retail turnover;
– distribution of employment in the economy by level of education;
– R/P;
– proportion of citizens with wages below the level of the cost living;
– crime rate in respect of economy, etc.

One of the possibilities for assessing the economic security of the region is the adaptation of the system of indicators given in the national strategy to the regional level, and their subsequent monitoring [3]. However not all the indicators mentioned above are available for such adaptation.

Thus, some indicators are missing in the state statistical reporting of the regional level. These include: proportion of citizens with wages below the level of the cost living (for the employed – the level of the cost living for the working-age population); the share of imports in the volume of food consumed in the region; business confidence index of enterprises; the share of individual groups of goods in the total volume of non-resource exports and imports (especially the so-called advanced refining goods: machinery, equipment and transport) and others.

We think that some of these indicators do not have a significant impact on economic security at the regional level, for example: quantum index of exports and imports, as well as the export surplus; energy intensity of GRP; net capital import (export); the debt of constituent territories of the Russian Federation and others.

This happens due to significant differences between the relations of states on the world arena and the relations of the regions within the country:

– within the country, it is possible to transfer all resilient types of resources between regions in order to achieve national goals, including conditions that differ from those dictated by the market;

– within the country, regions of different size are completely entitled to differ both in the scale of the economy and the degree of participation in ensuring national economic security, whereas a country of any size takes care of its own security;

– the proportion of the primary and non-resource economy is of a great importance for such a country as the Russian Federation, whereas for many regions, including the Voronezh region, this question is not in principle;

– on the contrary it is important to assess the degree of development of the leading sectors of the economy for each of the regions ensuring their economic security.

Finally, some of the indicators listed in the national strategy are incalculable for the regional level or do not make sense: the ratio of foreign exchange reserves of the Russian Federation to the volume of imports of services and wares; level of economic cohesion of constituent territories of the Russian Federation; monetary aggregates; inflation rate. They simply cannot be transferred to the regional level in nature [5].

Estimation of economic security level of Voronezh region

Thus, we believe it is possible to estimate the economic security for several groups of indicators:

1) the share attributable to the constituent territories of the Russian Federation in the total volume of the national economy;

2) the demographic situation;

3) the labor market situation and household income;

4) the degree of innovative development of the economy.

We start the analysis with the main economic indicators of the region, presented in Table 1, that affect its economic security level.

Table 1.

Main economic indicators of the development of the Voronezh region

Index	Year				
	2012	2013	2014	2015	2016
Gross regional product, mln. Rub.	563965,4	611720,4	717667,2	823133,6	-
Gross regional product in % by previous year	109,3	102,2	105,9	100,5	-
GRP per capita, Rub.	241947,4	262578,3	308004,7	352926,0	-
Fixed assets in the economy, mln. Rub.	1078383	1158136	1233526	1401937	1534644
Average annual number of employed in the economy, thous. people	1057,9	1057,0	1055,3	1092,5	1094,8
Volume of goods shipped to manufacturing industries, mln. Rub.	250018,9	258914,2	310682,4	396550,1	414143,5
Agricultural products, mln. Rub.	125546,8	143854,4	158944,7	201094,3	204262,6
Investments in fixed assets, billion Rub.	182,3	217,0	240,3	264,7	271,0
Freight highway transport, mln t-km	1548,0	1959,0	1954,0	2180,0	2932,0
Retail turnover, mln. RUB	324310,0	368595,7	422902,3	463696,3	487054,2
Consumer price index (December to December in % by previous year)	107,3	107,1	112,0	113,6	105,5

As we can see from the data in Table 1, the GRP index has fluctuated significantly in recent years, although it should be noted that during the period under review this indicator did not decline. However, these fluctuations are a consequence of national crisis phenomena, and not some particular disadvantage of the Voronezh region.

Fixed assets in the economy are steadily growing, as well as the volume of investments in fixed assets, providing a positive impact on the regional development and on the economic supply security of the region.

Both the retail trade turnover and the transport turnover have been growing at a significant pace as well as the production of processing and agriculture industries, which are considered to be the leading branches of the regional economy recognized as industrial-agrarian.

The only downside of the phenomenon to the economic security can be called the rather high level of consumer price index, which was at the highest level in 2014–2015 in particular, concerning the entire country.

To estimate the share attributable to the Voronezh region in the total volume of the national economy, we consider the indicators in table 2.

The data in Table 2 indicate that on a national scale, the Voronezh Region occupies a significant place only in the production of agricultural products, which logically follows from its location and climatic conditions.

It is logical to assume that the national government sees a significant role of this constituent entity of the Federation providing the food security, consequently the region can count on the maximum federal support concerning the agricultural sphere.

Table 2.

Scales of the Voronezh region as a subject of the Russian Federation

Index	Voronezh region		
	Value	In % of the entire RF	Rank among the constituent territories of the Russian Federation
Area, thousand km2	52,2	0,3	51
Population, thous.	2335,4	1,6	22
Gross regional product, mln. Rub.	823133,6	1,2	38
Agricultural products, mln. Rub.	204262,6	3,9	5
Production and distribution of electricity, gas and water, mln. Rub.	64230,8	1,2	26
Fixed assets in the economy, mln. Rub.	1534644	0,9	33

By area, the region is large enough for the central part of the country. It is worth mentioning that the largest entities in Russia located in the Urals. So, it is the largest and at the same time the most populated Central Black Earth region. In terms of population, the region can be recognized as a fairly large subject of the Russian Federation. There is also a high population density. Only Moscow and the Moscow Region have the larger population concerning the entire Central Federal District – the most populated part of Russia.

However, it is important to note that, according to the economic results of its activities, the region cannot be recognized as neither particularly large nor particularly effective. Thus, 1.6 % of the country's population, living in this region, create only 1.2 % of the country's GDP, which, of course, is primarily associated with the agrarian specialization of the region. In the Voronezh region, agriculture is on the third place in terms of the share in GRP. The region also produces 1.2 % of the national production of electricity, gas and water. Contrary only 0.9 % of national fixed assets are involved in the economy, and it is they who create this 1.2 % of GDP. Consequently, we can note the relatively inefficient use of labor resources, but the effective use of capital in the regional economy. In terms of economic security it highlights the need for close attention to the human potential of the region in order to find out ways to improve the efficiency of its economic use.

We consider the indicators presented in the dynamics in table 3 to assess the demographic situation in the Voronezh region.

Table 3.

Main demographic indicators of the Voronezh region

Index	Year				
	2012	2013	2014	2015	2016
Population at the end of the year, thous.	2330,4	2329,0	2331,1	2333,5	2335,4
The population of working age, thous.	1375,4	1358,6	1343,5	1325,5	1310,0
Demographic burden per 1,000 people of working age account for persons with unemployable age	694	714	735	761	783
Natural increase (decrease) of the population	-4,7	-4,8	-4,8	-4,2	-4,5
Working-age population mortality rate, per 100,000 inhabitants	573,8	576,3	597,7	559,8	537,2

Natural population decline, slightly reduced in scale, however, continues, which represents a significant threat, including economic, as citizens born sooner or later will come to an economic activity, forming a part of the employment potential of the region.

The declining and the rapid aging of the working age population has a negative impact on the labor market and the employment potential. However, in the positive side it should be pointed out that in the presented increase in the demographic load there is also a share formed by the load of children, i.e. persons younger than working age. However, this advantage can appear only on the strategic perspective. At the same time, even the observed increase in fertility caused by the actions of the state and regional support, increases the burden on the working citizens, while each of them has already accounted for almost 0.8 persons of unemployable age. Therefore, this factor can also be considered a significant threat.

The degree of realization of the constitutional right of citizens to work is the most important sign of the social development of a territory. The dynamics of unemployment in the Voronezh region are presented in table 4.

Table 4.

The main indicators of the number of labor resources and employment in the Voronezh region

Index	Year				
	2012	2013	2014	2015	2016
Human capital – total, thous. people	1420,3	1420,6	1419,7	1411,4	1390,7
Labour force participation rate, %	64,6	64,0	64,9	65,4	65,9
Unemployment rate, %	5,5	4,7	4,5	4,5	4,5
Recorded unemployment rate, %	1,1	1,0	1,0	1,1	1,0

Based on the data of table 4, one can indicate a stable level of unemployment in the Voronezh region, and stability is observed both by registered unemployment and determined by the ILO methodology. This phenomenon should be recognized as positive from the point of view of the economic security of the region, since its labour market seems to be in a certain equilibrium acceptable for the achieved level of economic development.

According to the analysis the state of differentiation of the population by income level in modern Russia is increasing. This index has negative development trends and imperfect optimization mechanisms. The average per capita monetary incomes of the population are not too different from the average monthly nominal wage, despite the existence and active use of various social benefits and their significant share (about 20 %) in the structure of the monetary incomes of the population. The population stratification indicators in the Voronezh Region are approximately at the average level for Russia, but at the same time they are gradually increasing.

The place of innovative development in the evaluation of the regional economic security

Finally, the safety and sustainability of the modern economic system is unthinkable without its development, and the latter – without innovation. The development of scientific and technical innovations in the form of high-tech and scince-intensive products that are competitive in the future represents the most difficult perspective from the standpoint of organizing the interaction of scientific organizations and the market through objects of innovative infrastructure. It should be noted that technologies for developing innovative ideas vary depending on the technological structure and type of innovation cycle.

Quantitative assessment of the regional innovation system on the basis of the statistical indicators available and provided by specialized state bodies is difficult. Nevertheless, we will present some statistical indicators recommended for use for its analysis:

1. The share of scientific, research organizations and design offices in the total number of enterprises and organizations in the region, %.

2. The share of employees of scientific and research organizations in the total employment in the region, as well as the share of researchers and researchers in the staff structure of such organizations themselves.

3. The shares of researchers with scientific degrees among employees of scientific organizations, including those directly involved in research, as well as the proportion of such persons among the population of the region as a whole.

4. The number of patents obtained for inventions and utility models based on those employed in research organizations and the economy as a whole.

5. The number of new technologies created in the region is total, as well as based on those employed in research organizations and the economy as a whole.

6. Total costs of research and development in % of GRP, per 1 employee, per 1 research organization and per 1 employee.

7. The share of innovative goods, works and services in the total volume of goods shipped, work performed, services, %.

8. The number and share of enterprises selling, procuring, applying new technologies, as well as providing assistance in their application, for example, information and consulting.

Evaluation of a regional innovation system is complicated by the lack of a unified point of view regarding the list of its constituent elements, and by the limited availability of data necessary for its full and comprehensive review. Nevertheless, we will consider some indicators of innovative development of the Voronezh region based on the data available on the website of the Federal State Statistics Service (Table 5).

Table 5.

Main indicators of innovation activity in the Voronezh region

Index	Year				
	2012	2013	2014	2015	2016
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Number of organizations engaged in innovation activity, units	–	66	70	76	94
R & D expenses, mln. Rub.	–	7564,3	6769,7	9905,2	7729,3
Ratio of R & D expenditures in GRP, %	–	1,24	0,94	1,20	-
Shipped innovative products of own production, mln. Rub.	–	4715,5	8500,2	21107,7	4861,7
Number of organizations performing research and development, units	57	56	53	63	63

Continuation of table 5

1	2	3	4	5	6
The average size of one innovative organization, pers.	189	192	205	168	164
The number of developed advanced production technologies, units	9	59	31	25	26
The number of personnel engaged in research and development, people.	10799	10763	10865	10600	10334
Average costs per developed technology (capital intensity of development), mln. Rub.	2237,6	420,1	1168,8	1296,6	1225,0
The volume of scientific and technical work performed, mln. Rub	20138,8	24787,4	36232,0	32416,0	31849,3

We made a number of conclusions based on the proportions calculated according to table 5:

1. In the region, there is no pronounced growth trend in both R & D expenditures in monetary terms and their share in relation to GRP, which suggests the instability of innovative development and the lack of understanding of its importance among businessmen and officials. The value of the ratio of expenditures on R & D in GRP for the entire period remained low, although it exceeded the indicators of neighboring areas.

2. Not only is there no increase in the number of advanced developments, but also no positive trend in the average costs of one development in the region. It can be said that the costs in the innovation sphere practically do not correlate with the number of completed works. There is also no connection between indicators of development costs and their quantity with the volume of innovative products produced.

3. There are no pronounced trends in the number and size of innovative organizations. To some extent, this confirms the well-known in the scientific world view that the effectiveness and viability of an innovative organization has practically nothing to do with its size.

Conclusion

Thus, relying on the methodology of the study of the economic security of the region, based on indicators introduced to monitor the level of the national economic security within the framework of the Economic Security Strategy of the Russian Federation until 2030 the main threats to such security of the Voronezh Region are the following:

– in the sphere of formation and distribution of incomes of the population, determining the future state and development of the labor potential of the region;

– in the field of innovation development, which is the basis of any economic development in the modern world in general, as well as practically the only source of competitive advantages.

Thus, the disadvantages of innovative activity in the Voronezh region should be recognized as a significant threat to the economic security of the region, which may emerge in the near future in a rapidly evolving technology of the modern world.

Repeatedly carried out for different sets of indicators assessments of our region in terms of its economic security as a whole give grounds for positive conclusions. However, the issue of a more active innovative development of the region is quite acute. If the situation of the least satisfactory areas of innovation, especially – its effectiveness and engagement in the human potential is not corrected, the region could lose its favorable positions on many other issues concerning its development in the near future.

ЛИТЕРАТУРА

1 Глазьев С.Ю. О политике опережающего развития в условиях смены технологических укладов // Вестник РАЕН. 2013. № 1. С. 29–35.

2 Запорожцева Л.А., Сабетова Т.В. Формирование стратегии устойчивого развития коммерческих организаций // Вестник ВГУИТ. 2016. № 2 (68). С. 350–355.

3 Volkova M.A., Solomatina E.D., Shabutskaya N.V., Sabetova T.V. et al. History of Views on Audit of Commercial Structures Management Quality // Contributions to Economics. 2017. № 9783319454610. P. 81–90.

4 Slinkova N.V., Volkova A.G., Sabetova T.V. Risks Of The Territorial Development Strategy Of The Agrarian Oriented Municipality // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2017. V. 65. № 5. P. 60–66.

5 Thompson A.A., Strinkland A.J. Strategic management: concepts and cases for analysis. Moscow, Williams, 2007.

6 Шамин А.Е., Смирнов А.Н., Касимова Ж.В., Кирилов М.Н. Роль вуза, субъекта российской федерации, в развитии региональной экономики // Вестник НГИЭИ. 2018. № 8 (87). С. 114–129.

7 Маслов Н.С., Завиваев Н.С., Проскура Н.В., Кондратьева Н.Н. Развитие телекоммуникационных услуг как базис для перехода к цифровой экономике // Вестник НГИЭИ. 2018. № 12 (91). С. 87–96.

8 Altonji J., Smith A., Vidangos I. Modeling earnings dynamics // Econometrica. 2013. V. 81 (4). P. 395–454.

9 Мухлынина А.А. Экономическая безопасность в регионах // Экономика и социум. 2017. № 2 (33). С. 721–725.

10 Шох М.А., Елфимов О.М., Рудаков С.А. Дифференциация инновационного развития регионов и ее влияние на экономическую безопасность государства // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. 2018. № 4 (56). С. 6.

REFERENCES

1 Glaziev S.Yu. Concerning the policy of priroty development under the terms of the technological paradigm changes. *Vestnik RAEN* [Bulletin of RAEN]. 2013. no. 1. pp. 29–35. (in Russian).

2 Zaporozhtseva L.A., Sabetova T.V. Formation of sustainable development strategy for commercial organizations. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2016. no. 2 (68). pp. 350–355. (in Russian).

3 Volkova M.A., Solomatina E.D., Shabutskaya N.V., Sabetova T.V. et al. History of Views on Audit of Commercial Structures Management Quality. Contributions to Economics. 2017. no. 9783319454610. pp. 81–90.

4 Slinkova N.V., Volkova A.G., Sabetova T.V. Risks Of The Territorial Development Strategy Of The Agrarian Oriented Municipality. Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2017. vol. 65. no. 5. pp. 60–66.

5 Thompson A.A., Strinkland A.J. Strategic management: concepts and cases for analysis. Moscow, Williams, 2007.

6 Shamin A.E., Smirnov A.N., Kasimova Zh.V., Kirilov M.N. The role of the university, the subject of the Russian Federation, in the development of the regional economy. *Vestnik NGIEI* [Herald NGIEI]. 2018. no. 8 (87). pp. 114–129. (in Russian).

7 Maslov N.S., Zavivaev N.S., Proskura N.V., Kondratieva N.N. The development of telecommunication services as a basis for the transition to a digital economy. *Vestnik NGIEI* [Herald NGIEI]. 2018. no. 12 (91). pp. 87–96. (in Russian).

8 Altonji J., Smith A., Vidangos I. Modeling earnings dynamics. Econometrica. 2013. vol. 81 (4). pp. 395–454.

9 Mukhlynina A.A. Economic security in the regions. *Ekonomika i sotsium* [Economy and society]. 2017. no. 2 (33). pp. 721–725. (in Russian).

10 Shokh M.A., Yelfimov O.M., Rudakov S.A. Differentiation of innovative development of regions and its impact on the economic security of the state. *Regional'naya ekonomika i upravleniye: elektronnyy nauchnyy zhurnal* [Regional Economics and Management: an electronic scientific journal]. 2018. no. 4 (56). pp. 6. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Юлия В. Наролина д.э.н., профессор, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, narolinajv@yandex.ru

Татьяна В. Сабетова к.э.н., доцент, кафедра управления и маркетинга в АПК, Воронежский ГАУ, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, tsabetova@mail.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Julia V. Narolina Dr. Sci. (Econ.), professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, narolinajv@yandex.ru

Tatiana V. Sabetova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, management and marketing in agro-industrial complex department, Voronezh state agricultural university, Michurina str. 1, Voronezh, 394087, Russia, tsabetova@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

CONTRIBUTION

Authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

ПОСТУПИЛА 10.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.02.2019

RECEIVED 1.10.2019

ACCEPTED 2.18.2019

Краткое сообщение/Short message

УДК 360

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-464-469

Оценка качества хлебобулочных изделий с применением статистических методов анализа

Ольга П. Дворянинова [1] olga-dvor@yandex.ru
Анастасия В. Алехина [1] alehinanastya@inbox.ru
Инна С. Косенко [1] inullya@mail.ru
Анастасия С. Евстратова [1] sunny.pesotskaya@mail.ru

[1] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. В данной работе рассматривается роль профессиональных стандартов, система требований производства к составу рабочих профессий и их компетенциям, проблемам обеспечения производства квалифицированными рабочими кадрами. Особое внимание уделено способу определения основных факторов, влияющих на изменение показателей качества готового продукта, а также определение способов оптимизации данных показателей качества. В статье так же описывается проблемы формирования целостной системы обеспечения устойчивого социально-экономического развития. Создание конструктивных механизмов взаимодействия сферы труда и сферы образования, повышающих эффективность и снижающих издержки. Изучены профессиональные стандарты, устанавливающие требования к знаниям, умениям, определяющие необходимые компетенции для выполнения определенной работы или профессиональных обязанностей, рассматриваются в настоящее время как один из инструментов, позволяющий создать устойчивое и эффективное взаимодействие сферы труда и сферы образования, обеспечить рациональное использование людских ресурсов. С помощью статистических методов точности и стабильности протекания процесса, были оценены основные показатели качества батона «Никитинский» такие, как влажность мякиша, кислотность, массовая доля сахара и массовая доля жира. Было выявлено, что не все значения выбранных показателей подчиняются нормальному закону распределения, кроме показателя кислотности готового батона была рассчитана вероятностная доля брака по данному показателю качества. С целью повышения эффективности деятельности предприятия, качества работ, услуг и процессов разработка и внедрение профессионального стандарта для специалиста по контролю качества хлебобулочных изделий играет важную роль, так как профессиональный стандарт, является главным шагом на пути становления эффективной системы управления кадровым потенциалом на современном предприятии.

Ключевые слова: профессиональный стандарт, квалификация работника, статистическая оценка

Quality evaluation of bakery products with application of statistical methods of analysis

Olga P. Dvoryaninova [1] olga-dvor@yandex.ru
Anastasiya V. Alekhina [1] alehinanastya@inbox.ru
Inna S. Kosenko [1] inullya@mail.ru
Anastasiya S. Evstratova [1] sunny.pesotskaya@mail.ru

[1] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. In this work the role of professional standards, the system of requirements of production to structure of working professions and to their competences, problems of ensuring production by skilled workers with shots is considered. Special attention is paid to a way of definition of the major factors influencing change of indicators of quality of a ready-made product and also definition of ways of optimization of these indicators of quality. In article it is also described problems of formation of a complete system of ensuring sustainable social and economic development. Creation of constructive mechanisms of interaction of the sphere of work and the education increasing efficiency and reducing expenses. The professional standards establishing the requirements to knowledge, abilities defining necessary competences for performance of a certain work or professional duties are studied are considered as one of tools allowing to create steady and effective interaction of the sphere of work and education, to provide rational use of human resources now. By means of statistical methods of accuracy and stability of course of process, key indicators of quality of Nikitinsky long loaf such as humidity of a crumb, acidity, mass fraction of sugar and mass fraction of fat were estimated. It was revealed that not all values of the chosen indicators submit to the normal law of distribution, except an indicator of acidity of ready long loaf the probabilistic share of marriage was calculated by this indicator of quality. For the purpose of increase in efficiency of activity of the enterprise, quality of works, services and processes development and deployment of the professional standard for the specialist in quality control of bakery products plays an important role as the professional standard, is the main step on the way of formation of an effective control system of personnel potential at the modern enterprise.

Keywords: professional standard, skilled workforce

Для цитирования

Дворянинова О.П., Алехина А.В., Косенко И.С., Евстратова А.С. Оценка качества хлебобулочных изделий с применением статистических методов анализа //Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 464–469. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-464-469

For citation

Dvoryaninova O.P., Alekhina A.V., Kosenko I.S., Evstratova A.S. Quality evaluation of bakery products with application of statistical methods of analysis. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 464–469. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-464-469

Введение

Современное развитие технологий значительно опережает существующую систему требований производства к составу рабочих профессий, их компетенциям, не обеспечивая своевременную трансляцию в систему образования.

К проблемам относятся: ускорение темпов обновления средств производства, что приводит к быстрому «устареванию» полученных профессиональных компетенций и требует их постоянного обновления; усиление миграционных процессов, в результате чего в развитых странах увеличивается доля населения с низким уровнем квалификации, усиливается социальное расслоение общества и его дестабилизация.

Решение данных проблем возможно путем формирования целостной системы обеспечения устойчивого социально-экономического развития. Создание конструктивных механизмов взаимодействия сферы труда и сферы образования, повышающих эффективность и снижающих издержки (временные, финансовые, человеческие и др.) процесса подготовки и использования профессиональных кадров, является одним из элементов такой системы.

Профессиональные стандарты, устанавливающие требования к знаниям, умениям, определяющие необходимые компетенции для выполнения определенной работы или профессиональных обязанностей, рассматриваются в настоящее время как один из инструментов, позволяющих создать устойчивое и эффективное взаимодействие сферы труда и сферы образования, обеспечить рациональное использование людских ресурсов.

Актуальность работы обусловлена следующими нормативно-правовыми актами:

– Федеральный закон от 02.05.2015 № 122-ФЗ «О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации и статьи 11 и 73 Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации», который вводит в ТК РФ несколько новых статей, в том числе ст. 195.3, которая регулирует порядок применения профессиональных стандартов;

– Федеральный закон от 03.12.2012 № 236-ФЗ «О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации и статью 1 Федерального закона «О техническом регулировании»;

– Приказ Минтруда России от 12.04.2013 № 148н «Об утверждении уровней квалификаций в целях подготовки профессиональных стандартов»;

– Приказ Минтруда России от 12.04.2013 № 147н «Об утверждении макета профессионального стандарта»;

– Постановление Правительства Российской Федерации от 27.06.2016 № 584 «Об особенностях применения профессиональных стандартов в части требований, обязательных для применения государственными внебюджетными фондами Российской Федерации, государственными или муниципальными учреждениями…»;

– Письмо от 04.04.2016 № 14-0/10/В-2253 «Информация Минтруда и соцзащиты РФ по вопросам применения профессиональных стандартов».

Цель работы– определение основных факторов, влияющих на изменение показателей влажности, кислотности, массовой доли сахара, массовой доли жира готового продукта, а также определение способов оптимизации данных показателей качества, а также разработка проекта профессионального стандарта для специалиста по управлению качеством хлебобулочных изделий.

Основные задачи работы:

1. Улучшение качества выпускаемой продукции, достижение ее конкурентоспособности среди других видов производимых изделий других предприятий.
2. Раскрытие необходимых для выполнения работником трудовых функций, знаний и умений.
3. Учет требований к работникам в системе подготовки кадров.
4. Влияние на производительность труда.
5. Конкурентоспособность предприятия в условиях рыночной экономики и работников на рынке труда [1, 2, 6].

Объекты и методы

Основные функции профессиональных стандартов заключаются в следующем:

– структуризация профессиональной деятельности работника, описание требований к трудовым функциям и качеству их выполнения, исключение дублирования функций по должностям;

– работникам предоставляется возможность определить свой профессиональный уровень и развить профессиональные компетенции, повысить квалификационный уровень и подтвердить его сертификатом, получить основу для дальнейшего профессионального роста;

– система профессионального образования в виде стандартов получает содержательную основу для обновления образовательных стандартов, разработки учебных программ, модулей и учебно-методических материалов;

– работодатели получают критерии для оценки персонала с целью повышения качества труда и эффективности работников за счет развития их компетенций, освоения требуемых квалификаций, активизации их мотивации, следовательно, для достижения высоких экономических результатов;

– повышение качества труда и эффективности работников, развитие их компетенций, освоение требуемых показателей;

– контроль профессионализма работников, поддержание и улучшение отраслевых стандартов качества и т. д.

Для анализа качества выпускаемой продукции была проведена статистическая оценка качества на примере батона «Никитинский», производимого на АО «Хлебозавод № 7». Основными его показателями качества являются: влажность, кислотность, пористость, внешний вид, вкус и запах, массовая доля сахара и массовая доля жира [5,7,8,9].

Результаты и обсуждение

Внешний вид, вкус и запах данного изделия должны соответствовать требованиям ГОСТ 24557-89, и указаны в таблице 1.

Таблица 1.
Органолептические показатели качества батона «Никитинский»

Table 1.
Organoleptic indicators of the quality of the baton "Nikitinskiy»

Наименование показателя | Name of an indicator	Характеристика | Characteristic
Внешний вид: форма; цвет | Appearance: form; color	Не расплывчатая, без притисков. От светло- до темно-коричневого. В местах надрезов, складок, соединения шариков – более светлый. Not indistinct, without pritisk. From light to dark brown. In places of cuts, folds, connections of balls – lighter.
Вкус | Taste	Сдобный, свойственный данному виду изделий, без постороннего привкуса. Rich, peculiar to this type of products, without foreign smack.
Запах | Smell	Свойственный данному виду изделий, без постороннего запаха. В начинке ватрушек сдобных с творогом – с легким запахом ванилина Peculiar to this type of products, without foreign smell. In a stuffing of cheesecakes rich with cottage cheese – with a light smell of vanillin

С помощью гистограмм нормального распределения, были оценены основные показатели качества батона «Никитинский» такие, как влажность мякиша, кислотность, массовая доля сахара и массовая доля жира. Было выявлено, что не все значения выбранных показателей подчиняются нормальному закону распределения, кроме показателя кислотности готового батона (рисунок 1). Была рассчитана вероятностная доля брака по данному показателю качества, которая составила более 50% от общего числа продукции. [11–13].

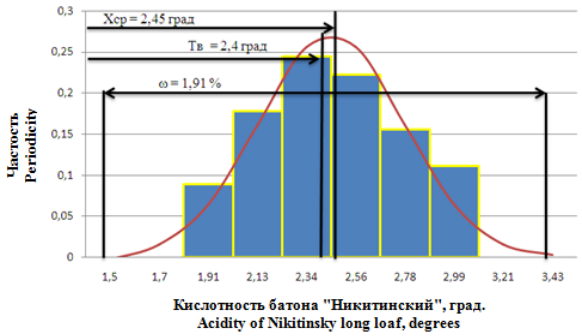


Рисунок 1. Гистограмма нормального распределения показателя кислотности

Figure1. The histogram of the normal distribution pH

С помощью карт Шухарта для количественных данных определили, что процесс производства батона «Никитинский» находится в статистически неустойчивом состоянии, и на него действует комплекс внутренних и внешних причин (рисунок 2).

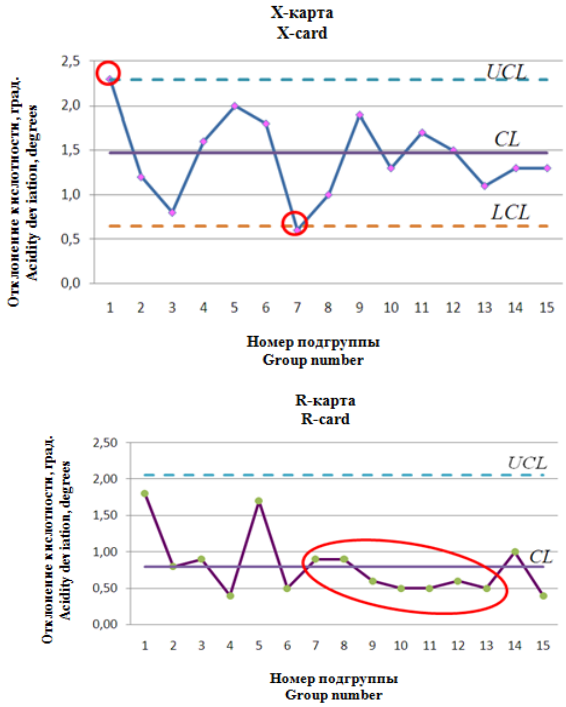


Рисунок 2. Контрольные карты ($\bar{X}$-R) для показателя кислотности

Figure2. Control charts (X-R) for acidity

Для поиска причин возникновения дефекта по показателю кислотности, была построена причинно-следственная диаграмма Исикавы (рисунок 3), благодаря которой было выявлено влияние причин на всех уровнях технологического процесса [3, 4].

Основные причины отклонения показателя кислотности определили с помощью диаграммы Парето (рисунок 4).

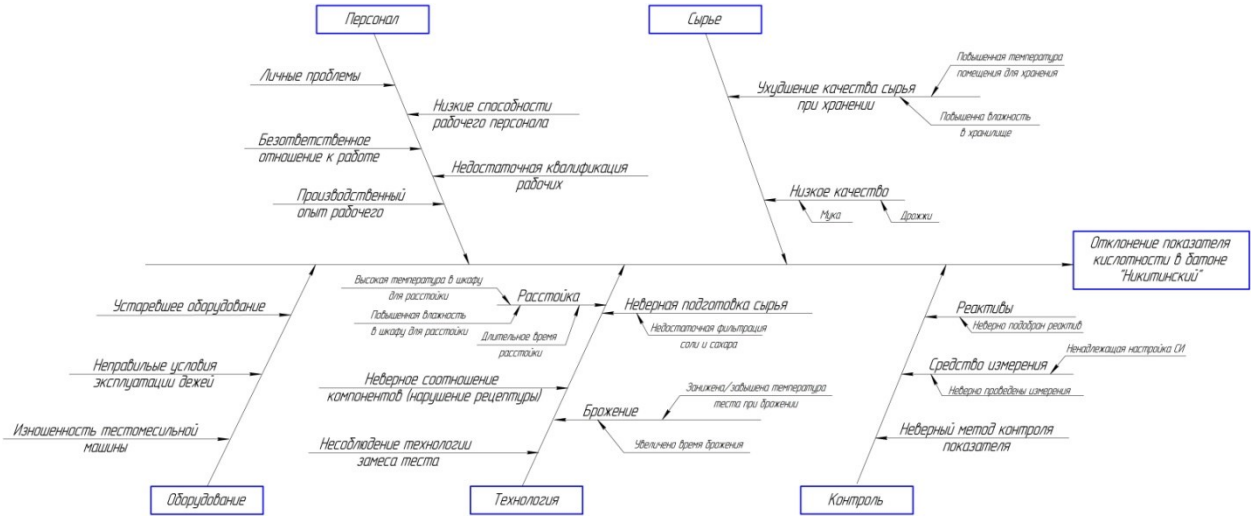


Рисунок 3. Причинно-следственная диаграмма Исикавы

Figure3. Ishikawa cause and effect diagram

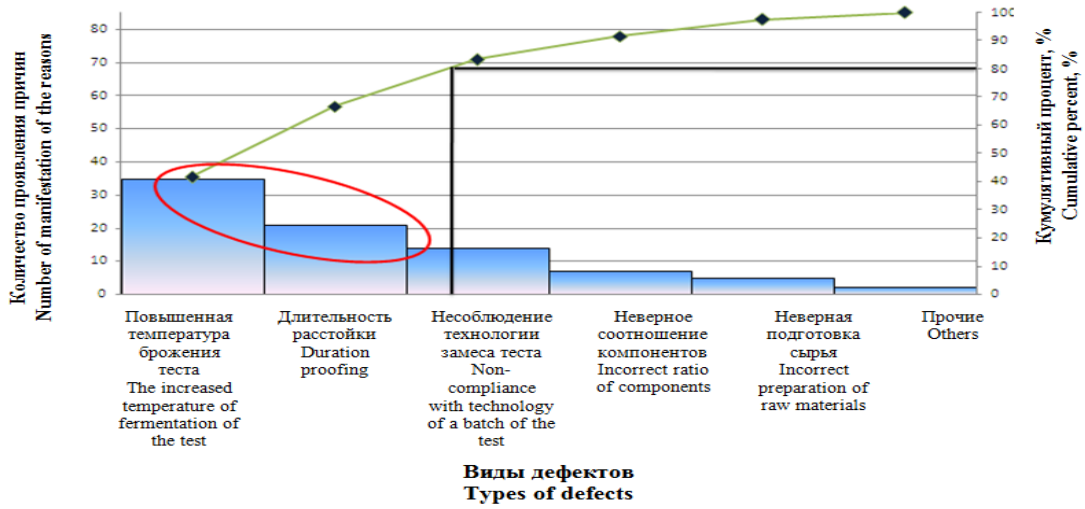


Рисунок 4. Диаграмма Парето по причинам возникновения отклонения показателя кислотности

Figure4. Pareto chart for causes of deviations in pH

Применили правило 80/20, которое означает, что 80% всех дефектов возникает вследствие 20% вызывающих их причин. Такими причинами являются: несоблюдение температуры брожения теста, длительность процесса расстойки теста и несоблюдении технологии замеса теста [14–17].

Наиболее значимая причина появления дефекта – повышенная температура брожения теста. С помощью диаграммы рассеяния (рисунок 5) оценили взаимосвязь между отклонением показателя кислотности и температурой брожения теста.

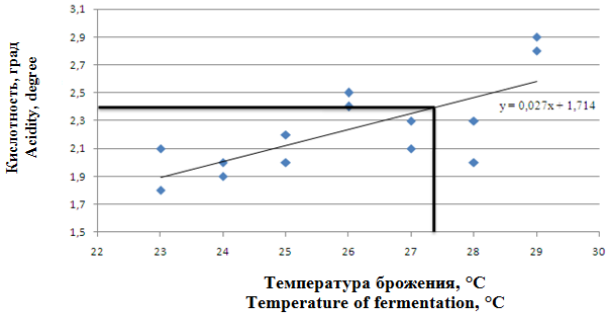


Рисунок 5. Диаграмма рассеяния

Figure5. Scatterplot

Анализируя статистическую оценку качества выпускаемой продукции, можно сделать вывод, что качество продукции, изготавливаемой на АО «Хлебозавод № 7» напрямую зависит от специалиста, контролируемого процесс производства изделий.

Поэтому было принято решение о разработке и внедрении профессионального стандарта для специалиста по контролю качества хлебобулочных изделий на предприятие АО «Хлебозавод № 7». Данный профессиональный стандарт сможет отразить минимально необходимые требования к профессии с учетом обеспечения качества, продуктивности и безопасности выполняемых работ [7–10].

Заключение

В повышении эффективности деятельности предприятия, качества работ, услуг и процессов разработка и внедрение профессионального стандарта для специалиста по контролю качества хлебобулочных изделий играет важную роль, так как профессиональный стандарт – это первый и самый главный шаг на пути становления эффективной системы управления кадровым потенциалом на современном предприятии.

ЛИТЕРАТУРА

1 Шевчук Д. Управление качеством. Гросс Медиа, РОСБУХ, 2008. URL; http://mexalib.com/view/359768

2 Австриевских А.Н., Кантере В.М., Сурков И.В. Управление качеством на предприятиях пищевой и перерабатывающей промышленности: учебник. Новосибирск, 2007. 268 с.

3 Назина Л.И., Попов Г.В., Кульнева Н.Г. Статистические методы контроля и управления качеством: курсовое проектирование. Воронеж: ВГУИТ, 2015. 56 с.

4 Профессиональные стандарты Высшего профессионального образования. URL: http://integross.net/professionalnye-standarty-vysshego-professionalnogo-obrazovaniya/

5 Кампанелла Дж. Экономика качества. Основные принципы и их применение: пер. с англ. А. Раскина; на-уч. ред. А.Ю. Адлер и С.Е. Щепетова. М.: РИА «Стандарты и качество», 2012. 232 с.

6 Федюкин В.И. Квалиметрия. Измерение качества промышленной продукции: учебное пособие. М.: КНОРУС, 2015. 316 с.

7 Белобрагин В. Я. Качество. Введение в науку об управлении качеством: учеб.пособие. М.: РИА «Стандарты и качество», 2013. 467 с.

8 Савченко Н.О., Клейменова Н.Л., Игуменова Т.И. Анализ удовлетворенности потребителей при создании полимерного материала на основе наноматериала с использованием метода структурирования функции качества // Международный студенческий вестник. 2015. № 3–3. С. 343–344.

9 Хакимов Р.М., Гильванова Д.М. Управление качеством на основе структурирования функции качества QFD // Экономика и управление: анализ тенденций и преспектива развития. 2013. № 9. С. 122-125.

10 Магомедов Ш.Ш., Беспалова Г.Е. Управление качеством продукции. М.: Изд-во АГРАФ, 2014. 260 с.

11 Le Bail A., Tzia C., Giannou V. Quality and safety of frozen bakery products // Handbook of Frozen Food Processing and Packaging. CRC Press, 2016. P. 518–545.

12 Litvinova T., Morozova I., Yatsechko S. Experiential Marketing as a Tool of Improvement of Competitiveness of Enterprises in the Market of Bread and Bakery Products // Mediterranean Journal of Social Sciences. 2015. V. 6. № 3 S6. P. 11.

13 Worley C.G. et al. Becoming agile: How the SEAM approach to management builds adaptability. John Wiley & Sons, 2015.

14 Popa N.C. et al. The quality statistical evaluation of bakery functional products from different cereals flours mixtures, with a high content of β-glucans // Scientific Papers: Management, Economic Engineering in Agriculture & Rural Development. 2017. V. 17. № 3.

15 Molotto L.A. et al. Statistical analysis of wheat under different seed treatments: development of a discriminative model based on physicochemical and rheological properties // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2018. V. 98. № 8. P. 3084–3088.

16 Strachotova D., Kutnohorska O., Sudzina F. Analysis of bread consumption // 27th International Scientific Conference Agrarian Perspectives XXVII. Czech University of Life Sciences Prague, 2018. P. 359–366.

17 Trisch R. et al. Development of qualimetric approaches to the processes of quality management system at enterprises according to international standards of the ISO 9000 series // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2016. № 4 (3). P. 18–24.

18 Волков И.В., Груздева В.В. Некоторые подходы к созданию интегрированых агропромышленных формирований в Нижегородской области // Вестник НГИЭИ. 2017. № 7 (74). С. 90–99.

REFERENCES

1 Shevchuk D. Upravleniye kachestvom [Quality Management]. GrossMedia, ROSBUKH, 2008. Available at: http://mexalib.com/view/359768 (in Russian).

2 Austrian A.N., Kantere V.M., Surkov I.V. Upravleniye kachestvom na predpriyatiyakh pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti [Quality management at the enterprises of the food and processing industry: a textbook]. Novosibirsk, 2007. 268 p. (in Russian).

3 Nazina L.I., Popov G.V., Kulneva N.G. Statisticheskiye metody kontrolya i upravleniya kachestvom: kursovoye proyektirovaniye [Statistical methods of quality control and control: course design]. Voronezh: VSUET, 2015. 56 p. (in Russian).

4 Professional'nyye standarty vysshego professional'nogo obrazovaniya [Professional standards of higher vocational education]. Available at: http://integross.net/professionalnye-standarty-vysshego-professionalnogo-obrazovaniya/ (in Russian).

5 Campanella J. Ekonomika kachestva. Osnovnyye printsipy i ikh primeneniye [Economy of quality. The basic principles and their application]. Moscow, RIA “Standarty i kachestvo”, 2012. 232 p. (in Russian).

6 Fedyukin V.I. Kvalimetriya. Izmereniye kachestva promyshlennoy produktsii [Qualimetry. Measuring the quality of industrial products: a training manual]. Moscow, KNORUS, 2015. 316 p. (in Russian).

7 Belobragin V.Ya. Kachestvo. Vvedeniye v nauku ob upravlenii kachestvom [Quality. Introduction to the science of quality management: study guide]. Moscow, RIA "Standarty i kachestvo", 2013. 467 p. (in Russian).

8 Savchenko N.O., Kleimenova N.L., Igumenova T.I. Analysis of customer satisfaction when creating a polymer material based on nanomaterial using the method of structuring the quality function. *Mezhdunarodnyy studencheskiy vestnik* [International Student Gazette]. 2015. no. 3–3. pp. 343–344. (in Russian).

9 Khakimov R.M., Gilvanova D.M. Quality management based on the structuring of the quality function QFD. *Ekonomika i upravleniye: analiz tendentsiy i prespektiva razvitiya* [Economics and Management: analysis of trends and development prospects]. 2013. no. 9. pp. 122–125. (in Russian).

10 Magomedov Sh.Sh., Bespalova G.E. Upravleniye kachestvom produktsii [Product quality management]. Moscow, Publishing house AGRAF, 2014. 260 p. (in Russian).

11 Le Bail A., Tzia C., Giannou V. Quality and safety of frozen bakery products. Handbook of Frozen Food Processing and Packaging. CRC Press, 2016. pp. 518–545.

12 Litvinova T., Morozova I., Yatsechko S. Experiential Marketing as a Tool of Improvement of Competitiveness of Enterprises in the Market of Bread and Bakery Products. Mediterranean Journal of Social Sciences. 2015. vol. 6. no. 3 S6. pp. 11.

13 Worley C.G. et al. Becoming agile: How the SEAM approach to management builds adaptability. John Wiley & Sons, 2015.

14 Popa N.C. et al. The quality statistical evaluation of bakery functional products from different cereals flours mixtures, with a high content of β-glucans. Scientific Papers: Management, Economic Engineering in Agriculture & Rural Development. 2017. vol. 17. no. 3.

15 Molotto L.A. et al. Statistical analysis of wheat under different seed treatments: development of a discriminative model based on physicochemical and rheological properties. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2018. vol. 98. no. 8. pp. 3084–3088.

16 Strachotova D., Kutnohorska O., Sudzina F. Analysis of bread consumption. 27th International Scientific Conference Agrarian Perspectives XXVII. Czech University of Life Sciences Prague, 2018. pp. 359–366.

17 Trisch R. et al. Development of qualimetric approaches to the processes of quality management system at enterprises according to international standards of the ISO 9000 series. *Vostochno-Yevropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy* [East European Journal of Advanced Technology]. 2016. no. 4 (3). pp. 18–24.

18 Volkov I.V., Gruzdeva V.V. Some approaches to the creation of integrated agro-industrial formations in the Nizhny Novgorod region. *Vestnik NGIEI* [Herald NGIEI]. 2017. no. 7 (74). pp. 90–99. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ольга П. Дворянинова д.т.н., профессор, кафедра управления качеством и технологии водных биоресурсов, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, olga-dvor@yandex.ru

Анастасия В. Алехина должность, кафедра управления качеством и технологии водных биоресурсов, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, alehinanastya@inbox.ru

Инна С. Косенко к.т.н., доцент, кафедра управления качеством и технологии водных биоресурсов, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, inullya@mail.ru

Анастасия С. Евстратова студент, кафедра управления качеством и технологии водных биоресурсов, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, sunny.pesotskaya@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 28.11.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 04.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Olga P. Dvoryaninova Dr. Sci. (Engin.), professor, quality management and technology of aquatic bioresources department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, olga-dvor@yandex.ru

Anastasiya V. Alekhina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, quality management and technology of aquatic bioresources department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, alehinanastya@inbox.ru

Inna S. Kosenko Cand. Sci. (Engin.), associate professor, quality management and technology of aquatic bioresources department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, inullya@mail.ru

Anastasiya S. Evstratova student, quality management and technology of aquatic bioresources department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, sunny.pesotskaya@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 11.28.2018

ACCEPTED 2.4.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 334.73:631.172

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-470-479

Кооперативы в сфере энергообеспечения сельского хозяйства (с учетом зарубежного опыта)

Валентина М. Кручинина [1] vmk.market@vniiesh.ru
Светлана М. Рыжкова [1] smr.market@vniiesh.ru

[1] Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства, Хорошевское ш., 35/2, г. Москва, 123007 Россия

Аннотация. Цели в области устойчивого развития сферы энергообеспечения – это векторы всеобщего доступа к недорогой, устойчивой и современной энергии для всех. Задача настоящей работы заключается в изучении структуры мирового энергоснабжения, включая Россию, и роли энергетических кооперативов за рубежом в прошлом и настоящем по энергообеспечению сельского хозяйства и сельских территорий, и возможности применения их опыта в экономике России. При этом авторы использовали наблюдение, абстрагирование, анализ и синтез, а также диалектический и логический методы. Исследовав данные отечественных и зарубежных статистических институтов, авторы пришли к выводу, что не возобновляемые источники энергии составляют самую большую долю в мире. В дополнение к экономичному использованию и эффективному преобразованию ископаемого сырья фокус все больше смещается к употреблению возобновляемых источников энергии, сокращающих зависимость от нефти и газа, в частности в странах, где нет собственных запасов, и, следовательно, обеспечивающих устойчивое производство энергии. При этом глобальный энергетический переход на энергоносители, которые будут доступны всем, можно осуществить с помощью энергетических кооперативов. В России мощность объектов возобновляемой энергетики также постоянно растет. Особенность страны заключается в необходимости передачи энергии на большие расстояния при существенном износе передающих сетей, глубокой монополии рынка, и, следовательно, высоких тарифов для потребителей. Одним из способов решения проблем доступности недорогой энергии для сельского хозяйства авторы видят в создании энергетических кооперативов. В статье предложена примерная модель энергетического кооператива, дана их классификация. Результаты исследования помогут созданию конкуренции на энергетическом рынке, оптимизации бюджетов села и снижении затрат в процессе товародвижения сельскохозяйственной продукции конечному потребителю.

Ключевые слова: энергетические кооперативы, энергообеспечение, энергоэффективность, сельское хозяйство, товародвижение сельскохозяйственной продукции, возобновляемые источники энергии

Cooperatives in the field of energy supply of agriculture (taking into account international experience)

Valentina M. Kruchinina [1] vmk.market@vniiesh.ru
Svetlana M. Ryzhkova [1] smr.market@vniiesh.ru

[1] All-Russian Research Institute of Agricultural Economics, Khoroshevskoe h., 35/2, Moscow, 123007 Russia

Abstract. The sustainable energy goals are vectors for universal access to affordable, sustainable and modern energy for all. The aim of this work is to study the structure of the world energy supply, including Russia, and the role of energy cooperatives abroad in the past and present on energy supply to agriculture and rural areas, and the possibility of applying their experience in the Russian economy. The authors used observation, abstraction, analysis and synthesis, as well as dialectical and logical methods. Having studied the data of domestic and foreign statistical institutes, the authors came to the conclusion that non-renewable energy sources make up the largest share in the world. In addition to the economical use and efficient conversion of fossil raw materials, the focus is increasingly shifting to the use of renewable energy sources that reduce dependence on oil and gas, in particular in countries that do not have their own reserves, and therefore ensure sustainable energy production. At the same time, the global energy transition to energy resources, which will be available to all, can be carried out with the help of energy cooperatives. In Russia, the capacity of renewable energy facilities is also constantly growing. The peculiarity of the country is the need to transfer energy over long distances with significant wear of transmission networks, a deep monopoly of the market, and, consequently, high tariffs for consumers. One of the ways to solve the problems of affordable energy availability for agriculture, the authors see the creation of energy cooperatives. In the article the approximate model of energy cooperative is offered, their classification is given. The results of the study will help to create competition in the energy market, optimize the budgets of the village and reduce costs in the process of commodity circulation of agricultural products to the final consumer.

Keywords: energy cooperatives, energy supply, energy efficiency, agriculture, commodity circulation of agricultural products, renewable energy sources

Введение

Экономический рост, демографические изменения, растущая урбанизация, развитие сельского хозяйства привели к стремительному росту затрат на энергию и нехватке природных ресурсов. На первый план выходит проблема энергоэффективности. Для преодоления экономических, энергетических, экологических и климатических вызовов в будущем необходимо уже сегодня существенно повысить эффективность как производства, так передачи и потребления энергии. Необходимо переосмыслить, как мы производим и используем энергию на планете, отвечая на вопрос: «Как будет покрываться глобальный спрос на энергию в будущем?». Ответ заключается в технологических инновациях, которые играют ключевую роль в увеличении эффективности выработки электроэнергии, ее передаче и потреблении, а также снижают

Для цитирования
Кручинина В.М., Рыжкова С.М. Кооперативы в сфере энергообеспечения сельского хозяйства (с учетом зарубежного опыта) // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 470–479. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-470-479

For citation
Kruchinina V.M., Ryzhkova S.M. Cooperatives in the field of energy supply of agriculture (taking into account international experience). *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 470–479. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-470-479

выбросы парниковых газов в атмосферу. Использование новейших изобретений в энергетике дает возможность более рационально применять ископаемое топливо с меньшим ущербом для климата и эффективно его расходовать. Чтобы покрыть растущий спрос на энергию, необходимо в ее производстве использовать экологически чистые источники, расширять применение возобновляемых при сокращении невозобновляемых. Например, все большее распространение получает использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ), в т. ч. ветра, воды и солнечной энергии.

Но особенностями энергетической отрасли являются разрыв по времени между производством и потреблением, а также несовпадение источников и потребителей, необходимость передачи на огромные расстояния и др. Поэтому отрасль с ее капиталоемкостью и длительными сроками окупаемости постоянно нуждается в притоке денежных средств, ждет значительных вложений в виде частных инвестиций и государственной помощи. В Европе эти проблемы давно решены, а вновь возникающие решаются с помощью энергетических кооперативов, большинство из которых расположены в сельской местности.

Цель работы – изучение структуры мирового энергоснабжения, включая Россию, и исследование роли энергетических кооперативов за рубежом в XX в. и в настоящее время по энергообеспечению сельского хозяйства и сельских территорий, возможность применения их опыта в экономике России.

Для наиболее эффективной реализации поставленной цели авторы использовали наблюдение и описание, абстрагирование, анализ и синтез, дедукцию и индукцию, а также диалектический и логический методы. В процессе работы по данной теме авторы критически проанализировали специальные статьи, монографии, отчеты различных международных организаций, данные отечественных и зарубежных статистических сборников, которые были размещены в электронном виде или в печатных периодических изданиях.

Результаты и обсуждение

Сегодня ископаемые источники энергии составляют самую большую долю мирового энергоснабжения. Так будет продолжаться в течение следующих нескольких десятилетий, по крайней мере, до середины XXI в. Однако в дополнение к экономичному использованию и эффективному преобразованию ископаемого сырья фокус все больше будет смещаться к употреблению ВИЭ для генерации электрической энергии, которые сокращают зависимость от ископаемого сырья, в частности в странах, где нет запасов собственного, и, следовательно, способны обеспечить устойчивое производство энергии. Возобновляемые источники энергии часто исходят из внутренних или местных материалов, которые встречаются практически везде. В развивающихся странах они могут играть важную роль в электрификации сельских районов, и таким образом стимулировать экономический рост.

Россия обладает значительными запасами природных ресурсов, добыча которых растет. За период 2013–2018 гг. добыча сырой нефти выросла на 6,2%, природного газа – на 8,6%, угля – на 23,6% (таблица 1). Она является крупным экспортером энергоресурсов. Так, в 2018 г. на внешние рынки реализовано 46,3% добытой сырой нефти, 43,8% угля и 33,8% природного газа.

Таблица 1.

Динамика добычи ископаемых энергетических ресурсов и продуктов их переработки в России

Table 1.

Dynamics of extraction of fossil energy resources and products of their processing in Russia

Показатели Indicators	Годы Years						2018 к 2017, %
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Добыча, в т. ч.: | Production, incl.:							
сырая нефть (с учетом конденсата), млн т crude oil (including condensate), mln t	523,2	526,7	533,6	547,3	546,7	555,8	101,7
природный газ, млрд м^3 | natural gas, bln m^3	667,8	641,9	635,5	640,2	691,1	725,2	104,9
уголь, млн т | coal, mln t	350,	357,2	371,7	383,8	407,9	432,7	106,1
Выработка электроэнергии, млрд Квт/ч Power generation, bln KW/h.	1045,0	1047,4	1049,9	1071,8	1073,1	1091,1	101,6
Производство тепловой энергии, млн Гкал Heat production, million Gcal	498,1	515,6	490,3	498,0	494,3	н/д	99,3[1]
Производство нефтепродуктов, млн т, в т. ч.: | Production of oil products, million tons, incl:							
автобензин | motor gasoline	38,7	38,3	39,2	39,9	39,2	39,4	100,5
дизтопливо | diesel fuel	71,9	77,3	76,0	76,3	76,9	78,2	101,7
топочный мазут | fuel oil	76,5	80,1	71,7	57,1	51,2	48,0	93,8
авиакеросин | aviation kerosene	10,2	10,9	9,7	н/д	н/д	н/д	-

[1] Примечание: 2017 г. к 2016 г. (Note: 2017–2016) Источник: составлена авторами по данным сайта Минэнерго [7] (Source: compiled by the authors according to the website of the Ministry of energy [7])

Среди мировых стран Россия занимает лидирующие позиции по добыче ископаемых энергоресурсов. Например, в 2017 г. наша страна занимала 3-е место следом за США (580 млн т) и Саудовской Аравией (560) по добыче нефти, 2-е место за США (762 млрд м^3) по газу, 4-е место за Китаем (3607 млн т), Индией (953 млн т) и США (649 млн т) по углю, а по производству нефтепродуктов – 3-е место после США (893 млн т) и Китая (564 млн т).

Однако по экспертным оценкам при существующих темпах добычи и экспорте нефти и нефтепродуктов истощение запасов начнется после 2025 г., а природного газа – после 2035 г. Поэтому необходимо осуществить реструктуризацию энергетических отраслей с целью максимального использования возобновляемых источников энергии. По данным Международного агентства по возобновляемой энергии (IRENA), Россия обладает значительным потенциалом развития источников возобновляемой энергии. В настоящее время гидро- и биоэнергетика являются основными отраслями ВИЭ, используемыми в стране. В 2010 г. доля возобновляемой энергии в общем объеме конечного энергопотребления России составила 3,6%, в том числе на гидроэнергетику и биоэнергетику приходилось соответственно 70 и 30% общего конечного энергопотребления возобновляемой энергии [10].

По состоянию на начало 2016 г. общая установленная мощность объектов возобновляемой энергии равнялась около 53,5 ГВт или 20% от общей установленной электрической мощности в России (253 ГВт). На гидроэнергетику падала практически вся установленная мощность – 51,5 ГВт, далее в объеме 1,35 ГВт следовала биоэнергетика. Установленные мощности солнечных и ветряных электростанций составили 460 и 111 МВт [10].

В 2017 г. доля энергетических ресурсов, производимых с использованием ВИЭ, в общем объеме энергетических ресурсов в России достигла 17%. Два региона – Сибирский и Дальневосточный федеральный округа – значительно опередили остальные. Доли выработки энергоресурсов с использованием ВИЭ в этих регионах в 1,5–4 раза были выше, чем в других производящих регионах. Так, в СФО эта доля равнялась 45,8%, а в ДФО – 33,4% против, например, 11,9% в СЗФО или 25,4% в СКФО (таблица 2). В период с 2013 по 2017 гг. росла и доля производства электрической энергии генерирующими объектами, функционирующими на основе использования ВИЭ, в совокупном объеме производства электроэнергии с 0,12 до 0,23%.

Таблица 2.

Доля энергетических ресурсов, производимых с использованием ВИЭ, в общем объеме энергетических ресурсов, %

Table 2.

The share of the energy resources produced from renewables in the total energy resources, %

Регионы | Regions	Годы | Years						2017 к 2016, п.п. 2017 to 2016, p.p
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Российская Федерация | Russian Federation	15,3	17,1	16,4	15,8	17,0	17,0	–
ЦФО | CFD	0,8	0,8	0,4	0,3	0,6	0,9	+0,3
СЗФО | NWFO	11,9	10,9	10,2	11,2	11,1	11,9	+0,8
ЮФО | SFD	22,5	23,0	20,4	18,7	18,3	20,9	+2,6
СКФО | NCFO	27,1	35,4	26,3	26,3	30,2	25,4	-4,8
ПФО | VFO	13,8	14,9	14,4	15,1	15,2	17,7	+2,5
УФО | UFO	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	+0,01
СФО | NFO	40,3	46,7	46,2	43,7	47,2	45,8	-1,6
ДФО | FEFO	34,8	37,7	35,5	30,5	35,9	33,4	-2,5

Источник: данные сайта Минэнерго [7] (Source: Ministry of energy website data [7])

К сожалению, в России государственная поддержка проектов ВИЭ недостаточна, тогда как в развитых странах она является обязательной строкой в бюджете. Поэтому и показатели России на порядки ниже чем, к примеру, в странах Европы. Россия по индексу RISE Всемирного банка в части благоприятности среды для поддержки ВИЭ находится в «желтой» зоне – 61 балл по шкале от 0 до 100 [15].

В 2017 г. на долю ВИЭ пришлось 13,9% валового внутреннего энергопотребления ЕС-28. Значение ВИЭ в валовом внутреннем потреблении было относительно высоким в Дании (32,8%) и Австрии (28,9%) и превышало треть внутреннего потребления в Латвии (42,5%), Швеции (41,2%), Финляндии (34,7%), а также в Норвегии (45,7%) (таблица 3).

В европейских странах для производства возобновляемой энергии используются древесина и другие виды биотоплива, энергия ветра, воды, солнца, а также термальные источники. В странах ЕС-28 количество производимой возобновляемой энергии увеличилось в целом на 64 в период с 2007 по 2017 гг., что эквивалентно среднему росту на 5,1% в год.

Наиболее важным источником среди ВИЭ была древесина и другие виды твердого биотоплива, на которые приходилось 42% производства первичных возобновляемых источников энергии в 2017 г. Ветроэнергетика впервые стала вторым по значимости источником энергии из возобновляемых источников (13,8% от общего объема), за которой последовала гидроэнергетика (11,4%). Хотя уровень их производства оставался относительно низким, особенно быстро росли объемы производства биогаза, жидкого биотоплива и солнечной энергии, на долю которых приходилось соответственно 7,4; 6,7 и 6,4% доли возобновляемой энергии ЕС-28, производимой в 2017 г. Тепло окружающей среды (улавливаемое тепловыми насосами) и геотермальная энергия составляли 5 и 3% от общего количества, в то время как количество возобновляемых отходов увеличилось до 4,4%. В настоящее время наблюдается очень низкий уровень производства энергии приливов, волн и океанов, причем эти технологии в основном используются во Франции и Великобритании [15].

Таблица 3.

Доля возобновляемых источников энергии в валовом внутреннем потреблении энергии за 2017 г., %

Table 3.

The share of renewable energy in gross domestic energy consumption for 2017, %

Страна | Country	Возобновляемая энергия Erneuerbare Energie		Другие виды энергии, кроме возобновляемой Other types of energy other than renewable				
	Всего Total	в т. ч. биотопливо и возобновляемые отходы[1] from which biofuels and renewable waste[1]	Гидро- Hydro-power	Ветра Wind energy	Солнца Solar power	Геотермальная Geo-thermal energy	Тепло окружающей среды (тепловые насосы) Heat environment (heat pumps)
ЕС-28 | EU-28	13,9	8,6	1,5	1,9	0,9	0,4	0,7
Бельгия | Belgium	7,2	5,5	0,0	1,0	0,5	0,0	0,1
Болгария | Bulgaria	10,3	6,9	1,3	0,7	0,8	0,2	0,5
Чехия | Czech	10,5	9,2	0,4	0,1	0,5	0,0	0,3
Дания | Denmark	32,8	24,0	0,0	7,0	0,7	0,0	1,2
Германия | Germany	13,3	8,2	0,5	2,8	1,3	0,1	0,3
Эстония | Estonia	18,4	17,3	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0
Ирландия | Ireland	9,0	4,1	0,4	4,4	0,1	0,0	0,1
Греция | Greece	12,0	4,9	1,4	2,0	2,5	0,0	1,2
Испания | Spain	13,0	5,6	1,2	3,2	2,6	0,0	0,4
Франция | France	10,4	6,4	1,7	0,8	0,4	0,2	0,9
Хорватия | Croatia	21,4	14,7	5,1	1,2	0,2	0,1	0,0
Италия | Italy	18,1	8,6	2,0	1,0	1,4	3,4	1,7
Кипр | Cyprus	6,5	2,4	0,0	0,7	3,3	0,1	0,0
Латвия | Latvia	42,5	33,9	8,3	0,3	0,0	0,0	0,0
Литва | Lithuania	21,2	18,8	0,7	1,6	0,1	0,0	0,0
Люксембург | Luxembourg	6,3	5,3	0,2	0,5	0,3	0,0	0,1
Венгрия | Hungary	11,1	10,0	0,1	0,2	0,2	0,5	0,0
Мальта | Malta	5,3	1,5	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0
Нидерланды | Netherlands	5,5	3,7	0,0	1,2	0,3	0,1	0,2
Австрия | Austria	28,9	16,1	9,6	1,6	0,8	0,1	0,7
ПольшаPoland	8,5	6,9	0,2	1,2	0,1	0,0	0,1
Португалия | Portugal	20,1	12,1	2,1	4,4	0,7	0,8	0,0
Румыния | Romania	18,1	11,8	3,7	1,9	0,5	0,1	0,0
Словения | Slovenia	15,9	9,8	4,9	0,0	0,5	0,7	0,0
Словакия | Slovakia	9,2	6,7	2,2	0,0	0,3	0,0	0,0
Финляндия | Finland	34,7	28,1	3,7	1,2	0,0	0,0	1,6
Швеция | Sweden	41,2	23,7	11,1	3,0	0,1	0,0	3,3
Великобритания | Great-Britain	9,8	6,0	0,3	2,3	0,6	0,0	0,6
Норвегия | Norway	45,7	4,6	40,3	0,8	0,0	0,0	3,3
Черногория | Montenegro	26,7	17,4	8,5	0,8	0,0	0,0	0,6
Македония | Macedonia	12,5	8,4	3,5	0,3	0,1	0,2	0,0
Албания | Albania	26,9	10,2	16,2	0,0	0,6	0,0	0,0
Сербия | Serbia	12,0	6,9	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ТурцияTurkey	11,8	2,0	3,3	1,0	0,7	4,8	0,0
Грузия | Georgia	24,2	7,4	16,2	0,2	0,1	0,4	0,0

Примечание: [1] Категория «Биотопливо и возобновляемые отходы» включает древесное и твердое биотопливо, жидкое биотопливо, биогаз и возобновляемые отходы (Note: [1] The category "Biofuels and renewable wastes" includes wood and solid biofuels, liquid biofuels, biogas and renewable wastes)
Источник: Eurostat [15] (Source: Eurostat [15])

ЕС стремится к 20%-ной доле валового конечного потребления энергии из возобновляемых источников к 2020 г. Эта цель распределяется между государствами-членами ЕС с национальными планами действий, предназначенными для определения пути развития ВИЭ в каждой из стран-членов. Доля возобновляемых источников энергии в валовом конечном потреблении энергии составила 17,5% в ЕС-28 в 2017 г. по сравнению с 8,5% в 2004 г. Эти планы вызваны юридически обязательными целями по увеличению доли энергии из возобновляемых источников, принятыми в соответствии с Директивой 2009/28/ЕС о содействии использованию энергии из возобновляемых источников.

В 2015 г. ООН приняла «Цели в области устойчивого развития» (ЦУР), где целью 7 предусмотрен всеобщий доступ к недорогой, устойчивой и современной энергии для всех. Однако сегодня 1,3 млрд человек по-прежнему не имеют доступа к электричеству, а 2,7 млрд человек не обеспечены современной энергией для приготовления пищи [17]. Глобальный энергетический переход на энергоносители, которые будут доступны всем, можно осуществить с помощью энергетических кооперативов. Несмотря на то что устойчивое развитие и кооперативное движение родились из разных побуждений, цели у них едины: примирить экономические, социальные и экологические потребности, будь то потребности местного сообщества или потребности всего мира. Поэтому кооперативы идеально подходят для развития «зеленой экономики».

Как организации, основанные на членах, кооперативы призваны помочь им удовлетворить их экономические и социальные потребности, которые часто зависят от наличия природных ресурсов и здоровой природной среды. Как демократические организации они поощряют равенство и личное участие. Как экономические субъекты кооперативы предоставляют своим членам коммерческие услуги, которые в контексте «зеленой экономики» и ВИЭ могут быть получены из возможностей в новых зеленых секторах. Как местные институты они отражают озабоченность сообществ по поводу социальной справедливости и окружающей среды. Как организации, действующие в соответствии с принципами и ценностями, включающими социальную ответственность и заботу о своих общинах, они стремятся служить своим членам не только с экономической точки зрения, но и учитывать экологические, социальные и культурные выгоды [1]. Таким образом, кооперативы побуждают людей придерживаться долгосрочной перспективы, создавая основу для сотрудничества, которая выходит за рамки индивидуальных интересов [4].

Кооперативы устойчивы к кризисным явлениям, что делает их стабильными с точки зрения «продолжительности жизни». Многие их них имеют давнюю историю, что свидетельствует о гибкости и адаптации к новым реалиям рынка и окружающей среды [3]. В современном мире кооперативы предлагают интересную бизнес-модель, помогающую при необходимости преодолеть нехватку институтов и политики, а также недостаток предприятий, организаций и человеческого потенциала [5]. Сегодня они выступают компонентом рыночных структур и альтернативой крупному частном бизнесу и государственному сектору [2]. Благодаря кооперативам бедные селяне получили возможность использовать современную возобновляемую энергию, фактически организуя и оплачивая самостоятельно ВИЭ.

Например, в США в 30-х гг. XX в. именно энергетические кооперативы позволили сельским домохозяйствам получить доступ к электричеству, когда электросети охватывали только крупные города, а сельские домохозяйства не имели доступа к формирующимся центральным системам. Поставщики электротехнических услуг игнорировали сельский рынок из-за высоких затрат на строительство сетей и длительного срока получения прибыли. Неспособность рынка поставлять доступную электроэнергию в сельскую местность привела к тому, что указом Президента США № 7037 11.05.1935 г. было создано Управление по электрификации сельских районов (REA), которое признало кооперативы как одну из моделей, способствующих электрификации села. Примером послужил сельский электрический кооператив, который обслуживал территорию вокруг г. Тупело, штат Миссисипи, на экспериментальной основе и успешно развивался.

Как и другим организациям, кооперативам для строительства инфраструктуры электроснабжения в сельских районах REA предоставляло субсидированные кредиты с низкой процентной ставкой (после 1944 г. – 2%) и сроком погашения в 25 лет. Дешевое финансирование стимулировало быстрое развитие энергетических кооперативов. Кооперативы могут быть освобождены от федерального налога, но для этого они должны получать 85% своих доходов от клиентов-членов за предоставление услуги.

В настоящее время в США энергетические кооперативы обслуживают 12% населения и владеют более 40% сетей распределения энергии, производят около 29% электроэнергии США, на них приходится 9% продаж и около 4%

возможности генерации. Кроме того, из-за децентрализованного характера электрификации сельских районов 80% выработки электроэнергии производится за счет ВИЭ [13].

В большинстве промышленно развитых стран ускоренная индустриализация начала XX в. и строительство крупных электростанций, работающих на ископаемом топливе, привели к созданию дорогостоящих централизованных сетей. Но в последнее время в ответ на растущие цены на энергоносители, в связи с изменением климата и интереса к ВИЭ кооперативная модель организации переживает возрождение. Энергетические кооперативы создаются в очень разных друг от друга странах, например, в Бангладеш, Камбодже, Аргентине, Бразилии, Канаде, Германии и др.

К энергетическим кооперативам относятся те из них, которые создаются с целью производства, продажи, потребления или распределения энергии или других услуг, связанных с этой областью [10]. Кооперативы осваивают новые сферы – строительство и эксплуатацию общинных солнечных, ветроэнергетических или биогазовых установок [6]. Через данные виды кооперативов члены удовлетворяют свою общую потребность в доступной и надежной электроэнергии и современных энергетических услугах, а также связанные с этим экономические, социальные и культурные потребности.

Интерес к кооперативам в области энергетики объясняется рядом причин, как-то:

– повышение осведомленности по вопросам «зеленой экономики», включая ВИЭ;

– способ «инвестировать» в социально и экономически устойчивое развитие;

– озабоченность изменениями климата и его последствиями;

– возрождение интереса к самой модели кооперативной собственности, где участники владеют и контролируют свои организации;

– создание рабочих мест, в т. ч. «зеленых» и т. п.

Кроме прямых целей, энергетические кооперативы могут предоставлять дополнительные услуги: микрофинансирование, улучшение инфраструктуры, техническое обучение, помощь в области инноваций. Их деятельность может способствовать созданию микро- и малых предприятий, что будет вызывать развитие местной экономики и, в свою очередь, увеличивать общий спрос на электроэнергию, содействуя тем самым повышению эффективности работы поставщика энергии, т. е. кооператива.

Термин «энергетический кооператив» нельзя использовать единообразно. Какие-то кооперативы можно описывать их технологическими решениями, другие – целями или охватом. Предложенная классификация свидетельствует о разнообразии форм энергетических кооперативов (таблица 4).

Таблица 4.

Виды энергетических кооперативов в мире

Table 4.

Types of energy cooperatives in the world

Отличительный признак | Distinctive feature	Виды энергетических кооперативов | Types of energy cooperatives
Тип кооперативной модели | Type of cooperative model	Энергопотребительские, энергетические, энергетические и потребительские, энергосервисные | Energopotreblenie, energy, energy consumer, energy service
Источник энергии | Energy source	Ветряные, солнечные, кооперативы по ВИЭ, кооперативные деревни по биоэнергетике, электростанции на дровах | Wind, solar, renewable energy sources, cooperative settlements, bioenergy, wood-burning power plants
Деятельность и место в цепочке создания стоимости | Activities and place in the value chain	Трудовые, инновационные, закупочные, кооперативы по подготовке производства, кооперативы электростанций, виртуальные сети | Labor, innovation, procurement, pre-production cooperatives, power plant cooperatives, virtual networks
Члены и предоставляемые услуги | Members and services provided	Электрические, сельские электрические, общинные инвестиционные, потребительские коммунальные услуги, фермерские кооперативы, торговые ассоциации | Electric, rural electric, community investment, consumer utilities, farmer cooperatives, trade associations
Способ использования энергии | The way we use energy	Поставка своим потребителям-членам и клиентам, не являющимся членами кооператива, передача в национальную сеть | Delivery to its member customers and non-cooperative customers, transfer to the national network

Источник: составлена авторами (Source: compiled by the authors)

Энергетические кооперативы для производства энергии используют либо ископаемое топливо, либо возобновляемые источники энергии. В ряде стран целые деревни (так называемые биоэнергетические деревни) организованы с использованием кооперативной модели. Потребители могут объединяться в энергетические кооперативы с целью покупки энергии по более выгодным ценам. Через кооперативы может происходить распределение энергии, к примеру, с помощью эксплуатации линий электропередач. Они могут предоставлять услуги, связанные с поставкой энергии, такие как консультативные или учебные.

Примером успешного развития энергетических кооперативов служит Германия, где на 01.01.2018 г. насчитывалось 862 энергетических кооператива или 15,6% от всех кооперативных организаций, опыт которой рассмотрим более подробно. Помимо кооперативов, которые вырабатывают электроэнергию с помощью солнечных и ветряных установок, сюда включены кооперативные энергетические компании, локальные тепловые сети и деревни биоэнергетики. Энергетические кооперативы являются наиболее популярным юридическим средством организации граждан для получения энергии и составляют более чем 1700 проектов в энергетике Германии [14].

В конце 2017 г. средний объем инвестиций в энергетические кооперативы составил 3,5 млн евро по данным опроса Немецкой кооперации и Райффайзенской конфедерации (DGRV). Средний акционерный капитал составлял 1,4 млн евро. Энергетические кооперативы в Германии имеют среднегодовой оборот 359,6 тыс. евро. Средний дивиденд в год равняется 3,43%, однако многие кооперативы в первые годы создания их не выплачивают. Но в сравнении с обычными сберегательными вкладами, которые приносят менее 1%, участие в кооперативах по ВИЭ имеет выгоду для домохозяйств. Данный вид кооператива дает возможность людям с относительно небольшим достатком участвовать в передаче энергии. Средний минимальный объем инвестиций составляет 595 евро, но может быть и 10 евро. В 2017 г. каждый член энергетического кооператива в среднем инвестировал 3729 евро [14].

Современным трендом в Германии является отказ от традиционных источников энергии с переходом на более чистое энергоснабжение посредством владения установками возобновляемой энергии. Создаются кооперативы для строительства ветряных и солнечных электростанций. К 2022 г. Германия хочет прекратить зависимость от ядерной энергии.

Жители страны впервые поставили установки возобновляемой энергии в 1990-х гг. – фотоэлектрические панели (PV) и ветряные турбины. В 2000 г. был принят закон о возобновляемых источниках энергии (EEG), который неоднократно менялся и побудил домохозяйства устанавливать фотоэлектрические элементы на крышах своих домов, либо потребляя произведенную электроэнергию самостоятельно, либо подавая ее в сеть. Для инвестирования в более масштабные установки гражданам пришлось объединяться в различные правовые формы собственности, которые позволили владеть им ветряными турбинами и солнечными парками. Самыми многочисленными формами являются энергетические кооперативы (Energiegenossenschaften) и гибрид GmbH&Co. KG (общество с ограниченной ответственностью и товарищество с ограниченной ответственностью).

В 2016 г. в Германии в объекты возобновляемой энергии было инвестировано 15,1 млрд евро. Основанные в период 2006–2017 гг. и зарегистрированные в DGRV 855 кооперативов по ВИЭ вложили в свою деятельность около 2,5 млрд евро. Энергетические кооперативы сотрудничают с государственными кредитными организациями (Sparkassen – сберегательные банки Германии) или кооперативными банками (Genossenschaftsbanken). Кроме предоставления кредитов энергетическим кооперативам (средства на эти кредиты, как правило, поступают из государственных банков развития Германии, таких как KfW, и передаются Sparkassen и Genossenschaftsbanken), они оказывают помощь в привлечении новых членов, предлагая своим клиентам сертификаты акций, участвуя в маркетинге, давая советы по инфраструктуре, строительству или страхованию установки ВИЭ [16].

Энергетические кооперативы совместно работают с государственными учреждениями – муниципалитетами, государственными поставщиками энергии и финансовыми учреждениями. Иногда муниципалитеты становятся членами энергетических кооперативов. Однако даже не принимая участия в финансировании, местные власти могут оказывать помощь кооперативам, предоставляя место для установок ВИЭ либо на крышах общественных зданий (школа, ратуша и т. п.), либо землю на окраине села или города.

Типичным энергетическим кооперативом в Германии является WeilerWärme eG, который находится в коммуне Пфальцграфенвайлер, земля Баден-Вюртемберг. Целью создания было содействие переходу к энергопотреблению в своем регионе, обеспечивая членов возобновляемым отоплением и электричеством. Используя

эффективное комбинированное производство тепла и энергии, он может генерировать большую часть вырабатываемой энергии из возобновляемого сырья и вносить важный вклад в защиту окружающей среды.

Своим теплоснабжением он создает высокую степень независимости от нефти и газа, благодаря чему достижение создания стоимости остается в значительной степени локализованным. В результате муниципалитет Пфальцграфенвайлер и регион экономически укрепляются. По сравнению с крупными энергетическими компаниями кооператив работает не по принципу максимизации прибыли, а по принципу возмещения затрат и поэтому может организовать теплоснабжение дешевле. Излишки приносят пользу членам [16].

Одним из успехов кооператива была его способность заключить 10-летний контракт на поставку энергии муниципалитету. Также к причинам успеха кооператива WeilerWärme eG можно отнести следующие:

— кооператив создает в системе теплоснабжения более высокую независимость от ископаемого топлива и крупных корпораций и, таким образом, больше возможностей для принятия решений;

— доверие к местному кооперативу больше, чем к надрегиональной сети, поэтому появилось желание у граждан присоединиться к кооперативу и возрастает плотность связей между жителями коммуны;

— кооператив работает не по принципу максимизации прибыли, а по принципу возмещения затрат по сравнению с подрядчиком и поэтому может организовать теплоснабжение в каждом случае дешевле;

— кооператив выступает в качестве контрагента для производителя тепла, поэтому одновременно он может быть поставщиком топлива и оказывать существенное влияние на цены на поставку тепла и на формы экологически чистого производства энергии;

— кооператив самостоятельно решает вопрос о дальнейшем развитии сети трубопроводов и поэтому не зависит от доброй воли внешних поставщиков услуг;

— участие граждан в кооперативе способствует ответственности и эффективному управлению.

С 2011 г. Пфальцграфенвайлер официально является крупнейшей биоэнергетической деревней в Баден-Вюртемберге. С 2015 г. WeilerWärme eG отвечает за расширение использования возобновляемых источников энергии в регионе Пфальцграфенвайлер. При этом он не только поддерживает региональную добавленную стоимость, но и активно способствует переходу к энергоресурсам и защите климата.

Биоэнергетические деревни в Германии становятся все более популярными. Первой кооперативной деревней была д. Юнде (Нижняя Саксония). В 2005 г. кооператив в этом поселении с 780 жителями и 450 коровами построил завод по производству биогаза, работающий на силосных установках и навозе. Газ с этого завода сжигается на коммунальной теплоэлектростанции, которая обеспечивает электричеством и теплом здания в деревне. Кроме того, в систему централизованного теплоснабжения был добавлен котел на древесной щепе, чтобы обеспечить дополнительное тепло [8].

Данный проект инициирован Междисциплинарным центром по устойчивому развитию (IZNE) при Геттингенском университете и завершен в январе 2006 г., обеспечивает деревню теплом, которое ей требуется, и производит в два раза больше электроэнергии, чем используется. Было подсчитано, что участвующие домохозяйства экономят на энергозатратах 750 евро в год [9].

Биоэнергетическая деревня является регионально ориентированной концепцией использования возобновляемых источников энергии в сельской местности. Система использует биомассу из местного сельского и лесного хозяйства на биогазовой электростанции для удовлетворения всех энергетических потребностей деревни, таких как электричество и центральное отопление. Эти деревни имеют тенденцию быть автономными и независимыми от внешних сетей, несмотря на то что они подключены к сухопутным сетям для подачи избыточной энергии. Термин «биоэнергетическая деревня» относится к зависимости от свежего биологического материала только как источника энергии.

Для России энергетические кооперативы представляют определенный интерес, особенно в сельской местности, который вызван рядом причин: низкими доходами сельских жителей и К(Ф)Х; сложностями при подключении к энергосетям – выделение мощности; постоянным ростом тарифов; проблемами с газификацией; злоупотреблением монополистов своим положением на рынке; всемерной поддержкой государством монопольных сетей и пр. Объединение нескольких домохозяйств или К(Ф)Х (в т. ч. ИП) для обеспечения своих потребностей (индивидуальных или общих) в энергии может обеспечить независимость от сетевых организаций (рисунок 1).



Рисунок 1. Примерная модель энергетического кооператива
Источник: составлен автором

Figure 1. Approximate model of the energy cooperative
Source: compiled by the author

Заключение

Интенсификация сельского хозяйства и технический прогресс сопровождаются повышенным расходом различных видов энергии, поэтому для устойчивого развития сельского хозяйства необходима эффективно работающая энергетическая отрасль. Расширение рынка возобновляемых источников энергии оказывает благоприятное воздействие на возможности регионального и местного развития, перспективы экспорта, социальную сплоченность и возможности трудоустройства сельского населения и сохранение независимых производителей энергии, а также значительное сокращение затрат по товародвижению сельскохозяйственной продукции конечному потребителю.

Конечно же кооперативы, пожалуй, не решат все задачи сектора энергетики в стране, но могут помочь большому количеству людей, сельским поселениям обеспечить себя энергией без помощи государства. Кооперативы способны создать локальные, микроэнергосети наряду с централизованной системой. За счет сокращения длины линий электропередачи ощутимо снижаются технологические потери электричества при транспортировке. Кроме того, они могут использовать местные виды топлива. Так, животноводческие хозяйства могут создать кооператив для строительства биогазового комплекса, который будет вырабатывать не только биогаз, но и компост, что снизит проблему загрязнения окружающей среды навозом.

Однако пока есть законодательные ограничения в создании и деятельности такого вида кооперативов. Ни один из законов, регулирующих кооперативы в России, не учитывает специфику энергетических кооперативов. По нашему мнению, данный вид кооперативов относится к потребительским. Однако законодатель должен дать определение энергетического кооператива, выделить основные направления его деятельности и, главное, убрать препятствия в сфере производства и реализации электрической и тепловой энергии, что позволит кооперативам стать участниками энергетического рынка России.

Создание и продвижение энергетических кооперативов в сельской местности будет способствовать, во-первых, снижению энергоемкости в процессе производства и на стадии товародвижения, что обеспечит рост конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции

и сырья как на внутреннем, так и экспортном рынках; во-вторых, повышению экономической доступности потребителей системы АПК к возобновляемым и экологически чистым, независимым от естественных монополий источникам энергии, следовательно, росту энергоэффективности и развитию энергетической инфраструктуры на благо каждого ее участника.

ЛИТЕРАТУРА

1 Кручинина В.М. Кооперативы как инструмент развития органического сельского хозяйства в России // Вестник ВГУИТ. 2018. № 1. С. 251–260. doi: http://doi.org/10.20914/2310–1202–2018–1–251–260

2 Кручинина В.М. Пространство для развития кооперации в современной России // Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики. 2018. № 4. С. 78–89.

3 Рыжкова С.М. Современный рынок плодов и овощей в России: состояние и направления развития // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2016. № 1(57). С. 219–231.

4 Рыжкова С.М., Кручинина В.М. Роль потребительской кооперации в современном развитии рынка плодоовощной продукции // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2015. № 1 (53). С. 257–264.

5 Шаркова А.В. и др. Концепция эффективного предпринимательства в сфере новых решений, проектов и гипотез: изд. 2-е. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2019. 641 с.

6 .Шаркова А.В. и др. Развитие предпринимательства: концепции, цифровые технологии, эффективная система. М: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2019. 605 с.

7 Министерство энергетики РФ. URL: https://minenergo.gov.ru/

8 Dezentrale erneuerbare Energie mit Bürgerbeteiligung. URL: http://www.bioenergiedorf.de/en/home.html

9 Citizens participation in the Energiewende. URL: https://www.cleanenergywire.org/factsheets/citizens-participation-energiewende

10 IRENA. URL: https://www.irena.org/

11 International cooperative alliance. URL: https://www.ica.coop/en

12 Journalism for energy transition. URL: https://www.cleanenergywire.org/factsheets/citizens-participation-energiewende.

13 How electric cooperatives commercial utilities differ. URL: https://www.thebalance.com/electric-cooperatives-vs-utilities-1182700.

14 DGRV. URL: https://www.dgrv.de/en/services/energy-cooperatives.

15 Eurostat. URL: https://ec.europa.eu/eurostat.

16 WeilerWärme eG. URL: http://waerme.weilerwaerme.de.

17 United Nations. URL: https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/energy/

REFERENCES

1 Kruchinina V.M. Cooperatives as a development tool organic agriculture of Russia. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 1. pp. 251–260. doi: 10.20914/2310–1202–2018–1–251–260 (in Russian).

2 Kruchinina V.M. Space for development of cooperation in modern Russia. *Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya kooperativnogo sektora ekonomiki* [Basic and applied research of the cooperative sector of the economy]. 2018. no. 4. pp. 78–89. (in Russian).

3 Ryzhkova S.M. Modern Market of Fruits and Vegetables in Russia: State and Development Trends. *Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperacii, ekonomiki i prava* [Herald Belgorod University of cooperation, Economics and law]. 2016. no 1 (57). pp. 219–231. (in Russian).

4 Ryzhkova S.M., Kruchinina V.M. Role of Consumer Cooperation in Modern Development of Horticultural Products Market. *Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperacii, ekonomiki i prava* [Herald Belgorod University of cooperation, Economics and law]. 2015. no. 1 (53). pp. 257–264. (in Russian).

5 Sharkova A.V. et al. Koncepciya ehffektivnogo predprinimatel'stva v sfere novyh reshenij, proektov i gipotez [The concept of effective entrepreneurship in the sphere of new solutions, projects and hypotheses: ed. 2nd]. Moscow, Dashkov i K, 2019, 641 p. (in Russian).

6 Sharkova A.V. et al. Razvitie predprinimatel'stva: koncepcii, cifrovye tekhnologii, effektivnaya sistema [Entrepreneurship development: concepts, digital technologies, effective system]. Moscow, Dashkov i K, 2019, 605 p. (in Russian).

7 Ministerstvo energetiki RF [Ministry of Energy of the Russian Federation]. URL: https://minenergo.gov.ru/ (in Russian).

8 Decentralized Renewable Energy with Citizen Participation. URL: http://www.bioenergiedorf.de/en/home.html (in German).

9 Citizens participation in the Energiewende. URL: https://www.cleanenergywire.org/factsheets/citizens-participation-energiewende

10 IRENA. URL: https://www.irena.org/

11 International cooperative alliance. URL: https://www.ica.coop/en

12 Journalism for energy transition. URL: https://www.cleanenergywire.org/factsheets/citizens-participation-energiewende.

13 How electric cooperatives commercial utilities differ. URL: https://www.thebalance.com/electric-cooperatives-vs-utilities-1182700

14 DGRV. URL: https://www.dgrv.de/en/services/energycooperatives

15 Eurostat. URL: https://ec.europa.eu/eurostat

16 WeilerWärme eG. URL: http://waerme.weilerwaerme.de (in German).

17 United Nations. URL: https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/energy/

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Валентина М. Кручинина к.э.н., вед. науч. сотр., отдел маркетинга и развития продуктовых рынков, Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства, Хорошевское ш., 35/2, Москва, 123007 Россия, vmk.market@vniiesh.ru

Светлана М. Рыжкова к.э.н., зав. сект., отдел маркетинга и развития продуктовых рынков, Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства, Хорошевское ш., 35/2, Москва, 123007 Россия, smr.market@vniiesh.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Valentina M. Kruchinina Cand. Sci. (Econ.), senior research fellow, department of food markets marketing and development, All-Russian Research Institute of Agricultural Economics, Khoroshevskoe h, 35/2, Moscow, 123007 Russia, vmk.market@vniiesh.ru

Svetlana M. Ryzhkova Cand. Sci. (Econ.), head of the agricultural marketing sector, department of food markets marketing and development, All-Russian Research Institute of Agricultural Economics, Khoroshevskoe h, 35/2, Moscow, 123007 Russia, smr.market@vniiesh.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

CONTRIBUTION

Authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 15.01.2019
ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 14.02.2019

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.15.2019
ACCEPTED 2.14.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 338.2

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-480-484

Криминализация как основная угроза экономической безопасности

Юлия М. Соколинская [1] misterias@mail.ru
Елена А. Колесниченко [2] ekolesnichenko@live.ru

[1] Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия
[2] Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, ул. Интернациональная, 33, г. Тамбов, 392000, Россия

Аннотация. В современной России, криминализация экономики стала одной из острейших проблем, общегосударственным негативным фактором, который подрывает авторитет власти, разрушает основы государственности, и, в результате, создает угрозу экономической безопасности страны. Данные обстоятельства диктуют необходимость быстрого принятия оптимальных решений, способных защитить национальную экономику от отрицательных воздействий нелегальной и криминальной экономики, а также коррупции как основы теневой экономики России. Сегодня можно говорить о том, что экономические основы коррупции, организованной преступности и терроризма представляют своего рода самостоятельный сектор экономики. Коррупция начинает всерьез влиять на снижение темпов экономического роста, снижение потенциала институтов гражданского общества, нарушение прав человека, оказывает другие негативные воздействия на правовую систему. Для достижения целей преступными структурами используются все имеющиеся в их распоряжении средства: воздействие через правительственные органы и на дипломатическом уровне, специальные службы, организованные преступные сообщества, террористические организации, банковские структуры, некоммерческие и неправительственные организации, субъектов криминальной и теневой экономики и т. д. Анализ рыночных отношений, экономики России дает право понять, что национальная экономика в положении в котором она находиться, не может выйти из состояния криминализации без перерассмотрения и формирования новых механизмов отношений.

Ключевые слова: предпринимательство, экономическая безопасность, экономические показатели, государственное регулирование, направления развития

Criminalization as a main threat to economic security

Yulia M. Sokolinskaya [1] misterias@mail.ru
Elena A. Kolesnichenko [2] ekolesnichenko@live.ru

[1] Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia
[2] Tambov State University named after GR. Derzhavin, Internatsionalnaya str., 33, Tambov, 392000, Russia

Abstract. In modern Russia, the criminalization of the economy has become one of the most acute problems, a nationwide negative factor that undermines the authority of the authorities, destroys the foundations of statehood, and, as a result, creates a threat to the country's economic security. These circumstances dictate the need to quickly make optimal decisions that can protect the national economy from the negative effects of an illegal and criminal economy, as well as corruption as the basis of the shadow economy of Russia. Today we can say that the economic foundations of corruption, organized crime and terrorism are a kind of an independent sector of the economy. Corruption is beginning to seriously affect the decline in economic growth, the decline in the potential of civil society institutions, the violation of human rights, and other negative effects on the legal system. To achieve the goals, criminal structures use all means at their disposal: influence through government bodies and at the diplomatic level, special services, organized criminal communities, terrorist organizations, banking structures, non-profit and non-governmental organizations, subjects of criminal and shadow economy, etc. Analysis of market relations, the Russian economy gives the right to understand that the national economy in the position in which it is located cannot get out of the state of criminalization without reviewing and forming new relationship mechanisms.

Keywords: entrepreneurship, economic security, economic indicators, state regulation, development trends

Введение

Криминализация национальной экономики и воспроизводство теневых экономических отношений на каждом этапе исторического развития оказывает существенное воздействие на всю систему национального хозяйства и экономическую безопасность государства, в частности. Теневые экономические отношения становятся преградой на пути эффективных структурных преобразований в стране, сдерживают выход государства из экономического кризиса, превращая национальную экономику в торгово-спекулятивный сырьевой придаток мировой экономических [1].

Обсуждение

Экономическая безопасность имеет достаточно сложную внутреннюю структуру. Ведущие структурные элементы экономической безопасности РФ представлены на рисунке 1.

Для цитирования
Соколинская Ю.М., Колесниченко Е.А. Криминализация как основная угроза экономической безопасности // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 480–484. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-480-484

For citation
Sokolinskaya Yu.M., Kolesnichenko E.A. Criminalization as a main threat to economic security. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 480–484. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-480-484



Рисунок 1. Структурные элементы экономической безопасности РФ

Figure 1. Structural elements of economic security of the Russian Federation

Анализ реальных процессов и осмысление богатейшего отечественного и зарубежного опыта решения этой проблемы позволяет вычленить 3 ее важнейших элемента:

1) экономическая независимость, которая в условиях современного мирового хозяйства отнюдь не носит абсолютного характера. Международное разделение труда делает национальные экономики многих стран взаимозависимыми друг от друга. В этих условиях экономическая независимость означает возможность контроля государства за национальными ресурсами, а также достижение такого уровня производства, эффективности и качества продукции, который обеспечивает ее конкурентоспособность и позволяет на равных участвовать в мировой торговле, кооперационных связях и обмене научно-техническими достижениями;

2) стабильность и устойчивость национальной экономики, предлагающие защиту собственности во всех ее формах, создание надежных условий и гарантий для предпринимательской активности, сдерживание факторов, способных дестабилизировать ситуацию (борьба с криминальными структурами в экономике, недопущение серьезных разрывов в распределении доходов, грозящих вызвать социальные потрясения, и т. д.);

3) способность к саморазвитию и прогрессу, что особенно важно в современном динамично развивающемся мире. Создание благоприятного климата для инвестиций и инноваций, постоянная модернизация производства, повышение профессионального образовательного и общекультурного уровня работников становятся необходимыми и обязательными условиями устойчивости и самосохранения национальной экономики [2, 3, 10–14].

Эти 3 важнейших элемента составляют основу структуры экономической безопасности. Наличие этих элементов и уровень их функционирования определяют способность экономической системы к самостоятельному развитию и обеспечению безопасности.

Но помимо этих 3 фундаментальных элементов, составляющих основу экономической безопасности, существует еще целое множество структурных компонентов в системе и подсистеме обеспечения экономической безопасности. Все они важны и призваны защищать экономические интересы государства от процессов криминализации, а также от других возможных опасностей, которые формируются как из внешних, так и из внутренних угроз.

Непосредственную опасность экономическим интересам создают экономические угрозы, нарушающие нормальный ход общественного воспроизводства (рисунок 2).

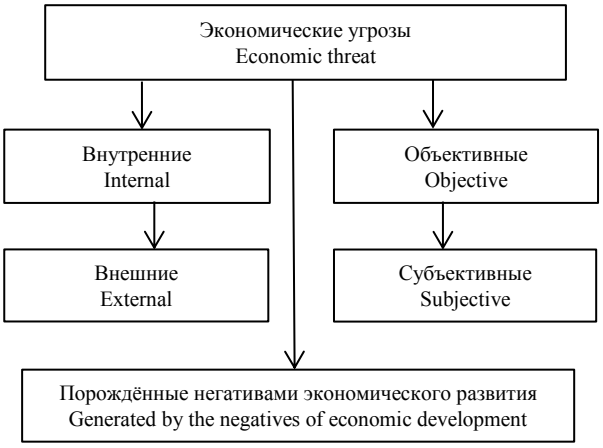


Рисунок 2. Экономические угрозы

Figure 2. Economic threat

В самом общем виде они могут быть классифицированы по таким агрегированным группам, как внутренние и внешние угрозы [4, 5].

К внешним угрозам относятся, прежде всего, факторы геополитические и внешнеэкономические, а также глобальные экологические процессы. Внешнеэкономическая безопасность в условиях открытой экономики требует:

во-первых, чтобы участие страны в мирохозяйственных связях создавало наиболее благоприятные условия национального производства;

во-вторых, чтобы национальная экономика в наименьшей степени ощущала неблагоприятное развитие событий в мире, как в экономической, так и в политической области, хотя полностью избежать этого влияния в условиях открытой экономики невозможно.

К внешним факторам, представляющим угрозу экономической безопасности, относятся:

– преобладание сырьевых товаров в экспорте, потеря традиционных рынков сбыта военной и машиностроительной продукции;

– зависимость страны от импорта многих видов продукции, в том числе продукции стратегического значения, продовольственных товаров;

– внешняя задолженность;

– недостаточный экспортный и валютный контроль, а также незамкнутость таможенной границы;

– неразвитость современной финансовой, организационной и информационной инфраструктуры поддержки конкурентоспособности экспорта и рационализации структуры импорта;

– неразвитость транспортной инфраструктуры, обслуживающей экспортно-импортные операции [6].

Во внутриэкономической сфере безопасность обусловлена природными, технико-технологическими, инфраструктурными, социальными и другими факторами макро- и микроэкономического развития, внутренним иммунитетом и внешней защищенностью от разного рода дестабилизирующих и деструктивных воздействий.

К внутренним факторам, представляющим угрозу экономической безопасности, относятся:

– низкая конкурентоспособность национальной экономики, вызванная отсталостью технологической базы большинства отраслей, высокой энергоемкостью и ресурсоемкостью;

– высокий уровень инфляции;

– недостаточная развитость и устойчивость объектов инфраструктуры;

– ухудшение состояния научно-технического потенциала страны, потеря ведущих позиций на отдельных направлениях научно-технического развития, в том числе и в результате явления "утечки мозгов" за рубеж и в другие сферы деятельности, утрата престижности интеллектуального труда;

– вытеснение отечественных товаропроизводителей, особенно потребительских товаров, с внутреннего рынка зарубежными фирмами;

– тенденции регионального сепаратизма и высокий уровень отраслевого лоббизма при принятии управленческих решений;

– потенциальная угроза возникновения социальных конфликтов, в том числе из-за несовершенства механизма оплаты труда, роста безработицы, стратификации населения, снижения качества и уровня образования;

– низкая инвестиционная активность;

– предпочтение текущих расходов в ущерб капитальным;

– низкая финансовая и договорная дисциплина агентов рынка;

– несовершенство правового законодательства, монопольное положение и недобросовестность действий ряда экономических субъектов на внутреннем и внешнем рынке, их низкая правовая дисциплина;

– криминализация экономики и коррупция в области управления экономикой.

Характеризуя состояние криминализации отношений в сфере экономической деятельности, специалисты часто используют такие определения, как «нелегальная», «подпольная», «криминальная», «теневая» экономика. Теневые экономические отношения и их воспроизводство всегда имели место в рыночной системе хозяйства. В международных нормативных документах, в частности, в методике, применяемой статистической службой ООН, введены в обращение термины, близкие по смыслу и зачастую употребляемые в одном общем значении. Это «скрытая» (или «теневая», «неформальная», «неофициальная») и «нелегальная» экономическая деятельность.

Изучение данной проблемы приобретает особую значимость в современных условиях хозяйствования в России, когда активизировались процессы криминализации экономики, и по расчетам некоторых ученых реальная распространенность только преступных посягательств на экономическую безопасность как государственных, так и негосударственных хозяйствующих субъектов превышает расчетный регистрируемый показатель в 60–65 раз. Уже для всех стало ясно, что проблема преступности переходит в устойчивый недуг, парализующий жизнедеятельность общества. Едва ли не обыденным явлением стали покушения на убийство, смерть банкиров, предпринимателей и их охранников от рук наемных убийц [7].

В настоящее время иметь и вести свой бизнес в России становится для предпринимателей все более опасным. Причем положение в этом направлении с каждым годом все ухудшается, а правоохранительные органы не проявляют необходимой активности в решении данной проблемы.

Важнейшей тенденцией развития российской теневой экономики на сегодняшний день является ее криминализация, возрастание влияния организованной преступности. Рост масштабов теневой экономики в России воспринимается обществом как неизбежное зло, естественное и закономерное, «освященное» вековыми экономическими и социокультурными традициями. Однако только констатация этого очевидного факта не дает теоретического объяснения увеличения масштабов этого феномена, а тем более условий и механизмов, стимулирующих и регулирующих его. Проблема теневой экономики является глобальной и постоянно возрастающей.

Еще одной тенденцией развития криминальной экономики России стало формирование теневого политического рынка, связанного с лоббированием, коррупцией.

Проведение рыночных реформ в России привело к расширению границ теневой экономики. Административный ресурс государства сегодня должен более энергично и последовательно использоваться в целях полной легализации отечественного предпринимательства, вывода предприятий из «теневой экономики». Ибо очевидно, что даже самые инновационо-продвинутые организации окажутся в проигрыше перед недобросовестными конкурентами, применяющими различные способы "оптимизации" налоговых отчислений и полулегальные «серые» схемы экспортно-импортных операций [8, 9].

Заключение

Криминализация экономических отношений, процессов и всей экономической системы является одной из самых очевидных угроз национальной экономике. Следует обратить внимание на то, что растет не только количество экономических преступлений, но увеличивается и ущерб, который они способны нанести экономике.

ЛИТЕРАТУРА

1 Литвинов Э.П. Актуальные размышления по философским основам безопасности личности, общества и государства // Вестник РМАТ. 2012. № 2–3 (5–6). С. 13–27.

2 Астапов К.Л. Особенности развития экономических систем в современных условиях // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. 2015. № 4. С. 68–69.

3 Мамонов В.В. Становление национальной безопасности Российской Федерации // Журнал российского права. 2013. № 4. С. 34–41.

4 Гончаров Л.П. Развитие методологии экономической безопасности личности // Обозреватель. 2014. № 6. С. 56–68.

5 Максимова В.Ф. Микроэкономика. Распределение дохода. М.: ИНФРА, 2015.

6 Шлыков В.В. Экономическая безопасность хозяйствующих субъектов // Вопросы экономики. 2015. № 5. С. 63–76.

7 Олейников Е.А. Экономическая и национальная безопасность. М.: Экзамен, 2014. 200 с.

8 Степичева О.А. Целевая функция и угрозы экономической безопасности личности. М.: Московский университет, 2014. 453 с.

9 Шлыков В.В. Организационные и криминологические аспекты. М.: Югра, 2012.

10 Sulphey M.M., Alkahtani N. Economic security and sustainability through social entrepreneurship: the current Saudi scenario // Journal of Security and Sustainability Issues. 2017. V. 6. № 3.

11 Andruseac G. et al. Economic security–new approaches in the context of globalization // CES Working Papers. 2015. V. 7. № 2. P. 232–240.

12 Burkaltseva D.D. et al. Financial and economic security of business as a primary element in the economic system // Revista Espacios. 2017. V. 38. № 33.

13 Tamosiuniene R. Modern approaches in quantifying economic security: Case sudy of Estonia, Latvia, Lithuania and republic of Moldova // Journal of Security and Sustainability Issues. 2015. V. 4. № 4. P. 596–610.

14 Mamychev A.Y. et al. Economic security and organizational culture: theoretical approaches and categorical relationship // International Review of Management and Marketing. 2016. V. 6. № 1S. P. 153–158.

15 Плахин А.Е., Коковихин А.Ю., Огородникова Е.С., Суслов С.А. Оценка влияния инфраструктурных проектов на развитие территории // Вестник НГИЭИ. 2017. № 11 (78). С. 139–147.

REFERENCES

1 Litvinov E.P. Actual reflections on the philosophical foundations of security of the individual, society and the state. *Vestnik RMAT* [Bulletin of the RIAT]. 2012. no. 2–3 (5–6). pp. 13–27. (in Russian).

2 Astapov K.L. Features of the development of economic systems in modern conditions. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6: Ekonomika* [Moscow University Bulletin. Series 6: Economy]. 2015. no. 4. pp. 68–69. (in Russian).

3 Mamonov V.V. Formation of the national security of the Russian Federation. *Zhurnal rossiyskogo prava* [Journal of Russian law]. 2013. no. 4. pp. 34–41. (in Russian).

4 Goncharov L.P. The development of the methodology of economic security of the individual. *Obozrevatel'* [Observer]. 2014. no. 6. pp. 56–68. (in Russian).

5 Maksimov V.F. Mikroekonomika. Raspredeleniye dokhoda [Microeconomics. Income distribution]. Moscow, INFRA, 2015. (in Russian).

6 Shlykov V.V. Economic security of business entities. *Voprosy ekonomiki* [Questions of economy]. 2015. no. 5. pp. 63–76. (in Russian).

7 Oleynikov E.A. Ekonomicheskaya i natsional'naya bezopasnost' [Economic and national security]. Moscow, Ekzamen, 2014. 200 p. (in Russian).

8 Stepicheva O.A. Tselevaya funktsiya i ugrozy ekonomicheskoy bezopasnosti lichnosti [Target function and threats to the economic security of the individual]. Moscow, Moscow University, 2014. 453 p. (in Russian).

9 Shlykov V.V. Organizatsionnyye i kriminologicheskiye aspekty [Organizational and criminological aspects]. Moscow, Yugra, 2012. (in Russian).

10 Sulphey M.M., Alkahtani N. Economic security and sustainability through social entrepreneurship: the current Saudi scenario. Journal of Security and Sustainability Issues. 2017. vol. 6. no. 3.

11 Andruseac G. et al. Economic security–new approaches in the context of globalization. CES Working Papers. 2015. vol. 7. no. 2. pp. 232–240.

12 Burkaltseva D.D. et al. Financial and economic security of business as a primary element in the economic system. Revista Espacios. 2017. vol. 38. no. 33.

13 Tamosiuniene R. Modern approaches in quantifying economic security: Case sudy of Estonia, Latvia, Lithuania and republic of Moldova. Journal of Security and Sustainability Issues. 2015. vol. 4. no. 4. pp. 596–610.

14 Mamychev A.Y. et al. Economic security and organizational culture: theoretical approaches and categorical relationship. International Review of Management and Marketing. 2016. vol. 6. no. 1s. pp. 153–158.

15 Plakhin A.E., Kokovikhin A.Yu., Ogorodnikova E.S., Suslov S.A. Evaluation of the impact of infrastructure projects on the development of the territory. *Vestnik NGIEI* [Herald NGIEI]. 2017. no. 11 (78). pp. 139–147. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Юлия М. Соколинская к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, misterias@mail.ru

Елена А. Колесниченко д.э.н., профессор, кафедра кадрового управления, Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, ул. Интернациональная, 33, г. Тамбов, 392000, Россия, ekolesnichenko@live.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 06.11.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 15.01.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Yulia M. Sokolinskaya Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, misterias@mail.ru

Elena A. Kolesnichenko Dr. Sci. (Econ.), professor, personnel management department, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Internatsionalnaya str., 33, Tambov, 392000, Russia, ekolesnichenko@live.ru

CONTRIBUTION

Authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 11.6.2018

ACCEPTED 1.15.2019

Оригинальная статья/Original article

УДК 330.36

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-485-491

К вопросу о совершенствовании управления формированием прибыли предприятия

Владимир Н. Нарижний [1] vladimir.narizhny95@gmail.com

[1] Воронежский ГАУ, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия

Аннотация. В статье представлено исследование системы управления формированием прибыли предприятия, как базы для его будущего развития и улучшения экономических отношений с партнерами, создающей условия для самофинансирования, расширения экономической деятельности организации, решения проблем социального и материального стимулирования персонала. Изучено финансовое состояние, структура доходов и расходов организации, состав и динамика затрат по экономическим элементам, порядок формирования финансового результата. Оценены темпы экономического роста организации, проведен факторный анализ прибыли от продаж в целом по организации и по видам продукции. Установлено, что на снижение прибыли от продаж наибольшее влияние оказало сокращение рентабельности. За счет этого фактора прибыль от продаж снизилась на 4599 тыс. руб. Рост выручки повлек за собой незначительный рост прибыли от продаж – всего на 189 тыс. руб. В разрезе основных видов продукции наблюдается снижение прибыли по зерну и подсолнечнику, а по молоку отмечен ее рост, сокращение цены зерновой продукции на 30% при росте себестоимости на 23% и росте объема реализации данного вида продукции на 42% повлекло за собой сокращение прибыли почти на 8 млн руб. Сокращение объемов производства подсолнечника на 4,4% наряду с сокращением затрат на 1,5% и сокращением цены реализации на 5,7% стало причиной сокращения финансового результата на 6133 тыс. руб. В целом наибольший урон по прибыли, полученной от подсолнечника, нанесли цены – за счет этого фактора предприятие потеряло почти 5 млн руб. Рост прибыли от реализации молока обусловлена ростом количества реализации данного вида продукции и ростом его цены. При этом, фактором, максимально положительно влияющим на финансовый результат по основному виду продукции предприятия – молоку, являются цены. Для улучшения финансового результата предприятию необходимо совершенствовать управление расходами для целей их оптимизации. При этом важно отслеживать изменение прочих доходов и расходов, которые могут как положительно, так и отрицательно влиять на конечный финансовый результат. В целях совершенствования управления формированием прибылью предприятия предложено использовать операционный анализ.

Ключевые слова: прибыль, управление, предприятие

To the question about improvement of profit formation management of the enterprise

Vladimir N. Narizhny [1] vladimir.narizhny95@gmail.com

[1] Voronezh state agricultural university, Michurina str. 1, Voronezh, 394087, Russia

Abstract. The article presents a study of the management system of the company's profit formation, as a basis for its future development and improvement of economic relations with partners, creating conditions for self-financing, expanding the organization's economic activities, solving problems of social and material incentives for personnel. Studied the financial condition, the structure of income and expenses of the organization, the composition and dynamics of costs for economic elements, the order of formation of the financial result. The rates of economic growth of the organization are estimated, a factor analysis of the profit from sales in the whole organization and by product is carried out. It is established that the decline in profit from sales was most affected by the reduction in profitability. Due to this factor, profit from sales decreased by 4,599 thousand RUR. Growth in revenue led to a slight increase in profit from sales – only 189 thousand RUR. In terms of the main types of products, there was a decrease in profits for grain and sunflower, and for milk there was an increase, a reduction in the price of grain products by 30%, with an increase in cost of 23% and an increase in the sales volume of this type of product by 42%. 8 million RUR A 4.4% reduction in the production of the sunflower, along with a 1.5% reduction in costs and a 5.7% reduction in the selling price, was the reason for the reduction of the financial result by 6,133 thousand RUR. In general, the greatest damage to profits received from sunflower caused prices – due to this factor, the company lost almost 5 million RUR. The growth in profits from the sale of milk is due to an increase in the number of sales of this type of product and an increase in its price. At the same time, the factor that has the most positive effect on the financial result of the company's main type of production, milk, is prices. To improve the financial result, the company needs to improve cost management for the purpose of optimization. At the same time, it is important to track the change in other incomes and expenses, which can both positively and negatively affect the final financial result. In order to improve the management of the formation of profit of the enterprise, it was proposed to use operational analysis.

Keywords: profit, management, enterprise

Введение

В современных условиях проблема управления формированием прибыли предприятия очень актуальна, так как от прибыли зависит не только финансовая устойчивость предприятия, но и в конечном итоге экономическое развитие государства. Основная цель функционирования любого бизнеса – получение максимальной прибыли, являющейся бонусом предпринимательского и коммерческого риска. Рост прибыли формирует базу для будущего развития предприятия и улучшения его экономических отношений с партнерами, создает условия для самофинансирования, расширения экономической деятельности, решения проблем социального и материального стимулирования персонала. Отсутствие прибыли или ее снижение

Для цитирования

Нарижний В.Н. К вопросу о совершенствовании управления формированием прибыли предприятия // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 485–491. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-485-491

For citation

Narizhny V.N. To the question about improvement of profit formation management of the enterprise. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 485–491. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-485-491

свидетельствуют о повышении финансовых рисков и неэффективности бизнеса, что предвещает ухудшение основных финансовых показателей, даже банкротства. Таким образом, показатели прибыли являются наиболее важными при формировании критериев оценки эффективности деятельности предприятия, его деловых качеств, степени надежности и финансового благополучия субъекта экономических отношений.

С точки зрения Н.Н. Селезневой и А.Ф. Ионовой «…прибыль – это выраженный в денежной форме чистый доход предпринимателя на вложенный капитал, характеризующий его вознаграждение за риск осуществления предпринимательской деятельности; прибыль представляет собой разность между совокупным доходом и совокупными затратами в процессе осуществления предпринимательской деятельности. Прибыль – это особый систематически воспроизводимый ресурс коммерческой организации, конечная цель развития бизнеса» [3].

Как считают Н.Н. Барткова, Н.Н. Крупина [1], Е.В. Сесько, А.И. Кагарманова [5], прибыль является денежным выражением положительной разницы между доходами и расходами предприятия. Каждая организация заинтересована в максимизации своего размера, но многие факторы, как внутренние, так и внешние, влияют на формирование прибыли. Финансовый результат, выраженный в форме прибыли, говорит об успешности и эффективности работы предприятия. В противном случае, когда расходы превышают доходы, компания несет убытки. Отрицательный финансовый результат может возникнуть в результате чрезмерно высоких затрат или недостаточного дохода от продажи товаров или услуг из-за сокращения предложения товаров или снижения потребительского спроса.

Управление формированием прибыли организации – это комплекс определенных мероприятий по управлению кредитно-денежными отношениями организации, которые реализуются в установленном порядке ответственной структурой для решения задач по восстановлению, расширению и укреплению финансов [2]. В каждом уставе организации описаны задачи по управлению прибылью – это улучшение финансовых результатов или увеличение прибыли организации [4, 6–10].

Цель работы – определение состояния управления формированием прибыли организации и изыскание путей его совершенствования. Объект исследования – крупное сельскохозяйственное предприятие Воронежской области – СХА «Родина Пятницкого» Таловского района.

Обсуждение

СХА «Родина Пятницкого» имеет зерноподсолнечниково – молочную специализацию. На основе данных таблицы 1 установлено, что СХА «Родина Пятницкого» является предприятием, имеющим высокую капитальную устойчивость, так как предприятие финансово независимо и функционирует за счет собственных финансовых ресурсов, при этом рентабельность СХА «Родина Пятницкого» сокращается наряду со снижением оборачиваемости.

Таблица 1.

Показатели финансового состояния СХА «Родина Пятницкого»

Table 1.

The financial indicators farm “Rodina pyatnitskogo”

Показатели | Indicators	Норматив Standard	2016 г.	2017 г.
Коэффициент абсолютной ликвидности | Absolute liquidity ratio	0,1–0,2	0,11	0,52
Коэффициент промежуточной ликвидности | Intermediate liquidity ratio	0,7–0,8	1,82	2,00
Коэффициент текущей ликвидности | Current liquidity ratio	1–2	27,76	22,55
Коэффициент автономии | Autonomy ratio	>0,5	0,95	0,93
Коэффициент маневренности собственного капитала | The flexibility ratio of equity	0,4–0,6	0,53	0,53
Коэффициент обеспеченности собственным оборотным капиталом The ratio of own working capital	0,4–0,6	0,96	0,96
Рентабельность активов, % | Return on assets,%	–	7,30	3,19
Рентабельность собственного капитала, % | Return on equity,%	–	7,73	3,44
Рентабельность основной деятельности, % | Profitability of the main activity,%	–	11,23	8,01
Коэффициент оборачиваемости запасов | Inventory turnover ratio	–	1,24	1,23
Коэффициент оборачиваемости собственного капитала | Equity turnover ratio	–	0,63	0,62
Коэффициент оборачиваемости активов | Asset turnover ratio	–	0,60	0,58

Как и у всех коммерческих предприятий, основной целью деятельности СХА «Родина Пятницкого» является получение прибыли. Формирование конечного финансового результата исследуемого предприятия отражено в таблице 2.

На основе расчетов, представленных в таблице 3, установлено, что качество доходов СХА «Родина Пятницкого» в 2017 году низкое, поскольку «золотое правило экономики» не соблюдается. Темп роста активов выше темпа

роста выручки, а прибыль напротив не растет, а сокращается. В частности, прибыль сократилась в 2,2 раза, выручка расчет на 1,1% при росте объеме активов на 5,0%. В то же время нельзя не отметить рост себестоимости на 4%.

Таблица 2.

Финансовые результаты СХА «Родина Пятницкого»

Table 2.

Financial results of SHA “Rodina pyatnitskogo”

Показатель | Indicator	2016 г.	2017 г.	Темп роста, % Growth rate, %
Выручка (нетто) от продажи товаров, продукции, работ и услуг Revenue (net) from the sale of goods, products, works and services	171865	173741	101,1
Себестоимость проданных товаров, работ, услуг Cost of goods sold, work, services	154517	160853	104,1
Валовая прибыль (убыток) | Gross profit (loss)	17348	12888	74,3
Коммерческие расходы | Selling expenses	0	0	0,0
Управленческие расходы | Administrative expenses	0	0	0,0
Прибыль (убыток) от продаж | Profit (loss) from sales	17348	12888	74,3
Проценты к получению | Interest receivable	48	0	0,0
Проценты к уплате | Percentage to be paid	1070	1845	172,4
Прочие доходы | Other income	10036	5110	50,9
Прочие расходы | other expenses	5267	5714	108,5
Прибыль (убыток) до налогообложения | Profit (loss) before tax	21095	10439	49,5
Текущий налог на прибыль | Current income tax	0	0	0,0
Прочее | Other	177	841	475,1
Чистая прибыль | Net profit	20918	9598	45,9
Совокупный финансовый результат за период The total financial result for the period	20918	9598	45,9

Таблица 3.

Система показателей роста СХА «Родина Пятницкого» в 2017 г.

Table 3.

System growth the farm “Rodina pyatnitskogo”, 2017.

Показатель | Indicator	Темпы роста, % Growth rate, %
Чистая прибыль | Net profit	45,9
Прибыль от продаж | Sales profit	74,3
Выручка | Revenue	101,1
Себестоимость продаж | Cost of sales	104,1
Активы | Assets	105,0

Поэтому ни одна связная закономерность не соблюдается. Это говорит об отсутствии закономерного развития на исследуемом предприятии. По данным таблицы 4, выручка предприятия значительна, притом её удельный вес в структуре доходов возрос и составил 97% от всех доходов в 2017 году. При этом абсолютная величина полученной выручки увеличилась на 1876 тыс. р. Прочие доходы в 2017 году сокращены по сравнению с 2016 годом почти на 50%, включая снижение государственной поддержки.

Данные таблицы 5 указывают на рост общей суммы расходов в 2017 году на 8222 тыс. р. или 5%, и в их структуре произошли изменения. Так, прирост себестоимости составил 6336 тыс. р. или 4%, прочие расходы были увеличены на 19%, а ЕСХН вырос почти в 5 раз.

Таблица 4.

Структура доходов СХА «Родина Пятницкого»

Table 4.

The income structure of the farm “Rodina pyatnitskogo”

Показатель Indicator	2016 г.		2017 г.		Отклонение Derivation	
	тыс. р. thousand rubles	в % к итогу % of total	тыс. руб. thousand rubles	в % к итогу % of total	тыс. р. thousand rubles	%
Выручка | Revenue	171865	94,5	173741	97,1	1876	101,1
Прочие доходы | Other income	10084	5,5	5110	2,9	-4974	50,7
Всего доходов | Total revenue	181949	100,0	178851	100,0	-3098	98,3

Таблица 5.

Структура расходов в СХА «Родина Пятницкого»

Table 5.

The cost structure at the farm "Rodina pyatnitskogo"

Показатель Indicator	2016 г.		2017 г.		Отклонение Derivation	
	тыс. р. thousand rubles	в % к итогу % of total	тыс. р. thousand rubles	в % к итогу % of total	тыс. р. thousand rubles	%
Себестоимость | Cost price	154517	96,0	160853	95,0	6336	104,1
Прочие расходы | other expenses	6337	3,9	7559	4,5	1222	119,3
ЕСХН | ESC	177	0,1	841	0,5	664	475,1
Всего расходов | Total expenses	161031	100,0	169253	100,0	8222	105,1

Данные таблицы 6 иллюстрируют основные факторы роста общей себестоимости производимой продукции менее чем на 1% от прошлого года. Наиболее крупными в составе затрат являются материальные затраты, удельный вес которых составил порядка 60%.

Метод дифференциальных вычислений, представленный в таблице 7, позволяет выявить, что на снижение прибыли от продаж наибольшее влияние оказало сокращение рентабельности. За счет этого фактора прибыль от продаж снизилась на 4599 тыс. р. Рост выручки повлек за собой незначительный рост прибыли от продаж – всего на 189 тыс. руб. При этом отрицательное влияние оказали и не учитываемые моделью факторы. За счет них прибыль снизилась на 50 тыс. р.

Таблица 6.

Состав и динамика затрат СХА «Родина Пятницкого» по экономическим элементам

Table 6.

The composition and the dynamics of the cost of the farm "Rodina pyatnitskogo" according to the economic elements

Показатель Indicator	2016 г.		2017 г.		Отклонение Derivation	
	тыс. р. thousand rubles	в % к итогу % of total	тыс. р. thousand rubles	в % к итогу % of total	тыс. р. thousand rubles	%
Материальные затраты | Material costs	130636	60,3	124130	57,1	-6506	95,0
Затраты на оплату труда | Labor costs	45654	21,1	48052	22,1	2398	105,3
Отчисления на социальные нужды Deductions for social needs	14605	6,7	15648	7,2	1043	107,1
Амортизация основных средств Depreciation of fixed assets	21271	9,8	23627	10,9	2356	111,1
Прочие затраты | Other costs	4317	2,0	5820	2,7	1503	134,8
Итого | Total	216483	100,0	217277	100,0	794	100,4

Таблица 7.

Факторный анализ прибыли от продаж в СХА «Родина Пятницкого»

Table 7.

Factor analysis of profit from sales of the farm "Rodina pyatnitskogo"

Показатель Indicator	2016 г.	2017 г.	Отклонение (+;-) Derivation
Выручка (В), тыс. р. | Revenue (B), thousand RUR	171865	173741	1876
Рентабельность продаж (R) | Return on sales (R)	0,1009	0,0742	-0,0268
Прибыль от продаж (П), тыс. р. | Profit from sales (P), thousand RUR	17348	12888	-4460
Изменение прибыли за счет выручки (R2016×ΔB) | Profit change due to revenue			189
Изменение прибыли за счет рентабельности (ΔR×B2016) | Profit change due to profitability			-4599
Изменение прибыли за счет неучтенных факторов (ΔR×ΔB) | Profit change due to unrecorded factors			-50

Для уточнения выводов в таблице 8 проведена оценка основных факторов формирования прибыли от продаж по видам продукции. Установлено, что из представленных видов продукции в 2017 году прибыльны были зерно, подсолнечник и молоко. При этом наблюдается снижение прибыли по зерну и подсолнечнику, а по молоку отмечен ее рост.

Как показывают данные таблицы 9, сокращение цены зерновой продукции на 30% практически при росте себестоимости на 23% и при росте объема реализации данного вида продукции на 42% повлекло за собой сокращение прибыли почти на 8 млн р.

Таблица 8.

Показатели формирования прибыли от продаж по основным видам продукции в СХА «Родина Пятницкого»

Table 8.

Indicators of formation of profit from sales by main types of products of the farm “Rodina pyatnitskogo”

Виды продукции | Types of products	2016 г.	2017 г.	Отклонение (+,–) |Derivation
Количество реализованной продукции, ц | The number of sales, c			
Зерно | Grain	51323	72607	21284
Подсолнечник | Sunflower	18185	17386	-799
Молоко | Milk	33404	34215	811
Себестоимость 1 ц, р. | The cost of 1 kg, rubles			
Зерно | Grain	613,51	531,49	-82,02
Подсолнечник | Sunflower	913,56	941,39	27,83
Молоко | Milk	2258,47	2307,18	48,71
Цена реализации 1 ц, р. | Selling price 1 centner, rubles			
Зерно | Grain	847,14	587,68	-259,46
Подсолнечник | Sunflower	1803,79	1519,79	-284
Молоко | Milk	2315,56	2631,24	315,68
Прибыль (убыток) от продаж на 1 ц, р. | Profit (loss) from sales at 1 kg, rubles			
Зерно | Grain	233,64	56,19	-177,45
Подсолнечник | Sunflower	890,24	578,40	-311,84
Молоко | Milk	57,09	324,07	266,98
Прибыль (убыток от продаж) на всю продукцию, тыс. р. | Profit (loss on sales) for all products, thousand rubles			
Зерно | Grain	11991	4080	-7911
Подсолнечник | Sunflower	16189	10056	-6133
Молоко | Milk	1907	11088	9181

Таблица 9.

Динамика факторов формирования прибыли от продаж по основным видам продукции в СХА «Родина Пятницкого»

Table 9.

Dynamics of factors of formation of profit from sales by main types of products of the farm “Rodina pyatnitskogo”

Показатель Indicator	Темп роста, % | Growth rate, %			Отклонения 2017 года от 2016 года, тыс. р.			
	количества quantities	себестоимости cost price	цены prices	всего	в т. ч. за счет количества including by quantities	себестоимости cost price	цены prices
Зерно | Grain	141,47	122,56	69,37	-7911	4973	5955	-18839
Подсолнечник | Sunflower	95,61	98,52	84,25	-6133	-711	-484	-4938
Молоко | Milk	102,43	104,64	113,63	9181	46	-1667	10801

Сокращение объемов производства подсолнечника на 4,4% наряду с сокращением затрат на 1,5% и сокращением цены реализации на 5,7% стало причиной сокращения финансового результата на 6133 тыс. руб. В целом наибольший урон по прибыли, полученной от подсолнечника, нанесли цены – за счет этого фактора предприятие потеряло почти 5 млн р.

Прибыль от молока растет. Это обусловлено ростом количества реализации данного вида продукции и ростом его цены. При этом фактором, максимально положительно влияющим на финансовый результат по основному виду продукции предприятия – молоку, являются цены.

Для улучшения финансового результата предприятию необходимо совершенствовать управление расходами для целей их оптимизации. При этом важно отслеживать изменение прочих доходов и расходов, которые могут как положительно, так и отрицательно влиять на конечный финансовый результат.

В целях совершенствования управления прибылью предприятия предложено использовать операционный анализ (таблица 10).

Установлено, при реализации зерна на сумму 30821 тыс. р., подсолнечника на сумму 6013 тыс. р. и молока на сумму 58451 тыс. р. (порог рентабельности) СХА «Родина Пятницкого» покроет все свои затраты и начнет получать прибыль.

Рассчитанный запас финансовой прочности по зерну, подсолнечнику и молоку высок и составляет 27,8, 77,2 и 35,1% от выручки соответственно, это указывает на спокойное финансовое состояние хозяйства в части данного производства. При этом по зерну запас финансовой прочности самый низкий, а эффект операционного рычага высок.

Таблица 10.

Операционный анализ основных видов продукции СХА «Родина Пятницкого» в 2017 году

Table 10.

Operational analysis of the main products of the farm “Rodina pyatnitskogo” in 2017

Показатель | Indicator	Зерно Grain	Подсолнечник Sunflower	Молоко Milk
Выручка от продажи продукции, тыс. р. | Revenue from sales of products, thousand rubles:	42670	26423	90028
объем реализации продукции, ц | sales volume, c	72607	17386	34215
цена, р./ц | price, rubles/c	587,68	1519,79	2631,24
Переменные затраты, тыс. р. | Variable costs, thousand rubles:	27978	13405	58416
переменные затраты на единицу продукции, р./ц | variable costs per unit of output, rubles/c	385,33	771,00	1707,31
Валовая маржа, тыс. р. | Gross margin, thousand rubles.	14692	13018	31612
Постоянные затраты, тыс. р. | Fixed costs, thousand rubles.	10612	2962	20524
Прибыль от реализации, тыс. р. | Profit from sales, thousand rubles	4080	10056	11088
Эффект операционного рычага | Effect of the operating lever	3,60	1,29	2,85
Коэффициент валовой маржи | Gross Margin Ratio	0,34	0,49	0,35
Порог рентабельности, тыс. р. | Threshold of profitability, thousand rubles:	30821	6013	58451
порог рентабельности, ц | threshold of profitability, c	52445	3956	22214
Запас финансовой прочности, тыс. р. | Financial strength, thousand rubles:	11849	20410	31577
запас финансовой прочности, % | financial strength margin, %	27,8	77,2	35,1

Используя правило 50%, установлено, что переменные затраты в выручке составляют почти 66%, то есть для получения прибыли организации необходимо сокращать переменные затраты. Но если этого не произойдет, то нами предложен вероятностный прогноз роста объема реализации за счет роста урожайности и посевной площади зерновых.

Заключение

В результате 20% рост выручки и переменных затрат может повлечь за собой рост прибыли по зерну на 72% при неизменном пороге рентабельности и благоприятном для финансового состояния увеличении запаса финансовой прочности. Заметим, что в случае снижения выручки и переменных затрат картина будет обратной. Выполнение аналогичных расчетов по всему ассортименту продукции в сочетании различных вариантов обеспечит составление оптимальной производственной программы для получения максимальной прибыли. Таким образом, применение предложенных приёмов финансового менеджмента позволит совершенствовать механизм управления формированием прибыли СХА «Родина Пятницкого» с целью ее повышения. Используя представленное исследование по совершенствованию управления формированием прибылью, другие коммерческие организации смогут улучшить свои финансовые результаты.

ЛИТЕРАТУРА

1 Барткова Н.Н., Крупина Н.Н. Амортизационная политика: формирование и анализ: монография. М.:НИЦ ИНФРА-М, 2016. 301 с.

2 Ефимова О.В. Финансовый анализ: современный инструментарий для принятия экономических решений: учебник, изд. 3-е. М.: Издательство «ОмегаЛ», 2010. 351 с.

3 Ионова А.Ф., Селезнева Н.Н. Финансовый анализ. Управление финансами: учеб. пособие для вузов, изд. 2-е. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. 639 с.

4 Ковалев В.В. Управление денежными потоками, прибылью и рентабельностью. М.: Проспект, 2008. 336 с.

5 Сесько Е.В., Кагарманова А.И. Особенности формирования прибыли на российских предприятиях // Вестник современных исследований. 2018. № 4.2 (19). С. 527–529.

6 Kerzner H., Kerzner H.R. Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling. John Wiley & Sons, 2017.

7 Choi Y., Ye X., Zhao L., Luo A.C. Optimizing enterprise risk management: a literature review and critical analysis of the work of Wu and Olson // Annals of Operations Research. 2016. V. 237. № 1–2. P. 281–300.

8 Bali S., Uslu Y.D. Enterprise risk management in non-profit organization // Handbook of research on managerial solutions in non-profit organizations. IGI Global, 2017. С. 75–93.

9 Grace M.F., Leverty J.T., Phillips R.D., Shimpi P. The value of investing in enterprise risk management // Journal of Risk and Insurance. 2015. V. 82. № 2. P. 289–316.

10 Farrell M., Gallagher R. The valuation implications of enterprise risk management maturity // Journal of Risk and Insurance. 2015. V. 82. № 3. P. 625–657.

11 Рейн А.Д., Черемухин А.Д., Козлов В.Д. Перспективные направления воспроизводства ресурсов с целью повышения эффективности производства молока // Вестник НГИЭИ. 2017. № 6 (73). С. 101–108.

12 Черемухин А.Д. Применение модифицированных производственных функций при описании процесса зернопроизводства // Вестник НГИЭИ. 2018. № 12 (91). С. 80–87.

REFERENCES

1 Bartkova N.N., Krupina N.N. Amortizacionnaya politika: formirovanie i analiz [Depreciation policy: formation and analysis: monograph]. Moscow, NIC INFRA-M, 2016. 301 p. (in Russian).

2 Efimova OV. Finansovyj analiz: sovremennyj instrumentarij dlya prinyatiya ekonomicheskih reshenij [Financial analysis: modern tools for making economic decisions: textbook, ed. 3rd]. Moscow, Publishing house "OmegaL", 2010. 351 p. (in Russian).

3 Ionov A.F., Seleznev N.N. Finansovyj analiz. Upravlenie finansami [The financial analysis. Financial management: studies. manual for universities, ed. 2nd]. Moscow, YUNITI-DANA, 2012. 639 p. (in Russian).

4 Kovalev V.V. Upravlenie denezhnymi potokami, pribyl'yu i rentabel'nost'yu [Cash flow, profit and profitability management]. Moscow, Prospekt, 2008. 336 p. (in Russian).

5 Sesko E.V., Kagarmanova A.I. Features of the formation of profits at Russian enterprises. *Vestnik sovremennyh issledovanij* [Bulletin of modern research]. 2018. no. 4.2 (19). pp. 527–529. (in Russian).

6 Kerzner H., Kerzner H.R. Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling. John Wiley & Sons, 2017.

7 Choi Y., Ye X., Zhao L., Luo A.C. Optimizing enterprise risk management: a literature review and critical analysis of the work of Wu and Olson. Annals of Operations Research. 2016. vol. 237. no. 1–2. pp. 281–300.

8 Bali S., Uslu Y.D. Enterprise risk management in non-profit organization. Handbook of research on managerial solutions in non-profit organizations. IGI Global, 2017. pp. 75–93.

9 Grace M.F., Leverty J.T., Phillips R.D., Shimpi P. The value of investing in enterprise risk management. Journal of Risk and Insurance. 2015. vol. 82. no. 2. pp. 289–316.

10 Farrell M., Gallagher R. The valuation implications of enterprise risk management maturity. Journal of Risk and Insurance. 2015. vol. 82. no. 3. pp. 625–657.

11 Rejn A.D., Cheremuhin A.D., Kozlov V.D. Perspective directions of the reproduction of resources in order to increase the efficiency of milk production. *Vestnik NGIEI* [Herald NGIEI]. 2017. no. 6 (73). pp. 101–108. (in Russian).

12 Cheremuhin A.D. Application of modified production functions when describing the process of grain production. *Vestnik NGIEI* [Herald NGIEI]. 2018. no. 12 (91). pp. 80–87. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Владимир Н. Нарижний студент, Воронежский ГАУ, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, vladimir.narizhny95@gmail.com

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Владимир Н. Нарижний полностью подготовил рукопись и несет ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 10.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Vladimir N. Narizhny student, Voronezh state agricultural university, Michurina str. 1, Voronezh, 394087, Russia, vladimir.narizhny95@gmail.com

CONTRIBUTION

Vladimir N. Narizhny fully prepared the manuscript and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The author declares no conflict of interest.

RECEIVED 1.10.2019

ACCEPTED 2.18.2019

Краткое сообщение/ Short message

УДК 330

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-492-499

Предпринимательские риски: психологические особенности оценки рисков в бизнесе

Ирина А. Киселева [1] kia1962@list.ru
Николай Е. Симонович [2] nsimoni@mail.ru
Ирина Ю. Князева [3] i.knyazeva@icloud.com

[1] Российский экономический Университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, Россия
[2] Российский Государственный Гуманитарный Университет, Миусская пл., 6, г. Москва, Россия
[3] Воронежский филиал Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова, ул. Карла Маркса, 67А, Воронеж, Россия

Аннотация. Анализ рисков предприятия позволяет избежать не только существенных материальных потерь, но и невосполнимого ущерба и даже банкротства. Риск – это вероятность ущерба (убытка, неудачи) вследствие неопределенности результата. Предпринимательский риск возникает при любых видах предпринимательской деятельности, связанной с производством и реализацией продукции, товарно-денежными и финансовыми операциями. Цель работы изучить особенности предпринимательских рисков. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи: раскрыть понятие и сущность предпринимательского риска; охарактеризовать виды предпринимательского риска; отобразить особенности взаимодействия финансового и операционного рычагов и оценки суммарного риска. Вывод: Избежать риска в предпринимательской деятельности практически невозможно, но можно уменьшить степень риска. Управление риском состоит в прогнозировании неблагоприятных событий и принятии мер, до некоторой степени предупреждающих негативные последствия этих событий.

Ключевые слова: риски, управление рисками, предпринимательские риски, экономическая безопасность, предприятие

Business risks: psychological features of risk assessment in business

Irina A. Kiseleva [1] kia1962@list.ru
Nikolai E. Simonovich [2] nsimoni@mail.ru
Irina Yu. Knyazeva [3] i.knyazeva@icloud.com

[1] Plekhanov Russian University of economics, Stremyanny alley, 36, Moscow, Russia
[2] Russian State Humanitarian University, Miusskaya sq., 6, Moscow, Russia
[3] Voronezh branch of the Russian Economic University named after G.V. Plekhanov, Karl Marx str., 67A, Voronezh, Russia

Abstract. The risk analysis of the enterprise allows to avoid not only substantial material losses, but also irreplaceable damage and even bankruptcy. Risk is the probability of damage (loss, failure) due to the uncertainty of the result. Entrepreneurial risk arises from any type of entrepreneurial activity related to the production and sale of products, commodity-money and financial transactions. The purpose of the work to study the factors of particular entrepreneurial even risks. To achieve the stage of this goal, the following natural tasks were set optimally for energy resources: to reveal the concept of the most and the essence of entrepreneurial high risk; characterize the investment types of entrepreneurial risk; display the developmental features of the interaction classification of financial and operational optimal leverage and the estimated price of the total risk receives. Conclusion: Avoiding risk in business is almost impossible, but you can reduce the degree of risk. Risk management consists of predicting adverse events and taking measures to some extent preventing the negative consequences of these events.

Keywords:risks, risk management, business risks, economic security, enterprise

Риск – это вероятность ущерба (убытка, неудачи) вследствие неопределенности результата. Предпринимательский риск возникает при любых видах предпринимательской деятельности, связанной с производством и реализацией продукции, товарно-денежными и финансовыми операциями.

Опыт развития всех стран показывает, что игнорирование или недооценка хозяйственного риска при разработке тактики и стратегии экономической политики, принятии конкретных решений неизбежно сдерживает развитие общества, научно-технического прогресса, обрекает экономическую систему на застой.

Возникновение интереса к проявлению риска в хозяйственной деятельности в России связано с проведением экономических реформ. Хозяйственная среда становится все более рыночной, вносит в предпринимательскую деятельность дополнительные элементы неопределенности, расширяет зоны рисковых ситуаций. В этих условиях возникают неясность и неуверенность в получении ожидаемого конечного результата , а следовательно, возрастает и степень предпринимательского риска.

Для цитирования
Киселева И.А., Симонович Н.Е., Князева И.Ю. Предпринимательские риски: психологические особенности оценки рисков в бизнесе // Вестник ВГУИТ.2019. Т. 81. № 1. С. 492–499. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-492-499

For citation
Kiseleva I.A., Simonovich N.E., Knyazeva I.Yu. Business risks: psychological features of risk assessment in business. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 492–499. (inRussian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-492-499

Экономические преобразования, происходящие в России, характеризуются ростом числа предпринимательских структур , созданием ряда новых рыночных инструментов. В связи с процессами демонополизации и приватизации государство правомерно отказалось от роли единоличного носителя риска , переложив всю ответственность на предпринимательские структуры.

Однако большое число предпринимателей открывают свое дело при самых неблагоприятных условиях. Нарастающий кризис экономики России в настоящее время является одной из причин усиления предпринимательского риска, что приводит к увеличению числа убыточных предприятий.

Избежать полностью риска невозможно. Умение рисковать – это умение проводить границу между оправданным и неоправданным риском в каждом конкретном случае.

На Западе, даже в относительно стабильных экономических условиях, субъекты хозяйствования уделяют пристальное внимание вопросам управления рисками. В то же время, в российской экономике, где факторы экономической нестабильности и без того усложняют эффективное управление предприятиями, проблемам анализа и управления комплексом рисков, возникающих в процессе их экономической деятельности, уделяется явно недостаточное внимание.

Среди теоретиков, внесших реальный вклад в развитие теории риска, можно выделить таких ученых, как Дж. М.Кейнс, А. Маршалл, О.Моргенштейн, Ф. Найт, Дж. Нейман, Б.А. Райзберг, В.В.Черкасов.

1 Сущность и классификация предпринимательских рисков

Любая производственная и финансовая деятельность сопряжена с предпринимательским риском, что выражается потерей ресурсов или снижением доходов по сравнению с базовым или планируемым вариантом, рассчитанным на эффективное использование материальных и финансовых ресурсов.

Слово «риск» означает «подводная скала», т. е. опасность. В толковом словаре русского языка под риском следует понимать «действие на удачу, в надежде на счастливый исход». В современном понимании риск характеризуется как угроза потерь доходов, экономических выгод.

Риск – это опасность потери материальных и денежных ресурсов, убытки, недопоступления планируемых доходов, прибыли, имеющие место в предпринимательской деятельности. Риск измеряется абсолютными и относительными показателями.

Характеризуя риски, следует различать определения «расходы» и «убытки».

Расходы (издержки) возникают всегда в условиях производства продукции, оказания услуг в пределах плана или сверх плана при соответствующем увеличении объема производства.

Убытки – это потери предприятия , не предусмотренные плановым заданием и возникающие в результате просчетов , изменения условий хозяйствования, сбыта продукции, аварийных ситуаций и прочих отклонений от нормы .

При оценке рисков потери следует дифференцировать как потери рабочего времени, материальные, трудовые, финансовые. Все виды потерь учитываются в разных единицах измерения. При необходимости обобщения оценки потерь (убытков) физические единицы измерения переводят в стоимостные. Например , потери рабочего времени при устранении аварийной ситуации в часах можно пересчитать в стоимостном выражении (время простоя в часах х количество рабочих х стоимость одного часа). Кроме того, из-за потерь рабочего времени легко определить убытки от снижения выпуска продукции, объема реализации и недополучения прибыли.

Различают следующие виды риска, связанные:

- с хозяйственной деятельностью;
- личностью предпринимателя;
- недостатком информации о состоянии внешней среды.

В предпринимательской деятельности существует большое количество различных рисков, так как каждому его виду присущи своеобразные (специфические) риски. Например , для банковской деятельности типичными рисками являются: валютные, кредитные и процентные. Для коммерческой деятельности характерными являются : риск неплатежеспособности, экономические и ценовые риски.

Риски отличаются по месту и времени возникновения, совокупности внешних и внутренних условий, виду предпринимательской деятельности, характеру учета и множества факторов, что позволяет их квалифицировать по различным групповым признакам.

Так, производственные риски возникают в зависимости от структуры и состояния активов баланса, а состояние источников средств предприятия (пассив баланса) влияет на финансовые риски. Производственные и финансовые риски взаимообусловлены и отражаются на финансовом положении предприятия в долгосрочном периоде.

Производственный риск зависит от организационно-правовой формы и вида бизнеса, конъюнктуры рынка, сложившихся традиций потребления и даже географического размещения производителя. Инвестируя создание и техническое развитие материально-технической базы, предприниматель ограничивает возможности использовать свой капитал в других отраслях и получить более высокую прибыль.

Производственный риск включает в себя не только риск продавца, но и риск производителя, который заключается в том, что экономическая ситуация на рынке может измениться таким образом, что данная продукция станет неконкурентоспособной. При этом себестоимость производства продукции может быть выше цены товара. Причины такого явления также могут быть весьма разнообразными, например удорожание сырья, энергоресурсов и транспорта, стихийные бедствия, падение спроса на предлагаемую продукцию и т. д. Но даже при благоприятной экономической ситуации низкий уровень организации производства, устаревшие технологии также могут быть причиной нерентабельного производства. Например, создание сверхнормативных запасов сырья, готовой продукции замораживает оборотные средства, что, в свою очередь, ухудшает технико-экономические показатели хозяйствующих структур.

Финансовый риск зависит от источников средств предпринимателя и соотношения этих источников в балансе предприятия. Например, соотношение собственных и заемных средств, доли внеоборотных активов и т. д.

Финансовый риск связан с вероятностью потери финансовых ресурсов. К основным видам финансовых рисков относят риски, вызванные следующими факторами:

1) необоснованным увеличением заемных средств в качестве источников финансирования;

2) вложением средств в ценные бумаги;

3) изменением спроса на продукцию предприятия;

4) изменением покупательной способности денег;

5) сверхплановыми капитальными вложениями (инвестиционные риски).

Инвестиционный риск представляет собой риск инвестора в недополучении или полном отсутствии прибыли на вложенные денежные средства.

Весь процесс инвестирования можно разбить на следующие этапы: разработка проекта предприятия (подготовительная стадия) → строительство и пусконаладочные работы (эксплуатационная стадия) → производство продукции → реализация произведенной продукции с целью получения прибыли.

На каждом из этих этапов возможны различные ситуации, которые увеличивают риск инвестора. Так, на стадии проектирования (подготовительная стадия) возможны ошибки, неточности, которые нивелируют все достоинства предварительного бизнес-плана. На стадии строительства могут не соблюдаться сроки строительных работ, поставки оборудования, отклонения от проектируемой технологии переработки сырья, что отразится на снижении выпуска продукции, увеличении сроков освоения мощностей, повышении затрат на производство и снижении конкурентоспособности продукции и т. д.

Таким образом, при инвестиционной деятельности следует моделировать ситуацию на рынке производимого товара, динамику изменения цен на сырье, материалы и другие компоненты, необходимые при производстве товара, и прогнозировать состояние дел в области строительства, науки и ряда других факторов. Все это обусловливает значительное количество инвестиционных рисков.

Особенно высока степень риска инвестиций в наукоемкие инновации. Вложение средств в научные разработки всегда имели вероятностный характер. Инвестиции с высоким уровнем риска называют рисковым капиталом. Крупные рисковые инвестиции вкладывают в осуществление инновационных проектов, в новые сферы деятельности.

Коммерческий риск обычно проявляется в коммерческой деятельности, под которой понимается процесс купли-продажи товаров и услуг с целью получения прибыли. Предприниматель выступает в роли коммерсанта (торговца), продавая готовые товары, приобретенные им у других лиц, потребителю. При таком предпринимательстве прибыль образуется путем продажи товара по цене, превышающей цену приобретения. Как правило, процесс покупки товаров и их последующая перепродажа происходят не одномоментно, а имеют разрыв во времени. Но поскольку ситуация на рынке товаров меняется, то отсюда вытекает основная причина коммерческого риска – товар, купленный ранее до продажи, позднее не находит спроса по установленной цене. Продавец может получить не ту прибыль, на которую рассчитывал при покупке товара, что объясняется различными причинами: от сезонных колебаний спроса и предложения и изменения покупательского потенциала

населения до стихийных бедствий и других форс-мажорных обстоятельств. Прогнозировать состояние потребительского спроса весьма затруднительно, поскольку учесть все причины его изменения практически невозможно.

По факторам возникновения риски подразделяются на природные, экономические, политические, техногенные.

Природные риски обусловлены стихийными бедствиями и катастрофами, имеющими природное происхождение. Природные катастрофы – одни из самых масштабных, так как приводят к огромным человеческим жертвам и экономическим потерям.

Экономические риски – это риски, обусловленные неблагоприятными изменениями в экономике предприятия или в экономике страны. Наиболее распространенным видом экономического риска является изменение конъюнктуры рынка, увеличение банковской учетной ставки, приводящее к удорожанию кредита, несбалансированная ликвидность, некомпетентное управление и др. Чтобы избежать внимание последствий этих рисков, необходимо развивать в стране управленческое консультирование, что позволит инвесторам получать независимую экспертизу, подтверждающую уровень обоснованности оценок экономических ситуаций.

Политические риски обусловлены нестабильностью политической обстановки в стране , влияющей на предпринимательскую деятельность (закрытие границ, запрет на вывоз товара в другие страны, военные действия на территории страны, действия экстремистских и криминальных организаций и др.). Последствия политических рисков трудно прогнозировать.

Техногенные риски связаны с неконтролируемым вмешательством человека в природу . По мере развития цивилизации техногенные риски приобретают все большие масштабы.

Отдельные группы рисков можно и нужно предвидеть и прогнозировать.

В этой связи риски подразделяют на расчетные и текущие, последние риски возникают в процессе реализации проектов.

Учитывая вышеназванные факторы риска их можно сгруппировать на внутренние, зависящие от коллектива предприятия, инвесторов, кредиторов, и внешние, не зависящие от участников инвестиционных проектов.

В стране определены и действуют единые экономические и правовые основы инвестиционных действий, но автономные образования Российской Федерации разрабатывают и используют местные региональные акты , которые могут существенно влиять на степень инвестиционного риска по регионам страны.

Основными источниками риска являются:

- непредсказуемость, спонтанность природных процессов и явлений;
- случайность социальных рисков;
- наличие противоборствующих тенденций, столкновение противоречивых интересов в рыночных условиях;
- непредсказуемый результат научно-технических разработок.

В зависимости от величины потерь можно выделить следующие зоны риска.

Безрисковая зона – это область, в которой потери не ожидаются, ей соответствуют нулевые потери или отрицательные (превышение прибыли).

Под зоной допустимого риска понимается область, в пределах которой данный вид предпринимательской деятельности сохраняет свою экономическую целесообразность, т. е. потери есть, но они меньше ожидаемой прибыли . Границы зоны допустимого риска соответствуют уровню потерь, равному расчетной прибыли от предпринимательской деятельности .

Более опасная область – зона критического риска, характеризуемая возможностью потерь в размере свыше величины ожидаемой прибыли вплоть до величины полной расчетной ожидаемой выручки от предпринимательства.

Иначе говоря, зона критического риска характеризуется опасностью потерь, которые заведомо превышают ожидаемую прибыль и в пределе могут привести к невозмещенной утере всех средств, вложенных предпринимателем в дело. В последнем случае предприниматель не только не получает от сделки никакого дохода , но и несет убытки в сумме всех бесплодных затрат .

Зона катастрофического риска представляет собой область потерь, которые по своей величине превосходят критический уровень и в пределе могут достигать величины, равной имущественному состоянию предпринимателя. Катастрофический риск способен привести к краху , банкротству, полному крушению предприятия, его закрытию и распродаже имущества.

К категории катастрофических относятся риски, связанные с прямой опасностью для жизни людей или с возникновением экологических катастроф.

2 Методы оценки предпринимательского риска

В практической деятельности применяются различные методы оценки предпринимательского риска, в состав которых входят: статистические; аналитические ; метод аналогии; метод экспертных оценок и экспертных систем.

К статистическим методам, применяемым для оценки риска, относятся дисперсионный, регрессионный и факторный анализ. К достоинствам этих методов относят их универсальность; а к недостаткам – необходимость большой базы данных, сложность и неоднозначность получения достоверной информации, определенные трудности при анализе динамических рядов и т. д.

С целью расчетов рисков хозяйственной деятельности эти методы применяются редко. Однако в последнее время распространение получил метод кластерного анализа, который используется при разработке бизнес-планов, при расчете общего коэффициента риска на основе данных, полученных путем дифференциации рисков на группы.

Аналитические методы применяются наиболее часто. Их преимущество состоит в том, что они достаточно хорошо разработаны, просты для понимания и оперируют несложными понятиями. К таким методам относят: метод дисконтирования, анализ окупаемости затрат, анализ безубыточности производства, анализ чувствительности, анализ финансовой устойчивости.

При использовании метода дисконтирования корректируется норма дисконта на коэффициент риска, который получается методом экспертных оценок. Недостаток метода дисконтирования в том, что мера риска определяется субъективно.

Применение метода анализа чувствительности предполагает определение влияния изменения различных факторов на результирующие технико-экономические показатели инвестиционного проекта. Иногда вместо чувствительности определяется эластичность результирующего параметра. Методу расчета чувствительности близок один из статистических методов – факторного анализа. В нем также определяется степень влияния различных факторов на результирующий показатель.

Метод финансовой устойчивости используется для оценки основных экономических показателей проекта при неблагоприятном изменении различных факторов. Под устойчивостью в бизнесе подразумевается способность некоторой экономической системы сохранять свою работоспособность после воздействия на нее неблагоприятных факторов. Например, исследуется величина динамики прибыли при изменении цен на сырье и материалы, необходимые для производства продукта.

Метод аналогий предполагает, что оценка риска производится в соответствии с некоторым аналогичным проектом или экономической ситуацией. При этом считается, что экономическая система, в рамках которой реализуется проект, также ведет себя аналогичным образом.

Метод экспертных оценок основан на интуиции и практических знаниях специально подобранных людей – экспертов. Процедура получения оценки проблемы происходит на основе группового мнения экспертов, выраженного в количественной и (или) качественной форме.

При определении количественных показателей наиболее приемлемым считается метод балльных оценок уровня риска, в соответствии с которым составляется перечень факторов риска, который затем ранжируется по степени значимости. Каждому из факторов экспертным путем присваивается балл (при отсутствии риска – 0, минимальный риск от 1 до 2,5 баллов, максимальный риск до 10), т. е. чем выше риск, тем больше балл.

При надлежащем подборе экспертов и оптимальной организации их работы данный метод является одним из самых надежных.

Сложность применения этого метода заключается в процедуре подбора экспертов и организации их работы, устранении конфликтных ситуаций между экспертами, определении рейтинга каждого эксперта, правильной постановке вопроса исследования и т. д.

В отличие от метода экспертных оценок, который основан на интуиции экспертов, метод экспертных систем представляет собой метод, базирующийся на специальном программном обеспечении для ПК, моделирующем действия эксперта-человека при решении задач в узкой предметной области.

Основной недостаток перечисленных методов определения риска заключается в том, что они оперируют с конкретными, детерминированными значениями коэффициентов риска. При этом исключается случайная составляющая процесса эволюции экономической ситуации на рынке товаров и услуг. Игнорирование этой составляющей нередко приводит к искажению результатов. Таким образом, для корректной оценки риска финансово-хозяйственной деятельности необходимо исследовать не только детерминированное изменение рыночной ситуации, но и ее стохастическое изменение.

Оценку рисков следует осуществлять по месту их возникновения: у производителя, продавца, инвестора.

3 Управление рисками

Основной задачей предпринимателя является не отказ от риска вообще, а выборы решений, связанных с управлением риском на основе объективных критериев. Одно из главных правил предпринимательской деятельности гласит: «Не избегать риска, а предвидеть его, стремясь снизить до возможно более низкого уровня». Основной задачей оценки предпринимательских рисков является их систематизация и разработка комплексного подхода к определению степени риска, влияющего на деятельность предпринимателя.

Стратегия и тактика управления рисками рассматривается обычно как система управления риском и экономическими (прежде всего финансовыми) отношениями, возникающими в процессе этого управления, включает стратегию и тактику управленческих действий. Под стратегией управления понимаются направления и способы использования средств для достижения поставленной цели. В соответствии со стратегией выбираются варианты управленческих решений и концентрируются усилия на осуществлении этих вариантов. Тактика – это конкретные приемы и методы, которые служат достижению поставленной цели в реальных условиях. Задачей тактики управления является выбор оптимального решения, приемов и методов управления, наиболее соответствующих конкретной хозяйственной ситуации.

Эти методы в конечном счете способствуют снижению общей величины предпринимательского риска предприятия. Часть из перечисленных методов гарантирует снижение риска в перспективе, часть – немедленно. Отдельные методы можно охарактеризовать как меры прямого воздействия на величину и вероятность реализации риска , другие – как меры опосредованного (косвенного) воздействия.

В российской хозяйственной практике наиболее распространены методы избежания и локализации риска. Этими методами пользуются руководители многих производственных предприятий, которые отказываются от услуг ненадежных посредников, стараются не расширять круг партнеров, работать только с надежными контрагентами. Сдаче в аренду неиспользуемых площадей и оборудования они предпочитают их консервацию, страхованию – поиск гарантов. Хозяйствующие субъекты, использующие методы избежания риска, отказываются от инновационных и иных проектов, эффективность которых вызывает хотя бы незначительные сомнения. Метод «поиска гарантов» широко применяется как мелкими, так и крупными предприятиями.

Существует следующий алгоритм оценки рисков (рисунок 1) [6].

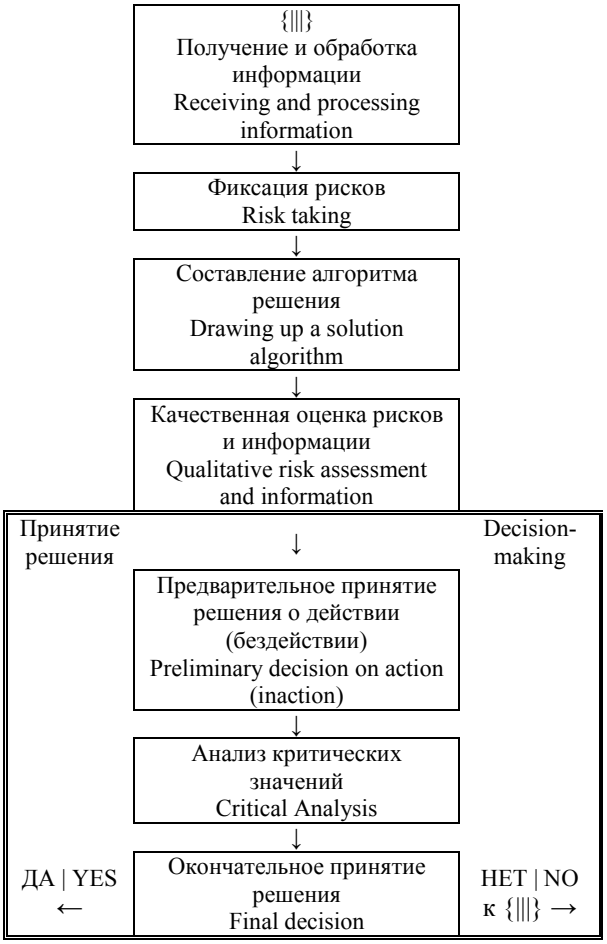


Рисунок 1. Алгоритм оценки рисков

Figure 1. Risk assessment algorithm

В общем виде система методов оценки предпринимательских рисков делится на две группы:[7]

1) качественные методы оценки предпринимательских рисков – с их помощью осуществляется выявление рисков, присущих реализации предполагаемого решения ; определение количественной структуры рисков ; выявление наиболее рискоопасных областей в разработанном алгоритме принимаемого решения;

2) количественные методы оценки предпринимательских рисков – их применение базируется на основе данных, полученных при качественной оценке, то есть оцениваются только те риски, которые присутствуют при осуществлении конкретной операции алгоритма принятия решения.

Риск – категория вероятностная. Поскольку риск связан с вероятностью того , что фактическая доходность будет ниже ее ожидаемого значения , распределения вероятностей являются основой для измерения риска [8]

Распределением вероятностей называется множество возможных исходов с указанием вероятности появления каждого из них. В качестве допустимого риска можно принять угрозу полной потери прибыли от того или иного проекта, или от предпринимательской деятельности в целом.

Критический риск сопряжен уже и с недополучением предполагаемой выручки, когда затраты приходится возмещать за свой счет.

Наиболее опасным является катастрофический риск, приводящий к банкротству предприятия, потере инвестиций и даже личного имущества.

Таким образом, предпринимательский риск – это вероятность потери предпринимателем прибыли, дохода или имущества в результате предпринимательской деятельности.

Любое предприятие несет риски, связанные с его производственной, коммерческой и другой деятельностью, а руководство предприятия отвечает за последствия принимаемых управленческих решений. Фактор риска в предпринимательской деятельности особенно увеличивается в периоды нестабильного состояния экономики, сопровождаемого инфляционными процессами, сверхдорогими кредитами и т. п.

Как экономическая категория риск представляет собой событие, которое может произойти или не произойти.

В зависимости от основной причины возникновения рисков можно выделить разные виды предпринимательских рисков:

- производственный риск – потери предпринимателя, обусловленные сокращением объемов производства продукции, ухудшением ее качества, ростом материальных и трудовых затрат;
- коммерческий риск – потери, возникающие в процессе реализации товаров и услуг;
- финансовый риск – потери, связанные с изменениями условий кредита, колебаниями валютных курсов и стоимости ценных бумаг, с неплатежеспособностью должников , непредвиденными затратами (из-за инфляции), ростом налогов, ростом цен на поставляемые материалы;
- природно-естественные риски, экологические – финансовые потери, вызванные стихийными бедствиями, экологическими катастрофами, вероятность нанесения вреда окружающей среде;
- политические риски связаны с возможными изменениями курса правительства, сменой приоритетов в его деятельности .

Избежать риска в предпринимательской деятельности практически невозможно, но можно уменьшить степень риска. Управление риском состоит в прогнозировании неблагоприятных событий и принятии мер, до некоторой степени предупреждающих негативные последствия этих событий.

Процесс управления риском: установление риска – выявление источников опасности, оценка риска – оценка вероятности возникновения опасности, прогнозирование вероятных потерь, уменьшение степени риска – реализация комплекса специальных мер в целях минимизации ущерба.

ЛИТЕРАТУРА

1 Шевченко И.К. Организация предпринимательской деятельности: учебное пособие. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2016. 92 с.

2 Корнюшин В.Ю. Финансовая среда предпринимательства и предпринимательские риски. Учебный курс. М.: МИЭМП, 2017. 88 С.

3 Румянцева З.П. Менеджмент организаций. М.: Инфра-М, 2015. 432 с.

4 Алексеев В.Н., Ермилов В.Г., Ильин В.В. О привлекательности инвестиционного климата экономики Москвы // Финансы. 2016. № 6. С. 27–31.

5 Финансовый менеджмент: теория и практика: учебник; под ред. Е.С. Стояновой. М.: Перспектива, 2014. 210 с.

6 Джуэлл Л. Индустриально-организационная психология: учебник для вузов. СПб.: Питер, 2015. 720 с.

7 Гребеник В.В., Шкодинский С.В. Основы предпринимательства: учебный курс.

8 Top business insights for every C-suite executive. URL: http://www.gartner.com/technology/home.jsp

9 WireCRM. URL: https://wirecrm.com/price

10 Затраты и риски при внедрении CRM-систем. URL: http://old.ntrlab.ru/publications/186/

11 Киселева И.А., Симонович Н.Е. Проблемы безопасности и риска с позиции психолога и экономиста. М.: Новая реальность, 2016. 148 с.

12 Лавренчук Е.Н., Мингалева Ж.А. Риск-менеджмент и экономическая безопасность предприятия // Российское предпринимательство. 2010. № 4. С. 45–48.

13 Рыхтикова Н.А. Анализ и управление рисками организации. М.: Экономика, 2009. 125 с.

14 Тэпман Л.Н. Риски в экономике. М.: Юнити, 2002. 240 с.

15 Экономическая и национальная безопасность: учебник; под ред. Л.П. Гончаренко. М.: Экономика, 2008. 543 с.

16 Фомичев А.Н. Риск-менеджмент: учебное пособие. М.: Дашков и К, 2016. 372 с.

17 Черешкин Д.С. Управление рисками и безопасностью. М.: Издательская группа URSS, 2010. 200 с.

REFERENCES

1 Shevchenko I.K. Organizatsiya predprinimatel'skoy deyatel'nosti [Business organization: a textbook]. Taganrog, Publishing house of TREU, 2016. 92 p. (in Russian).

2 Kornyushin V.Yu. Finansovaya sreda predprinimatel'stva i predprinimatel'skiye riski. Uchebnyy kurs [The financial environment of entrepreneurship and business risks. Training course]. Moscow, MIEMP, 2017. 88 p. (in Russian).

3 Rumyantseva Z.P. Menedzhment organizatsiy [Management of organizations]. Moscow, Infra-M, 2015. 432 p. (in Russian).

4 Alekseev V.N., Ermilov V.G., Ilin V.V. On the attractiveness of the investment climate of the economy of Moscow. *Finansy* [Finance]. 2016. no. 6. pp. 27–31. (in Russian).

5 Finansovyy menedzhment: teoriya i praktika [Financial management: theory and practice: a textbook; by ed. E.C. Stoyanova]. Moscow, Perspektiva, 2014. 210 p. (in Russian).

6 Jewell L. Industrial'no-organizatsionnaya psikhologiya [Industrial-organizational psychology: a textbook for high schools]. SPb, Piter, 2015. 720 p. (in Russian).

7 Grebenik V.V., Shkodinsky S.V. Osnovy predprinimatel'stva [Basics of entrepreneurship: a training course]. (in Russian).

8 Top business insights for every C-suite executive. Available at: http://www.gartner.com/technology/home.jsp

9 WireCRM. Available at: https://wirecrm.com/price (in Russian).

10 Zatraty i riski pri vnedrenii CRM-sistem [Costs and risks in the implementation of CRM-systems]. Available at: http://old.ntrlab.ru/publications/186/ (in Russian).

11 Kiseleva I.A., Simonovich N.E. Problemy bezopasnosti i riska s pozitsii psikhologa i ekonomista [Problems of security and risk from the perspective of a psychologist and an economist]. Moscow, Novaya real'nost', 2016. 148 p. (in Russian).

12 Lavrenchuk E.N., Mingaleva J.A. Risk management and economic security of an enterprise. *Rossiyskoye predprinimatel'stvo* [Russian Journal of Entrepreneurship]. 2010. no. 4. pp. 45–48. (in Russian).

13 Rykhtikova N.A. Analiz i upravleniye riskami organizatsii [Analysis and risk management organization]. Moscow, Ekonomika, 2009. 125 p. (in Russian).

14 Tapman L.N. Riski v ekonomike [Risks in the economy]. Moscow, Yuniti, 2002. 240 p. (in Russian).

15 Ekonomicheskaya i natsional'naya bezopasnost' [Economic and national security: a textbook; by ed. L.P. Goncharenko]. Moscow, Ekonomika, 2008. 543 p. (in Russian).

16 Fomichev A.N. Risk-menedzhment [Risk management: a tutorial]. Moscow, Dashkov i K, 2016. 372 p. (in Russian).

17 Chereshkin D.S. Upravleniye riskami i bezopasnost'yu [Risk and security management]. Moscow, URSS Publishing Group, 2010. 200 p. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ирина А. Киселева д.э.н., профессор, кафедра математических методов в экономике, Российский экономический Университет имени Г.В. Плеханова,Стремянный пер., 36, г. Москва, Россия, kia1962@list.ru

Николай Е. Симонович д.псх.н., профессор, кафедра психологии личности Института психологии им. Л.С. Выготского, Российский Государственный Гуманитарный Университет,Миусская пл., 6, г. Москва, Россия, nsimoni@mail.ru

Ирина Ю. Князева к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности, Воронежский филиал Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова, ул. Карла Маркса, 67А, Воронеж, Россия, i.knyazeva@icloud.com

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 12.12.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 11.02.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Irina A. Kiseleva Dr. Sci. (Econ.), professor, mathematical methods in economics department, Plekhanov Russian University of economics, Stremyanny alley, 36, Moscow, Russia, kia1962@list.ru

Nikolai E. Simonovich Dr. Sci. (Psych.), professor, personality psychology department of institute named after L.S. Vygotsky, Russian State Humanitarian University, Miusskaya sq., 6, Moscow, Russia, nsimoni@mail.ru

Irina Yu. Knyazeva Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economic security department, Voronezh branch of the Russian Economic University named after G.V. Plekhanov, Karl Marx str., 67A, Voronezh, Russia, i.knyazeva@icloud.com

CONTRIBUTION

All authors equally took part in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 12.12.2018

ACCEPTED 2.11.2019