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

ВЕСТНИК ВГУИТ

2021, Том. 83, № 2

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В 1938 ГОДУ
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

Воронеж
2021

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education

«VORONEZH STATE UNIVERSITY
OF ENGINEERING TECHNOLOGIES»

PROCEEDINGS OF THE VORONEZH STATE UNIVERSITY OF ENGINEERING TECHNOLOGIES

Proceedings of VSUET

2021, Vol. 83, No. 2

SCIENTIFIC AND THEORETICAL JOURNAL

FOUNDED IN 1938
COMES 4 TIMES PER YEAR

Voronezh
2021

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, **БД AGRIS**– выборочно, **ЭБС Лань**, **ЭБС IPRbooks, ЭБ КиберЛенинка**, **БД ВИНИТИ РАН, НИС Соционет, БД Directory of Open Access Journals (DOAJ), БД Open Access scholarly Resources (ROAD), The European Library (TEL), БД AcademicKeys**, **Research Bible**, **БД EBSCO Publishing, Academic Keys**

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, врио ректора, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия) ORCID: 0000-0003-1294-8686

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) ORCID: 0000-0002-2863-0771

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, почетный работник высшего профессионального образования РФ, профессор факультета биотехнологий, научный руководитель образовательной программы «Процессы и аппараты пищевых производств», Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО (г. Санкт-Петербург, Россия) ORCID- 0000-0002-2867-108X

АНТИПОВ СЕРГЕЙ ТИХОНОВИЧ доктор технических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования РФ, заслуженный изобретатель РФ, зав. кафедрой машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия) ORCID: 0000-0002-8932-5922

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, проректор по учебной работе, профессор кафедры технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, декан технологического факультета, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия) ORCID: 0000-0002-1547-9814

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, профессор, проректор по научной работе и инновациям, заместитель заведующего 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)

Пищевая биотехнология

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)

АМИРОВА ЭЛЛИ доктор наук, основатель и генеральный директор Succurro Inc. (Ла-Меса, США) ORCID: 0000-0002-9377-3875

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) ORCID: 0000-0002-1416-0297

БРЕНЧ АНДРЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ кандидат технических наук, доцент, декан инженерно-технологического факультета учреждения образования, Белорусский государственного аграрный технический университет (Минск, Беларусь) ORCID: 0000-0001-6604-9366

ВАЙБХАВКУМАР ГАВАЛИ доктор наук, постдокторант, фармакология, отделение внутренней медицины, Медицинский колледж (Цинциннати, США) ORCID: 0000-0002-7917-4913

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)

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)

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)

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

ЙОРДАНОВ ДИНКО ГЕОРГИЕВ доктор наук, доцент кафедры мясные и рыбные технологии, Университет пищевых технологий (Пловдив, Болгария) ORCID: 0000-0002-9300-6588

КАЧАНОВА МИРОСЛАВА доктор наук, профессор кафедры плодоводства, виноградарства и экологии, Словацкий сельскохозяйственный университет (Нитра, Словакия), отдел биоэнергетики и пищевых технологий, Жешувский университет (Жешув, Польша) ORCID: 0000-0002-4460-0222

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

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

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)

МАСЛОВ АЛЕКСАНДР доктор медицинских наук, доцент кафедры генетики, Медицинский колледж Альберта Эйнштейна (Нью-Йорк, США) ORCID: 0000- 0001-5402-8891

МБАРГА МАНГА ДЖОЗЕФ АРСЕН магистр агрономии, научный сотрудник кафедры микробиологии и вирусологии, Российский университет дружбы народов (Москва, Россия) ORCID: 0000-0001-9626-9247

МИРОНЕСКУ МОНИКА доктор наук, доцент, факультет сельскохозяйственных наук, пищевой промышленности и охраны окружающей среды, Университет «Лучиан Блага» (Сибиу, Румыния) ORCID: 0000-0002-0515-475X

ОСПАНОВ АБДЫМАНАП АБУБАКИРОВИЧ академик КазНАЕН, доктор технических наук, профессор, руководитель учебного научно-производственного Центра «Технология перерабатывающих производств», Казахский национальный аграрный университет (Алматы, Казахстан) ORCID: 0000-0002-3813-603X

ПАНДА ВАНДАНА доктор наук, доцент кафедры фармакологии, Ведущий фармацевтический колледж им. К. М. Кунднани (Мумбай, Индия) ORCID: 0000-0002-7016-7813

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

РОДИОНОВА НАТАЛЬЯ СЕРГЕЕВНА доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой сервиса и ресторанного бизнеса, декан факультета экономики и управления, Воронежский государ-ственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия) ORCID: 0000-0002-6940-7998

СУНДАРРАДЖАН ПРИЯ магистр наук, доктор наук, доцент кафедры естественных наук и биохимии, колледж Святого Ксавьера, Университет Мумбаи (Мумбаи, Индия)

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

ЭСРА КАПАНОГЛУ доктор наук, доцент кафедры пищевой инженерии, Стамбульский технический университет (Стамбул, Турция) ORCID: 0000-0003-0335-9433

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)

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

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)

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 государ-ственный технологический университет" (Минск, Беларусь)

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, профессор кафедры физики и химии, Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (Воронеж, Россия) ORCID: 0000-0001-8409-024X

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, советник при ректорате по научно-методической деятельности, профессор кафедры физической и аналитической химии, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия) ORCID: 0000-0002-2588-9286

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

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) ORCID: 0000-0002-8438-0607

АВЕЗОВ АЗИЗУЛЛО ХАБИБОВИЧ доктор экономических наук, профессор кафедры отраслевых рынков, Худжандский Политехнический институт Таджикского Технического университета им. Академика М.С. Осими (Худжанд, Таджикистан) ORCID: 0000-0002-5867-648X

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)

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) ORCID: 0000-0001-5496-1446

СОВИК ЛЮДМИЛА ЕГОРОВНА доктор экономических наук, профессор, кафедра экономики и бизнеса, Полесский государственный университет (Пинск, Беларусь) ORCID: 0000-0002-427-9789

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 14.06.2021. Подписано в печать 24.06.2021
Выход в свет: 29.06.2021
Формат 70×100 1/8.
Усл. печ. л. 40 Тираж 1500 экз. Заказ.
Цена – свободная.

© ФГБОУ ВО «Воронеж. гос. ун-т инж. технол.», 2021

The magazine is included in the list of publications recommended by the Higher Attestation Commission

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation for the publication of dissertation research

Letter of the List of Peer-reviewed Scientific Publications from 28/12/2018. (https://goo-gl.ru/4XHR)

Journal materials are placed in

RSCI DB, AGRIS DB - selectively, EB Doe, EBR IPRbooks, EB CyberLenink, DB VINITI RAS, NIS Socionet, Directory of Open Access Journals (DOAJ) database, Open Access scholarly Resources (ROAD) database, The European Library (TEL), AcademicKeys database, Research Bible, EBSCO Publishing database, Academic Keys

The journal presents articles on the following scientific specialties:

05.18.00 – Food Technology;
05.17.00 – Chemical Technology;
08.00.00 – Economics

EDITORIAL COUNCIL

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) ORCID: 0000-0003-1294-8686

Vice-chairman (Deputy Chief Editor):

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) ORCID: 0000-0002-2863-0771

EDITORIAL TEAM

Processes and devices for food production

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, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Professor of the Faculty of Biotechnology, Scientific Supervisor of the educational program "Processes and Apparatus for Food Production", St. Petersburg National Research University ITMO (St. Petersburg, Russia) ORCID- 0000-0002-2867-108X

ANTIPOV, SERGEY TIKHONOVICH Doctor of Technical Sciences, professor, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, honored inventor of the Russian Federation, Head of the Department of machines and equipment for the food industry, Voronezh state university of engineering technologies (Voronezh, Russia) ORCID: 0000-0002-8932-5922

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, Professor, Vice-Rector for Academic Affairs. 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) ORCID: 0000-0002-1547-9814

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, Professor, Vice-Rector for Research and Innovation, Deputy Head of the 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)

Food biotechnology

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 MIKHAILOVNA 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)

AMIROVA ELLIE DAOM, PhD, Diplomate of OM, LAc), Founder and CEO of Succurro Inc. (La Mesa, USA) ORCID: 0000-0002-9377-3875

BRENCH, ANDREY ALEXANDROVICH Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Engineering and Technology of the Educational Institution, Belarusian State Agrarian Technical University (Minsk, Belarus) ORCID: 0000-0001-6604-9366

VAIBHAVKUMAR, SHANTARAM GAWALI, M.Pharm., Ph.D., Postdoctoral Fellow, Pharmacology, Department of Internal Medicine, College of Medicine, India affiliated to University of Cincinnati. (Cincinnati, USA) ORCID: 0000-0002-7917-4913

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)

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)

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)

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)

YORDANOV DINKO GEORGIEV PhD., Associate Professor, meat and fish technology, University of Food Technologies (Plovdiv, Bulgaria) ORCID: 0000-0002-9300-6588

KACANIOVA MIROSLAVA PhD., Department of Fruit sciences, Viticulture and Enology, Faculty of Horticulture and Landscape Engineering, Slovak University of Agriculture (Nitra, Slovakia), full professor, Department of Bioenergy and Food Technology, Faculty of Biology and Agriculture, University of Rzeszow (Rzeszow, Poland) ORCID: 0000-0002-4460-0222

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)

LISITSYN, ANDREI BORISOVICH 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)

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)

MASLOV ALEXANDER MD/PhD, Research Assistant Professor, Department of Genetics, Albert Einstein College of Medicine (New York, USA) ORCID 0000- 0001-5402-8891

MBARGA MANGA JOSEPH ARSENE master of Science in Agronomy, Researcher in the Department of Microbiology and Virology, People's Friendship University of Russia (Mocow, Russia) ORCID: 0000-0001-9626-9247

MIRONESCU MONICA PhD, Associate Professor, Faculty of Agricultural Sciences, Food Industry and Environmental Protection, Lucian Blaga University of Sibiu (Sibiu, Romania) ORCID: 0000-0002-0515-475X

OSPANOV, ABDYMANAP ABUBAKIROVICH Academician KazNAEN, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Educational Research and Production Center "Technology of Processing Industries", Kazakh National Agrarian University (Almaty, Kazakhstan) ORCID: 0000-0002-3813-603X

PANDA, SANJEEV VANDANA Ph.D., Associate Professor, Pharmacology, Prin. K. M. Kundnani College of Pharmacy (Mumbai, India) ORCID: 0000-0002-7016-7813

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)

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)

SUNDARRAJAN PRIYA M.Sc, Ph.D., Associate Professor, Department of Life Science and Biochemistry, St. Xavier's College, India affiliated to University of Mumbai. (Mumbai, India)

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)

ESRA CAPANOGLU Ph.D., Associate Professor, Istanbul Technical University, Food Engineering Department (Istanbul, Turkey) ORCID: 0000-0003-0335-9433

Chemical Technology

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)

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)

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)

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)

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, professor of the Department of Physics and Chemistry, Air Force Academy named after Prof. N. E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin (Voronezh, Russia) ORCID: 0000-0001-8409-024X

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 Research and Innovation. 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)

Economics and Management

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)

AVESOV, AZIZULL HABIBOVICH Doctor of Economics, Professor, Department of Industrial Markets, Khujand Polytechnic Institute of Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi (Khujand, Tajikistan) ORCID: 0000-0002-5867-648X

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)

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)

SOVIK, LYUDMILA EGOROVNA Doctor of Economic Science, Professor, Department of Economics and Business, Polessky State University (Pinsk, Belarus) ORCID: 0000-0002-427-9789

Official site: www.vestnik-vsuet.ru
Subscription index of the publication in the Rospechat agency 70927

Executive Secretary: DERKANOSOVA A.A. (email post office: post@vestnik-vsuet.ru)

Founder: Voronezh State University of Engineering Technologies

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications: Certificate of Registration ПИ № ФС77-56830 January 29, 2014

Address of the university, editorial office, publishing house and printing department of FSBEI HE "VGUIT"
394036, Voronezh, pr. Revolution 19, room 11
tel / fax: (473) 255-37-16
E-mail: post@vestnik-vsuet.ru

Put in set 14.06.2021. Signed to print 24.06.2021
The publication:29.06.2021
Format 70×100 1/8.
Conditional Print l. 40 Circulation 1500 copies.
Price - Free.

© FSBEI HE
"Voronezh State University
of Engineering
Technologies ", 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Дранников А.В., Тертычная Т.Н., Шевцов А.А., Засыпкин Н.В., Рындин А.А. Исследование теплофизических характеристик зерна тритикале сорта «Горка» методом нестационарного теплового режима **17**

Антипов С.Т., Панфилов В.А. Технологии АПК будущего и продовольственная безопасность в опережающем инженерном образовании **23**

Королева Е.И., Давыдов А.М., Никулина Е.Н., Дерканосова А.А. Исследование процесса приготовления филе куриного по технологии sous-vide (су-вид) **29**

Соловьев С.В., Завражнов А.А., Абросимов А.Г., Дьячков С.В., Бахарев А.А., Картечина Н.В. Определение конструктивных показателей свекловичной сеялки для равномерного распределения семян **35**

Бредихин С.А., Антипов С.Т., Андреев В.Н., Мартеха А.Н. Влияние реологических характеристик на качество 3Д-печати пищевых паст **40**

Овсянников В.Ю., Лобачева Н.Н., Торопцев В.В., Трунов С.А., Лобачева М.А. Исследование теплофизических и электрофизических свойств высушенного измельченного жмыха плодов облепихи **48**

Шишацкий Ю.И., Толстов С.А., Дерканосова А.А., Рындин А.А. О равновесии и устойчивости псевдоожиженного слоя, как термодинамической системы **56**

ПИЩЕВАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ

Хасанов А.Р., Баракова Н.В. Исследование влияния дозы внесения ферментных препаратов на выход полифенольных веществ и антоцианов в плодово-ягодных и овощных соках **61**

Питкин В.А., Холодная Л.А. Питание студентов в режиме рабочего дня **67**

Литвинова Е.В., Кидяев С.Н., Лапшина В.Л., Артемьева И.О. Биологически активные вещества крови убойных животных – перспективное векторное направление в мясной отрасли **72**

Заикина М.А., Ковалева А.Е., Пьяникова Э.А., Рязанцева А.С. Сравнительный анализ влияния пищевых добавок на технологию производства и качественные показатели хлеба пшеничного **79**

Романюк Т.И., Чусова А.Е, Тарарыков М.П., Матвиенко Н.А. Получение глюкозо-фруктозного сиропа из якона **87**

Чусова А.Е., Романюк Т.И., Агафонов Г.В., Тарарыков М.П., Зуева Н.В. Подбор оптимальных условий получения солода из гречихи **93**

Иванова Е.В., Романова Н.В., Ильина О.Ю. Применение заквасок на молоке и молокосодержащих смесях **102**

Тарасов В.Е., Коробко С.С. Использование вторичных ресурсов переработки семян подсолнечника для создания новых ПАВ натурального происхождения **108**

Гнучих Е.В., Шкидюк М.В., Калашников С.В, Жабенцова О.А. Исследование содержания карбонильных соединений и специфических нитрозаминов табака в сигаретном дыме и в аэрозоле системы нагревания табака **116**

Кузьменкова А.В., Гиноян Р.В., Денисюк Е.А., Дмитриева Н.Я. Влияние фульвовой кислоты в кормовых добавках на изменение белка и молочную продуктивность коров **121**

Колодязная В.С., Алнакуд М., Алексеева Т.В. Влияние температуры и бета-каротина на процессы гидролиза и окисления триацилглицеринов оливкового масла холодного отжима при хранении **126**

Цегай М.К., Сухенко Л.Т. Использование местной микробиоты для извлечения биоразлагаемого пластика из пищевых отходов путем естественного процесса ферментации **133**

Чеботарев С.Н., Максютов Р.Р. Технология производства кумысного напитка, обогащенного йод-гликозидным комплексом **137**

Шаталова А.С., Шаталов И.С., Лебедин Ю.С., Бараненко Д.А. Исследование сырья для производства безглютеновых продуктов питания **143**

Долматова О.И., Рогова А.А. Масло сливочное «Десертное» **148**

Антипова Л.В., Сеткова А.Ю., Дворянинова О.П. Веслонос – перспективный сырьевой источник для развития отечественного рынка рыбопродуктов **154**

Намсараева З.М., Хамаганова И.В., Дамдинова Т.Ц. Влияние способов тепловой обработки на цветовые характеристики мяса **164**

Калиновская Т.В., Богодист-Тимофеева Е.Ю. Исследование функционально-технологических свойств концентрата сывороточных белков в технологиях сбивных конфетных масс **169**

Долматова О.И., Машкова М.И. Сметанный продукт функциональной направленности **175**

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Иовлева Е.Л. Воздействие депрессорно-диспергирующей присадки Dewaxol 7801 на летнее дизельное топливо **180**

Попов С.В., Крымкин Н.Ю., Хабибрахманова О.В., Папуловских Е.Н. Реконструкция аппаратурного оформления производства изопропилбензола с целью выпуска этилбензола **184**

Жуковский В.А., Немилов В.Е., Филипенко Т.С., Анущенко Т.Ю. Противоспаечные мембраны на основе сшитой карбоксиметилцеллюлозы **191**

Черемухина И.В. Классификация энергетических воздействий по влиянию на структуру и свойства армированных реактопластов **197**
Мясоедов А.В., Попов С.В., Хабибрахманова О.В. Снижение затрат энергоресурсов при регенерации растворителя на установке деасфальтизации гудрона **202**
Саранов И.А., Рудаков О.Б., Полянский К.К. Рамазанов А.Ш., Балаева Ш.А., Киселев Д.С. Применение метода дифференциальной сканирующей калориметрии при исследовании свойств масличного сырья и продуктов его переработки на примере расторопши пятнистой **208**
Зеленова-Гюльалиева М.А, Игин В.В Аксенчик К.В. Метод производства жидкого диоксида серы на основе серы и кислорода. Разработка и исследование рентабельного способа **217**
Черемухина И.В. Особенности диффузионных процессов при получении препрегов способом слоевого нанесения компонентов **224**
Куделин Д.В., Несиоловская Т.Н. Применение расчетноэкспериментального метода анализа сложнонапряженного состояния резиновых мембран для эффективных решений их производства **230**

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Пахомова Ю.В., Кудрявцева Н.Н., Дуванова Ю.Н. Формирование инвестиционной стратегии предприятия **237**
Пугачева И.Н., Мухина Н.Б. К вопросу решения проблем внутренней конкуренции в ходе реализации дополнительных образовательных программ в вузе **243**
Никитин Б.Е., Ивлиев М.Н., Чекудаев К.В., Акатов Е.С., Бугаев Ю.В., Ворона И.И. Построение агрегированного рейтинга многокритериальных объектов в целях управления организациями **251**
Армашова-Тельник Г.С. Конкурентно-рыночное пространство в контексте потребности роста конкурентоспособности российской систем хозяйствования **259**
Артемьева В.С., Рябова Е.П., Сабетова Т.В. Стимулирование и мотивирование персонала в системе управления проектами **265**
Хицков М.А. Проблемы интеграции Российской Федерации в систему международных стандартов аудиторской деятельности **272**
Есполов Т.И., Тиреуов К.М., Богомолова И.П., Мизанбекова С.К. Развитие механизмов государственно-частного партнерства в зернопродуктовом подкомплексе **277**
Лутченко Т.В., Хорев А.И., Хорев И.А., Григорьева В.В. Зачем нужна стратегия дочернему предприятию? **285**
Колесникова Е.Ю., Дуванова Ю.Н. Анализ инвестиционного потенциала Воронежской области **291**
Саликов Ю.А., Самогородская М.И. Оценка экономической эффективности проведения Fmea–анализа (на примере сборки каркасных узлов хвостового оперения самолетов на ПАО «ВАСО») **300**
Казьмина И.В., Щеголева Т.В., Попова И.В. Содержательные аспекты адаптивного развития системы управления высокотехнологичными предприятиями в условиях цифровой среды **312**
Кривенко Е.И. Мониторинг состояния и перспектив развития отраслевого рыночного сегмента и производственного сектора народного хозяйства **320**

CONTENTS

PROCESSES AND APPARATUSES OF FOOD ENGINEERING

Drannikov A.V., Tertychnaya T.N., Shevtsov A.A., Zasypkin N.V., Ryndin A.A. Investigation of the thermophysical characteristics of the Gorka variety triticale grain by the non-stationary thermal regime method **17**

Antipov S.T., Panfilov V.A. Future agro-industrial technologies and food security in advanced engineering education **23**

Koroleva E.I., Davydov A.M., Nikulina E.N., Derkanosova A.A. Investigation of the process of cooking chicken fillet using sous-vide technology **29**

Soloviev S.V., Zavrazhnov A.A., Abrosimov A.G., Dyachkov S.V., Bakharev A.A., Kartechina N.V. Determination of the beet planter design parameters for uniform seed distribution **35**

Bredihin S.A., Antipov S.T., Andreev V.N., Martekha A.N. Influence of rheological characteristics on the quality of 3D printing of food pastes **40**

Ovsyannikov V.Yu., Lobacheva N.N., Toroptsev V.V., Trunov S.A., Lobacheva M.A. Investigation of thermo- and electrophysical properties of dried crushed sea buckthorn cake **48**

Shishatskii Yu.I., Tolstov S.A., Derkanosova A.A., Ryndin A.A. On the equilibrium and stability of a fluidized bed as a thermodynamic system **56**

FOOD BIOTECHNOLOGY

Khasanov A.R., Barakova N.V. Study of the effect of the dose of enzyme preparations on the yield of polyphenolic substances and anthocyanins in fruit, berry and vegetable juices **61**

Pitkin V.A., Holodnaya L.A. Student's meals during the working day **67**

Litvinova E.V., Kidyaev S.N., Lapshina V.L., Artemeva I.O. Biologically active substances of the slaughter animals blood – a promising vector direction in the meat industry **72**

Zaikina M.A., Kovaleva A.E., Pyanikova E.A., Ryazantseva A.S. Comparative analysis of the effect of food additives on the production technology and quality indicators of wheat bread **79**

Romanyuk T.I., Chusova A.E., Tararykov M.P., Matvienko N.A. Preparation of glucose-fructose syrup from yacon **87**

Chusova A.E., Romanyuk T.I., Agafonov G.V., Tararykov M.P., Zueva N.V. Selection of optimal conditions for obtaining malt from buckwheat **93**

Ivanova E.V., Romanova N.V., Ilina O.Yu. Application of starter cultures on milk and milk-containing mixtures **102**

Tarasov V.Ye., Korobko S.S. Using secondary resources of sunflower seed processing to create new natural origin surfactants **108**

Gnuchih E.V., Shkidyuk M.V., Kalashnikov S.V., Zhabentsova O.A. Investigation of contents of carbonyl compounds and tobacco-specific nitrosamines in cigarette smoke and in aerosol of tobacco heating system **116**

Kuzmenkova A.V., Denisyuk E.A., Ginoyan R.V., Dmitrieva N.Ya. Influence of fulvic acid in feed additives on protein change and dairy productivity of cows **121**

Kolodiaznaia V.S., Alnakoud M., Alekseeva T.V. Influence of temperature and beta-carotene on the processes of hydrolysis and oxidation of triacylglycerins in extra virgin olive oil during storage. **126**

Tsegay M.K., Sukhenko L.T. Using local micro-biota to extract biodegradable plastics from food waste through a natural fermentation process **133**

Chebotarev S.N., Maksyutov R.R. Technology of production of kumis drink enriched with iodine-glycoside complex **137**

Shatalova A.S., Shatalov I.S., Lebedin Yu.S., Baranenko D.A. Raw materials for the production of gluten-free products investigation **143**

Dolmatova O.I., Rogova A.A. Dessert butter **148**

Antipova L.V., Poipova Y.A., Anosov D.S. Paddlefish is a promising source of raw materials for the development of the domestic market of fish products **154**

Namsaraeva Z.M., Khamaganova I.V., Damdinova T.Ts. Influence of heat treatment methods on the color characteristics of meat **164**

Kalinovskaya T.V., Bogodist-Timofeeva E.Yu. Research of functional and technological properties of whey protein concentrate in technologies of whipped candy masses **169**

Dolmatova O.I., Mashkova M.I. Functional sour cream product **175**

CHEMICAL TECHNOLOGY

Iovleva E.L. Effect of the Dewaxol 7801 depressant-dispersant additive on summer diesel fuel **180**

Popov S.V., Krymkin N.Yu., Khabibrakhmanova O.V., Papulovskikh E.N. Reconstruction of the hardware design for isopropylbenzene production for the production of ethylbenzene **184**

Zhukovskiy V.A., Nemilov V.E., Filipenko T.S., Anuschenko T.Yu. Anti-adhesive membranes based on crosslinked carboxymethyl cellulose **191**

Cheremukhina I.V. Classification of energy impacts by their effect on the structure and properties of reinforced reactoplasts **197**
Myasoedov A.V., Popov S.V., Khabibrakhmanova O.V. Reducing energy costs during solvent regeneration at the tar deasphalting unit **202**
Saranov I.A., Rudakov O.B., Polyansky K.K., Ramazanov A.Sh., Balaeva Sh.A., Kiselev D.S. Application of the method of differential scanning calorimetry in the study of the properties of oilseeds **208**
Zelenova-Gyulalieva M.A., Igin V.V., Aksenchik K.V. Liquid sulfur dioxide production method based on sulfur and oxygen. R&D of economically feasible method **217**
Cheremukhina I.V. Features of diffusion processes in the preparation of prepregs by the method of layered application of components **224**
Kudelin D.V., Nesiolovskaya T.N. Application of a computational and experimental method of analysis the complexly stressed state of rubber membranes for effective solutions for their production **230**

ECONOMICS AND MANAGEMENT

Pakhomova Yu.V., Kudryavtseva N.N., Duvanova Yu.N. Formation of the enterprise investment strategy **237**
Pugacheva I.N., Mukhina N.B. Problem of Inner Competitiveness in the Process of Additional Educational Programs Introduction at the University **243**
Nikitin B.E., Ivliev M.N., Chekudaev K.V., Akatov E.S., Bugaev Yu.V., Vorona I.I. The organizations management multi-criteria objects aggregate rating construction **251**
Armashova-Telnik G.S. Competitive market space in the context of the need to increase the competitiveness of the Russian economic system **259**
Artemieva V.S., Ryabova E.P., Sabetova T.V. Stimulation and motivation of personnel in the project management system **265**
Khitskov M.A. Problems of integration of the Russian Federation into the system of international standards of auditing **272**
Espolov T.I., Tireuov K.M., Bogomolova I.P., Mizanbekova S.K. Development of public-private partnership mechanisms in the grain product sub-complex **277**
Lutchenko T.V., Khorev A.I., Khorev I.A., Grigoryeva V.V. Why does a subsidiary need a strategy? **285**
Kolesnikova E.Yu., Duvanova Yu.N. Analysis of the investment potential of the Voronezh region **291**
Salikov Yu.A., Samogorodskaya M.I. Evaluation of the cost-effectiveness of fmea analysis (assembly of aircraft tail as-semblies at PJSC VASO) **300**
Kazmina I.V., Shchegoleva T.V., Popova I.V. Substantive aspects of the adaptive development of the management system of high-tech enterprises in the digital environment **312**
Krivenko E.I. Monitoring the state and prospects of development of the industrial market segment and the production sector of the national economy **320**

Процессы и аппараты пищевых производств

Processes and devices for food production

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-17-22 Оригинальная статья/Research article

УДК 640 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Исследование теплофизических характеристик зерна тритикале сорта «Горка» методом нестационарного теплового режима

Алексей В. Дранников [1] drannikov@list.ru 0000-0002-3060-8688
Татьяна Н. Тертычная [2] tertychnaya@yandex.ru 0000-0001-8185-3424
Александр А. Шевцов [1,3] shevalol@rambler.ru 0000-0003-2599-5692
Никита В. Засыпкин [1] zvnikita24@gmail.com
Александр А. Рындин [4] ryndinaa@mgupp.ru 0000-0001-6861-9297

1 Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия
2 Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия
3 Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, ул. Старых Большевиков, 54а, г. Воронеж, 394064, Россия
4 Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе 11, г. Москва, 125080, Россия

Аннотация. В решении проблемы дефицита растительного белка несомненный интерес представляет зерно тритикале – уникальный гибрид, в котором удалось соединить лучшие наследственные качества пшеницы и ржи. Содержание белка ив тритикале на 1,0–1,5% выше, чем у пшеницы, и на 3–4%, чем у ржи. Получен новый сорт зерна третикале – «Горка». Продукты, приготовленные из зерна тритикале, имеют высокую питательную ценность, поскольку белок, входящий в его состав, отличается повышенным содержанием незаменимых аминокислот, не уступает зерну пшеницы по содержанию макро- и микроэлементов. В нем много меди, фосфора, калия, магния, кальция, натрия, цинка, марганца и железа, а также витаминов В9, В5, В1, РР и Е. Информация о теплофизических характеристиках как функциях температуры играет ключевую роль в инженерных расчетах и математическом моделировании процессов сушки и тепловой обработки зерна тритикале. При определении теплофизических характеристик использован метод нестационарного теплового режима, основанный на решении задачи теплопроводности по двум температурно-временным точкам, разработанный В.С. Волькенштейн. Определение теплофизических характеристик зерна проводились на измерительной установке Cossfield RT-1394 H (National Instruments). Выявлен характер зависимостей коэффициентов температуропроводности, теплопроводности и удельной теплоёмкости от температуры. Получены уравнения, описывающие теплофизические характеристики зерна при влажности 13,57 и 21,83% в диапазоне температур 293–373 К.

Ключевые слова: зерно тритикале, теплофизические характеристики, тепловой режим, удельная теплоёмкость, теплопро-водность, коэффициент температуропроводности

Investigation of the thermophysical characteristics of the Gorka variety triticale grain by the non-stationary thermal regime method

Alexey V. Drannikov [1] drannikov@list.ru 0000-0002-3060-8688
Tatiana N. Tertychnaya [2] tertychnaya@yandex.ru 0000-0001-8185-3424
Alexander A. Shevtsov [1,3] shevalol@rambler.ru 0000-0003-2599-5692
Nikita V. Zasypkin [1] zvnikita24@gmail.com
Aleksandr A. Ryndin [4] ryndinaa@mgupp.ru 0000-0001-6861-9297

1 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia
2 Voronezh State agrarian University named after Emperor Peter I, Michurina street, 394087, Voronezh, Russia
3 Military Training and Scientific Center of the Air Force «Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin», st. Old Bolsheviks, 54a, Voronezh, 394064, Russia
4 Moscow State University of Food Production, Volokolamskoe Highway 11, Moscow, 125080, Russia

Abstract. Triticale grain, a unique hybrid in which it became possible to combine the best hereditary qualities of wheat and rye, is of undoubted interest in solving the problem of vegetable protein deficiency. The protein content of triticale is 1.0–1.5% higher than that one of wheat and 3–4% higher than that one of rye. A new variety of triticale grain "Gorka" was examined by the authors. Products made from triticale grain have a high nutritional value, since the protein in its composition is distinguished by a high content of essential amino acids, and is not inferior to wheat grain in terms of macro- and microelements content. It is rich in copper, phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sodium, zinc, manganese and iron, as well as vitamins B9, B5, B1, PP and E. Information on thermophysical characteristics as a function of temperature plays a key role in engineering calculations and mathematical modeling of triticale grain drying and heat treatment. The non-stationary thermal mode method was used to determine the thermophysical characteristics. It is based on solving the problem of thermal conductivity at two temperature-time points and was developed by V.S. Volkenstein. The determination of the grain thermophysical characteristics was carried out on a Cossfield RT 1394 N measuring device (National Instruments). The nature of the dependences of the coefficients of thermal diffusivity, thermal conductivity and specific heat capacity on temperature was revealed in the work. The equations describing the thermophysical characteristics of grain at a moisture content of 13.57% and 21.83% in the temperature range of 293–373 K were obtained by the authors

Keywords: triticale grain, thermophysical characteristics, thermal conditions, specific heat capacity, thermal conductivity, thermal diffusivity

Для цитирования
Дранников А.В., Тертычная Т.Н., Шевцов А.А., Засыпкин Н.В., Рындин А.А. Исследование теплофизических характеристик зерна тритикале сорта «Горка» методом нестационарного теплового режима // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 17–22. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-17-22

For citation
Drannikov A.V., Tertychnaya T.N., Shevtsov A.A., Zasypkin N.V., Ryndin A.A. Investigation of the thermophysical characteristics of the Gorka variety triticale grain by the non-stationary thermal regime method. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 17–22. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-17-22

© 2021, Дранников А.В. / Drannikov A.V.

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Зерновые культуры относятся, как правило, к влажным капиллярно-пористым материалам. Определение их теплофизических характеристик является важной метрологической задачей, поскольку в таких материалах осуществляется взаимосвязанный перенос тепла и влаги при наличии источников (стоков) тепла, обусловленных фазовыми превращениями влаги. К теплофизическим характеристикам относят удельную теплоемкость *c* [Дж/(кг×К)], коэффициент теплопроводности λ [Вт/(м×К)] и коэффициент температуропроводности *a* ($м^2/с$). В последнее время от теплофизических характеристик переходят к более широкому понятию теплофизических свойств веществ, к которым наряду с указанными характеристиками относят также количество теплоты, выделяющееся или потребляемое при физико-химических процессах, а также функции состояния (внутреннюю энергию, энтальпию и др.) [8–10].

При определении искомых характеристик расчетным путем оценивается влияние только кондуктивной составляющей потока тепла, либо экспериментальным путем сводить к минимуму влияние конвективной составляющей и источников (стоков) тепла. Последнее практически более целесообразно, но накладывает ряд ограничений на метод определения [11,12].

Материалы и методы

Объектом исследований является зерно тритикале сорта Горка урожая 2020 года, предоставленного селекционным центром ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр имени В.В. Докучаева». Включёно в Госреестр по Центрально-Черноземному (5), Средневолжскому (7) и Уральскому (9) регионам. В Центрально-Черноземном регионе прибавка по урожайности зерна составила 2,5%. Средняя урожайность составляет 33,0 ц/га, максимальная – 93,7 ц/ га – была получена в Липецкой области в 2016 г. Содержание белка в зерне 14,0%, сбор белка составил 6,2 ц/га [1, 2, 13].

Лабораторные исследования по определению теплофизических характеристик зерна тритикале выполнялись в Орехово-Зуевском филиале федерального бюджетного учреждения «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний» на установке Cossfield RT-1394H по методу нестационарного теплового режима В.С. Волькенштейна [3], основанному на решении задачи теплопроводности двух температурно-временных точек [4–7, 14–17].

Основу измерительного устройства установки составляют два коаксиально расположенных цилиндра 1 и 2 (рисунок 1).

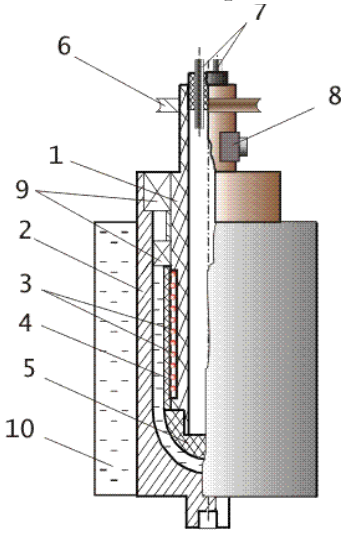


Рисунок 1. Конструкция измерительного устройства: 1, 2 – внутренний и внешний цилиндры, 3 – электрическй нагреватель, 4 – гильза, 5 – торцевая часть внутреннего цилиндра, 6 – шкив, 7 – канал, 8-разъем, 9 – подшипники

Figure 1. Design of the measuring device: 1, 2 – internal and external cylinders, 3 – electric heater, 4 – sleeve, 5 – end part of the internal cylinder, 6 – pulley, 7 – channel, 8 – connector, 9 – bearings

Внутренний цилиндр *1* из капролона при помощи подшипников *9* установлен соосно по отношению к наружному цилиндру *2* и состоит из трех коаксиальных цилиндрических слоев. На внешней поверхности внутреннего коаксиального цилиндрического слоя по спирали намотаны медным проводом термопреобразователь сопротивления и манганиновым проводом электрический нагреватель *3*. Выводы от термопреобразователя сопротивления и электрического нагревателя пропущены через канал на внешней поверхности цилиндра и подключены к разъему *8*. Термопреобразователь сопротивления и нагреватель отделены от анализируемой жидкости гильзой *4* из капролона. Нижний торец *5* внутреннего цилиндра выполнен полусферическим, что способствует наиболее устойчивому режиму течения вязкоупругих жидкостей в зазоре между коаксиальными цилиндрами.

Наружный цилиндр изготовлен из бронзы. К нижней его части прикреплено основание, также из бронзы, имеющее полусферическое углубление Зазор между внутренним и внешним цилиндрами в нижней части равен зазору между боковыми поверхностями цилиндров. К боковой поверхности наружного цилиндра прикреплена водяная рубашка 10 из нержавеющей стали, предназначенная для термостатирования внешнего цилиндра и поддержания граничных условий первого рода в соответствии с физической и математической моделями измерительного устройства [4, 18].

Метод, применяемый в данной установке, заключается в исследовании ограниченного (пищевой продукт) и полуограниченного (эталон) тел, которые приводятся в соприкосновение по одной общей плоскости. Нагреватель, нагретый до постоянной температуры, приведён в соприкосновение с продуктом и передаёт постоянный поток теплоты, который проходит через толщину пищевого продукта с различной скоростью. В результате температура в плоскости соприкосновения пищевого продукта с эталоном изменяется и записывается на диаграмме потенциометра в виде кривой, по которой определяется время и изменение температуры. Эталон сечением 70×70 мм и длиной 150 мм изготовлен из органического стекла и имеет следующие характеристики: $\alpha_э$ = 15,7 м^2/с, $\lambda_э$ = 0,1839 Вт/м·К, $c_э$ = 10,88 Дж/кг·К, $\rho_э$ = 1075 кг/м^3.

Коэффициент температуропроводности α, коэффициент теплопроводности λ и удельную теплоемкость с для исследуемого продукта определялись по формулам:

$$\alpha_M = \frac{h^2}{4y_1^2\tau_1}; \quad (1)$$

$$\lambda_M = b \cdot \varepsilon \sqrt{\alpha_M}; \quad (2)$$

$$c_M = \frac{\lambda_M}{\alpha_M \cdot \rho_M}; \quad (3)$$

где y и ε – некоторые безразмерные величины, которые определяются по таблицам, исходя из найденных опытных соотношений τ_2/τ_1; τ_1 – время, в течение которого температура на границе соприкосновения эталонного тела исследуемого образца достигнет $\Delta T_1 = k_1 \cdot \Delta T$, τ_2 – время, в течение которого эта температура достигнет $\Delta T_2 = k_2 \cdot \Delta T$; k_1 и k_2 – заранее заданные значения, равные 0,75 и 0,5; ΔT – разность между температурой нагревателя $T_н$ и температурой в месте стыка исследуемого продукта и эталона T, т. е. $\Delta T = T_н - T$; $\rho_м$ – плотность исследуемого продукта, кг/м^3 h – вспомогательная величина:

$$h = \frac{t''}{t_{гр}\left[1 - \Phi(z'')\right]} - 1, \quad (4)$$

где t'' – температура в плоскости соприкосновения образца продукта и эталона, определяемая по полученной диаграмме, ºС; $t_{гр}$ – температура греющей поверхности, определяемая по полученной диаграмме аналогично, ºС; $\Phi(z'')$ – функция Гаусса.

Экспериментальная часть работы проводилась в два этапа. На первом этапе навеска с зерном массой 50 г. помещалась в полусферическое углубление вешнего цилиндра установки. Затем устанавливался внутренний цилиндр и включался термостат. Приводился во вращение внешний цилиндр измерительного устройства с заданной линейной скоростью 0,1 м/с, обеспечивающей создание в слое жидкости скорости сдвига 2,5 м/с и включался нагреватель измерительного устройства. Регистрировалась установившаяся среднеинтегральная температура в нагревателе [19, 20].

Второй этап выполнялся в следующей последовательности: отключался нагреватель измерительного устройства; осуществлялась регистрация среднеинтегральной температуры нагревателя через интервалы времени $\Delta\tau$ = 20 К; отключался привод вращения внешнего цилиндра при достижении стационарной температуры; определялись теплофизические характеристики зерна по экспериментальной информации с использованием соотношений (1)–(4), полученных в ходе решения обратной задачи теплопроводности с применением пакета программ Lab View 7.0 (таблица).

Таблица 1.

Теплофизические свойства зерна тритикале сорта «Горка»

Table 1.

Thermophysical properties of triticale grain of the Gorka variety

Интервал температур, К Temperature	Образец | Sample	
	W = 21,83%	W = 13,57%
Коэффициент температуропроводности, $a \cdot 10^{-8}$, м/с^2 Thermal diffusivity coefficient, a 10^{-8}, m/s^2		
293	7,91±0,02	7,47±0,02
313	7,96±0,02	7,61±0,02
333	8,12±0,02	7,76±0,02
353	8,25±0,02	7,91±0,01
373	8,31±0,02	8,05±0,01
Коэффициент теплопроводности, λ, Вт/(м·К) Thermal conductivity coefficient, λ, W/(m K)		
293	0,141±0,002	0,136±0,002
313	0,144±0,004	0,138±0,004
333	0,146±0,004	0,141±0,002
353	0,148±0,002	0,144±0,002
373	0,150±0,002	0,147±0,004
Массовая удельная теплоемкость, с, Дж/(кг·К) Mass specific heat capacity, c, J/(kg K)		
293	1783,15±0,10	1727,15±0,10
313	1819,17±0,15	1768,57±0,15
333	1843,05±0,15	1809,15±0,10
353	1879,93±0,10	1830,07±0,15
373	1910,09±0,10	1858,32±0,10
Плотность ρ, кг/м^3	973,8	1012,9

Результаты и обсуждение

Полученные опытные данные обработаны на ЭВМ в среде «Microsoft Excel», в результате были получены уравнения (3)–(8), описывающие теплофизические свойства зерна тритикале сорта «Горка» для интервала температур 293–373К: при W = 13,57%:

$$a = (0,0073T + 5,3291)\ 10^{-8};\ R^2 = 0,999; \quad (5)$$

$$l = 0,00014T + 0,0946;\ R^2 = 0,997; \quad (6)$$

$$c = 1,6192T + 1259,4584;\ R^2 = 0,991; \quad (7)$$

при *W*=21,83%:

$$a = \left(0,00545T + 6,2952\right) \times 10^{-8};\ R^2 = 0,986, \quad (8)$$

$$l = 0,00011T + 0,1092;\ R^2 = 0,996; \quad (9)$$

$$c = 1,5732T + 1323,2024;\ R^2 = 0,998; \quad (10)$$

где R^2 - коэффициент детерминации.

Из уравнений (5)–(10) следует, что зависимости коэффициентов теплопроводности, температуропроводности и теплоемкости от температуры носят линейный характер. Влажность оказывает большее влияние на исследуемые теплофизические характеристики, чем температура. Из анализа данных видно, что с повышением температуры удельная теплоемкость, теплопроводность и коэффициент температуропроводности зерна тритикале «Горка» увеличиваются (рисунок 2).

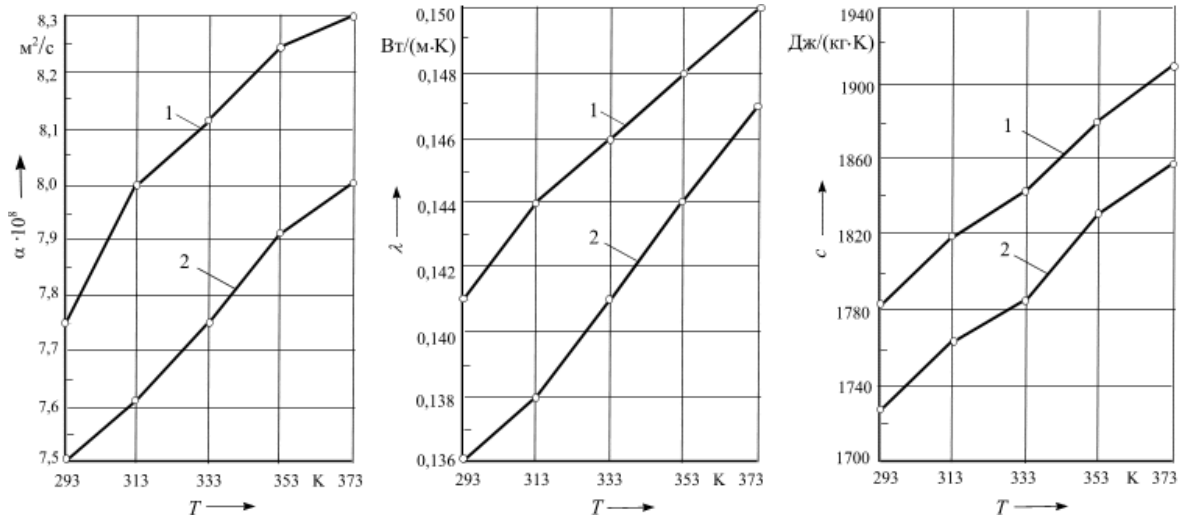


Рисунок 2. Зависимость коэффициента температуропроводности (a), теплопроводности (b) и удельной теплоемкости (c) зерна тритикале сорта «Горка» от температуры для значений влажности *W*,%: 1 – 21,83; 2–13,57%

Figure 2. Dependence of the coefficient of thermal conductivity (a), thermal conductivity (b) and specific heat capacity (c) of the triticale grain of the Gorka variety on the temperature for the humidity values W,%: 1 – 21,83; 2–13,57%

Заключение

Определены коэффициенты теплопроводности и температуропроводности, а также удельная теплоемкость образцов зерна тритикале сорта «Горка» в диапазоне температур от 293 до 373 K для значений влажности 21,83 и 13,57%. Для всех режимов нагрева теплофизические характеристики тритикале аппроксимируются уравнениями линейной регрессии с погрешностью, не превышающей 5%. С повышением температуры теплофизические характеристики увеличиваются. Полученные знания необходимы для изучения кинетических закономерностей, моделирования и оптимизации режимов процессов сушки зерна тритикале, для проектирования новых конструкций и модернизации действующих сушильных установок, обеспечивающих экономию энергетических ресурсов.

Литература

1 Горбунов В.Н., Бочарникова О.Г., Богомолова Т.П., Шишлянников Я.И. Горка – новый сорт озимого тритикале // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 12. С. 95–99.

2 Характеристики сортов растений, впервые включённых в 2019 году в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию: официальное издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 460 с.

3 Makowska A., Waśkiewicz A., Chudy S. Lignans in triticale grain and triticale products // Journal of Cereal Science. 2020. V. 93. P. 102939. doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102939

4 Meleshkina E.P., Pankratov G.N., Vitol I.S., Kandrokov R.H. et al. Innovative trends in the development of advanced triticale grain processing technology // Foods and Raw materials. 2017. V. 5. № 2. doi: 10.21603/2308-4057-2017-2-70-82

5 Liubych V., Novikov V., Zheliezna V., Prykhodko V. et al. Improving the process of hydrothermal treatment and dehulling of different triticale grain fractions in the production of groats // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. V. 3. № 11. P. 105. doi: 10.15587/1729-4061.2020.203737

6 Jaśkiewicz B., Szczepanek M. Amino acids content in triticale grain depending on meteorological, agrotechnical and genetic factors // Research for Rural Development. 2018. V. 2. doi: 10.22616/rrd.24.2018.047

7 Зверев В.Г., Назаренко В.А., Теплоухов А.В. Определение теплофизических характеристик материалов при тепловом воздействии постоянной мощности // Теплофизика и аэродинамика. 2011. № 3. С. 493–502.

8 Ropelewska E., Zapotoczny P., Bożek K.S., Żuk-Gołaszewska K. Thermal, physical and morphological properties of durum wheat // Journal of Consumer Protection and Food Safety. 2019. V. 14. № 2. P. 131-137. doi: 10.1007/s00003-018-1196-3

9 Barba A.A., Naddeo C., Caputo S., Lamberti G. et al. Microwave Treatments of Cereals: Effects on Thermophysical and Parenchymal-Related Properties // Foods. 2020. V. 9. № 6. P. 711. doi: 10.3390/foods9060711

10 Ropelewska E. Effect of grinding on thermal properties of wheat grain // Journal of Consumer Protection and Food Safety. 2019. V. 14. № 2. P. 139-146. doi: 10.1007/s00003-018-1200-y

11 Wu S., Lu S., Liu J., Yang S. et al. Physicochemical Properties and Bioactivities of Rice Beans Fermented by Bacillus amyloliquefaciens // Engineering. 2021. V. 7. № 2. P. 219-225. doi: 10.1016/j.eng.2020.10.010

12 Roman M.C., Fabani M.P., Luna L.C., Feresin G.E. et al. Convective drying of yellow discarded onion (Angaco INTA): Modelling of moisture loss kinetics and effect on phenolic compounds // Information Processing in Agriculture. 2020. V. 7. № 2. P. 333-341. doi: 10.1016/j.inpa.2019.07.002

13 Yang X.H., Zhang Q., Wang J., Deng L.Z. et al. Innovative superheated steam impingement blanching (SSIB) enhances drying rate and quality attributes of line pepper // Information Processing in Agriculture. 2017. V. 4. № 4. P. 283-290. doi: 10.1016/j.inpa.2017.07.004

14 Ashtiani S.H.M., Salarikia A., Golzarian M.R. Analyzing drying characteristics and modeling of thin layers of peppermint leaves under hot-air and infrared treatments // Information Processing in Agriculture. 2017. V. 4. № 2. P. 128-139. doi: 10.1016/j.inpa.2017.03.001

15 Salehi F., Kashaninejad M. Modeling of moisture loss kinetics and color changes in the surface of lemon slice during the combined infrared-vacuum drying // Information Processing in Agriculture. 2018. V. 5. № 4. P. 516-523. doi: 10.1016/j.inpa.2018.05.006

16 Omolola A.O., Kapila P.F., Silungwe H.M. Mathematical modeling of drying characteristics of Jew's mallow (Corchorus olitorius) leaves // Information processing in agriculture. 2019. V. 6. № 1. P. 109-115. doi: 10.1016/j.inpa.2018.08.003

17 Kaveh M., Sharabiani V.R., Chayjan R.A., Taghinezhad E. et al. ANFIS and ANNs model for prediction of moisture diffusivity and specific energy consumption potato, garlic and cantaloupe drying under convective hot air dryer // Information Processing in Agriculture. 2018. V. 5. № 3. P. 372-387. doi: 10.1016/j.inpa.2018.05.003

18 Нехай О.И., Киянова А.В. Оценка сортов озимого тритикале по элементам структуры урожайности и качественным показателям зерна // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. 2019. С. 201-204.

19 Гергокаев Д.А.К Обоснованию режимов сушки зерна тритикале // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. ВМ Кокова. 2019. № 4. С. 59-62.

20 Шишлянников Я.И., Богомолова Т.П., Бочарникова О.Г., Горбунов В.Н. и др. Горка–новый сорт озимого тритикале // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 12-3 (66). doi: 10.23670/IRJ.2017.66.105

References

1 Gorbunov V.N., Bocharnikova O.G., Bogomolova T.P., Shishlyannikov Ya.I. Gorka – a new variety of winter triticale. International research journal. 2017. no. 12. pp. 95–99. (in Russian).

2 Characteristics of plant varieties, first included in 2019 in the State Register of Breeding Achievements, Approved for Use: official publication. Moscow, FGBNU "Rosinformagrotech", 2019. 460 p. (in Russian).

3 Makowska A., Waśkiewicz A., Chudy S. Lignans in triticale grain and triticale products. Journal of Cereal Science. 2020. vol. 93. pp. 102939. doi:10.1016/j.jcs.2020.102939

4 Meleshkina E.P., Pankratov G.N., Vitol I.S., Kandrokov R.H. et al. Innovative trends in the development of advanced triticale grain processing technology. Foods and Raw materials. 2017. vol. 5. no. 2. doi: 10.21603/2308-4057-2017-2-70-82

5 Liubych V., Novikov V., Zheliezna V., Prykhodko V. et al. Improving the process of hydrothermal treatment and dehulling of different triticale grain fractions in the production of groats. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. vol. 3. no. 11. pp. 105. doi: 10.15587/1729-4061.2020.203737

6 Jaśkiewicz B., Szczepanek M. Amino acids content in triticale grain depending on meteorological, agrotechnical and genetic factors. Research for Rural Development. 2018. vol. 2. doi: 10.22616/rrd.24.2018.047

7 Zverev V.G., Nazarenko V.A., Teploukhov A.V. Determination of thermophysical characteristics of materials under thermal effect of constant power. Thermophysics and aerodynamics. 2011. no. 3. pp. 493–502. (in Russian).

8 Ropelewska E., Zapotoczny P., Bożek K.S., Żuk-Gołaszewska K. Thermal, physical and morphological properties of durum wheat. Journal of Consumer Protection and Food Safety. 2019. vol. 14. no. 2. pp. 131-137. doi: 10.1007/s00003-018-1196-3

9 Barba A.A., Naddeo C., Caputo S., Lamberti G. et al. Microwave Treatments of Cereals: Effects on Thermophysical and Parenchymal-Related Properties. Foods. 2020. vol. 9. no. 6. pp. 711. doi: 10.3390/foods9060711

10 Ropelewska E. Effect of grinding on thermal properties of wheat grain. Journal of Consumer Protection and Food Safety. 2019. vol. 14. no. 2. pp. 139-146. doi: 10.1007/s00003-018-1200-y

11 Wu S., Lu S., Liu J., Yang S. et al. Physicochemical Properties and Bioactivities of Rice Beans Fermented by Bacillus amyloliquefaciens. Engineering. 2021. vol. 7. no. 2. pp. 219-225. doi: 10.1016/j.eng.2020.10.010

12 Roman M.C., Fabani M.P., Luna L.C., Feresin G.E. et al. Convective drying of yellow discarded onion (Angaco INTA): Modelling of moisture loss kinetics and effect on phenolic compounds. Information Processing in Agriculture. 2020. vol. 7. no. 2. pp. 333-341. doi: 10.1016/j.inpa.2019.07.002

13 Yang X.H., Zhang Q., Wang J., Deng L.Z. et al. Innovative superheated steam impingement blanching (SSIB) enhances drying rate and quality attributes of line pepper. Information Processing in Agriculture. 2017. vol. 4. no. 4. pp. 283-290. doi: 10.1016/j.inpa.2017.07.004

14 Ashtiani S.H.M., Salarikia A., Golzarian M.R. Analyzing drying characteristics and modeling of thin layers of peppermint leaves under hot-air and infrared treatments. Information Processing in Agriculture. 2017. vol. 4. no. 2. pp. 128-139. doi: 10.1016/j.inpa.2017.03.001

15 Salehi F., Kashaninejad M. Modeling of moisture loss kinetics and color changes in the surface of lemon slice during the combined infrared-vacuum drying. Information Processing in Agriculture. 2018. vol. 5. no. 4. pp. 516-523. doi: 10.1016/j.inpa.2018.05.006

16 Omolola A.O., Kapila P.F., Silungwe H.M. Mathematical modeling of drying characteristics of Jew's mallow (Corchorus olitorius) leaves. Information processing in agriculture. 2019. vol. 6. no. 1. pp. 109-115. doi: 10.1016/j.inpa.2018.08.003

17 Kaveh M., Sharabiani V.R., Chayjan R.A., Taghinezhad E. et al. ANFIS and ANNs model for prediction of moisture diffusivity and specific energy consumption potato, garlic and cantaloupe drying under convective hot air dryer. Information Processing in Agriculture. 2018. vol. 5. no. 3. pp. 372-387. doi: 10.1016/j.inpa.2018.05.003

18 Nekhai O.I., Kiyanova A.V. Assessment of varieties of winter triticale by the elements of the structure of yield and quality indicators of grain. Technological aspects of cultivation of agricultural crops. 2019. pp. 201-204. (in Russian).

19 Gergokaev D.A. On the Substantiation of Triticale Grain Drying Modes. Bulletin of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.I. VM Kokov. 2019. no. 4. pp. 59-62. (in Russian).

20 Shishlyannikov Ya.I., Bogomolova T.P., Bocharnikova O.G., Gorbunov V.N. Gorka – a new variety of winter triticale. International research journal. 2017. no. 12-3 (66).doi: 10.23670/IRJ.2017.66.105(in Russian).

Сведения об авторах

Алексей В. Дранников д.т.н., декан факультет пищевых машин и автоматов, профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, drannikov@list.ru
https://orcid.org/0000-0002-3060-8688

Татьяна Н. Тертычная д.с-х.н., профессор, кафедра технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, tertychnaya@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0001-8185-3424

Александр А. Шевцов 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, shevalol@rambler.ru
https://orcid.org/0000-0003-2599-5692

Никита В. Засыпкин магистр, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, zvnikita24@gmail.com

Александр А. Рындин к.т.н., доцент, кафедра технологии бродильных производств и виноделия, Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе 11, г. Москва, 125080, Россия, ryndinaa@mgupp.ru
https://orcid.org/0000-0001-6861-9297

Information about authors

Alexey V. Drannikov Dr. Sci. (Engin.), Dean of the Faculty of Food Machines and Automata, associate professor machines and devices for food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, drannikov@list.ru
https://orcid.org/0000-0002-3060-8688

Tatiana N. Tertychnaya Dr. Sci. (Agric.), professor, technology for storage and processing of agricultural products department, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia, tertychnaya@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0001-8185-3424

Alexander A. Shevtsov Dr. Sci. (Chem.), professor, technology of fats, processes and apparatuses of chemical and food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, shevalol@rambler.ru
https://orcid.org/0000-0003-2599-5692

Nikita V. Zasypkin master, machines and apparatus for food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, zvnikita24@gmail.com

Aleksandr A. Ryndin Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, technology of fermentation and winemaking department, Moscow State University of Food Production, Volokolamskoe Highway 11, Moscow, 125080, Russia, ryndinaa@mgupp.ru
https://orcid.org/0000-0001-6861-9297

Вклад авторов

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

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscriptand are responsible for plagiarism

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 11/01/2021	**После редакции** 10/02/2021	**Принята в печать** 02/03/2021
Received 11/01/2021	**Accepted in revised** 10/02/2021	**Accepted** 02/03/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-23-28 Краткое сообщение/Short message
УДК 640 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Технологии АПК будущего и продовольственная безопасность в опережающем инженерном образовании

Сергей Т. Антипов [1] ast@vsuet.ru 0000-0003-4299-1538
Виктор А. Панфилов [2] vap@rgau-msha.ru

1 Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия
2 Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Россия

Аннотация. Статья посвящена некоторым аспектам создания технологий и техники будущего агропромышленного комплекса России. В центре внимания находится зависимость решения вопросов форсированного развития АПК от интеллектуализации образовательного процесса в высшей школе. Круг обсуждаемых вопросов включает: роль фундаментальной науки в развитии агропромышленного комплекса страны; новую парадигму научной деятельности; тесную взаимосвязь учёных сельского хозяйства и учёных пищевого и перерабатывающего секторов АПК; качество инженерного образования; концепцию опережающего образования и её принципиальную ориентацию на будущее; переход от суммы разрозненных специальных знаний к системе знаний в виде комплекта учебников по специальным дисциплинам; описание комплекта из 19 книг «Инженерия техники пищевых технологий». Особое внимание уделено взаимосвязи облика будущего АПК и системы опережающего инженерного образования. Что же нужно для достижения целей опережающего инженерного образования? Во-первых, развернуть вектор работы профессоров, преподавателей и студентов с передачи, и усвоения прагматических знаний на постановку и решение проблем АПК. Во-вторых, широко внедрять методы самообразования на основе информационных и телекоммуникационных технологий, что особенно важно для России, имеющей огромную территорию. В-третьих, реализовать идеи опережающего образования с тем, чтобы подготовить студентов к восприятию АПК будущего. Поэтому интеллектуализация образовательного процесса должна рассматриваться как проблема сегодняшнего дня и ключ к продовольственной безопасности страны.

Ключевые слова: АПК, развитие технологий, фундаментальная наука, инженерное образование, пищевые технологии, продовольственная безопасность

Future agro-industrial technologies and food security in advanced engineering education

Sergey T. Antipov [1] ast@vsuet.ru 0000-0003-4299-1538
Victor A. Panfilov [2] vap@rgau-msha.ru

1 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia
2 Russian State Agrarian University. K.A. Timiryazev, 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russia

Abstract. The article is devoted to some aspects of creating technologies and equipment for the future agro-industrial complex of Russia. The focus is on the dependence of the solution to the issues of the accelerated development of the agro-industrial complex on the intellectualization of the educational process in higher education. The range of issues discussed includes: the role of fundamental science in the development of the country's agro-industrial complex; a new paradigm of scientific activity; close relationship of agricultural scientists and scientists of the food and processing sectors of the agro-industrial complex; quality of engineering education; the concept of advanced education and its fundamental orientation towards the future; the transition from the sum of scattered special knowledge to a system of knowledge in the form of a set of textbooks in special disciplines; description of a set of 19 books "Engineering of food technology". Particular attention is paid to the relationship between the future of the agro-industrial complex and the system of advanced engineering education. What does it take to achieve the goals of advanced engineering education? First, to expand the vector of work of professors, teachers and students from the transfer and assimilation of pragmatic knowledge to the formulation and solution of the problems of the agro-industrial complex. Secondly, to widely introduce methods of self-education based on information and telecommunication technologies, which is especially important for Russia, which has a huge territory. Third, to implement the ideas of advanced education in order to prepare students for the perception of the agro-industrial complex of the future. Therefore, the intellectualization of the educational process should be considered as a problem of today and a key to the country's food security.

Keywords: agroindustrial complex, technology development, basic science, engineering education, food technologies, food security

Введение

Будущее АПК России естественно связывать с новым обликом сельского хозяйства, перерабатывающей и пищевой промышленности, который, прежде всего, должен быть представлен новыми технологиями.

В XXI веке прогрессирующая урбанизация населения и необходимость обеспечить продовольственную безопасность до предела обострят проблему форсированного развития технологий основных продуктов питания. Форсированное развитие – это процесс не столько отталкивания от прошлого, сколько процесс

Для цитирования
Антипов С.Т., Панфилов В.А. Технологии АПК будущего и продовольственная безопасность в опережающем инженерном образовании // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 23–28. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-23-28

For citation
Antipov S.T., Panfilov V.A. Future agro-industrial technologies and food security in advanced engineering education. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 23–28. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-23-28

© 2021, Антипов С.Т. и др. / Antipov S.T. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

притяжения к будущему. В этой связи облик будущего должен быть достаточно убедительно представлен, то есть не только спрогнозирован, но и частично спланирован.

Учитывая то обстоятельство, что в ведущих странах мира ориентировачно с 2025 года начнётся реализация так называемого Шестого технологического уклада [5], а АПК России ещё во многом базируется на реликтовых Третьем и Четвёртом укладах и только втягивается в Пятый технологический уклад, надо задуматься над тем, как не отстать в решении проблемы национальной продовольственной безопасности [1,2].

Общество, которое стремиться заглянуть в своё «завтра», как бы устремляется в будущее и для него ход исторического процесса развития ускоряется.

Цель статьи – показать тесную связь между решением проблемы создания технологий и техники будущего АПК и необходимостью организации системы опережающего инженерного образования.

Технологии АПК будущего. Сегодня Россия устремляется в будущее своей истории. Поэтому и мы, работники АПК, не можем не заглядывать (прогнозировать, предвидеть, планировать, проектировать) в будущее своих технологий.

Чем динамичнее развивается общество, тем более значимо оно воспринимает социологические интервалы времени, стараясь заглянуть в своё завтра по всем азимутам.

Для эффективной жизнедеятельности и стремительного развития АПК нужны фундаментальные знания, потому что именно такие знания, значительно опережающие инженерию, позволяют приближать будущее, не предаваясь фантазиям. Мы живём в насквозь технологизированном мире, который развивается ускоренно [12].

Фундаментальная наука – это совершенно особая сфера человеческой деятельности, результатом которой является новое знание, работающее на «будущее»: вскрытые механизмы явлений, впервые установленные закономерности процессов, новые свойства известных и вновь полученных сред, систематизация абстрактных и реальных объектов, дающая возможность предвидеть и прогнозировать. У фундаментальной науки есть множество положительных аспектов: широта охвата народно-хозяйственной проблемы, возможность концентрации больших усилий на узком направлении, независимость от сиюминутных интересов, обмен информацией с коллегами при организации конференций, коллоквиумов и семинаров, создание научной школы.

Технологии АПК будущего – это новое сырьё и новые свойства традиционного сырья, новые способы преобразования исходного сельскохозяйственного сырья в продукты питания, новые методы энергоподвода в технологических процессах (прежде всего, через электромагнитные, звуковые и механические колебания), новые рецептуры продуктов питания человека, новые упаковочные материалы, не загрязняющие окружающую среду, гибкие технологии, обеспечивающие широчайший ассортимент пищевых продуктов и высокое их качество.

Однако, инноваций не достигнуть, если заниматься модернизацией того, что уже есть. Это тупиковой путь [4]. Совершенно необходима новая идеология, новая парадигма научной деятельности, новые подходы к организации научных изысканий, основанных на чётком видении целей (рисунок 1).

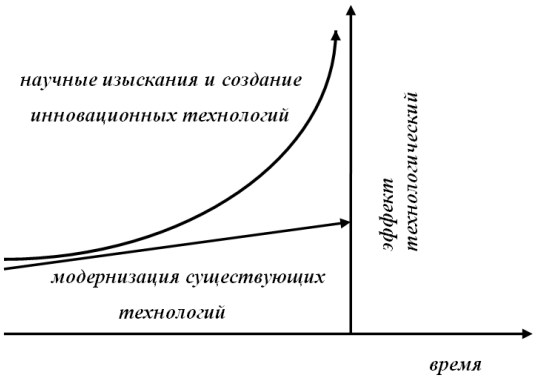


Рисунок 1. Варианты достижения технологического эффекта

Figure 1. Technological effect options

Этими целями могут быть с лагом (интервалом) в 30, 50 и более лет следующие образы (проекты):

• отдельные процессы технологий будущего;

• технологии будущего в целом;

• предприятия АПК будущего со своей инфраструктурой.

Сегодня необходимо формировать тематику фундаментальных исследований. Другими словами, сегодня жизненно необходимо разрабатывать концептуальные основы технологий будущего, создавая научную базу для будущих изобретений и путей их инженерной реализации.

В науке агропромышленного комплекса страны можно различить два направления сдвигов в этом комплексе: от производства к науке и от науки к производству.

Первое направление доминировало в первой половине XX века. Именно в недрах различных производств АПК формировались

тогда прикладные и многие фундаментальные знания, вызвавшие к жизни новую грань науки – специальные дисциплины.

Для настоящего времени характерно второе направление: от науки к производству, поскольку основные открытия и оригинальные инженерные решения в наши дни делаются на стыке специальных дисциплин, как наименее исследованных областей знания. Такая работа выливается в методологические разработки, теоретические изыскания, нетривиальные экспериментальные исследования. Поэтому в каждом научно-исследовательском институте АПК должна быть создана и задействована элитная (во всех отношениях) группа учёных (2–3 человека) с привлечением учёных вузов, т. е. группа вперёдсмотрящих.

Необходима теснейшая связь учёных пищевого и перерабатывающего сектора АПК с учёными сельского хозяйства страны, специалистами в области растениеводства и животноводства. Речь идёт о создании растений для пищевых технологий будущего и о создании животных, птицы и рыбы для пищевых технологий будущего [7].

Сегодня в развитых странах всё больше создается сельскохозяйственных производств индустриального типа, когда сельскохозяйственный труд приобретает черты заводского труда, для результатов которого характерны высокие показатели точности, устойчивости, надёжности и управляемости ведущих процессов [15–20].

В будущем «первичные» технологии перерабатывающих отраслей должны стать конечной подсистемой технологической системы сельскохозяйственного производства, обеспечивая внутри этой системы так необходимые обратные связи.

Уже сегодня в животноводстве создаются промышленные молочные, мясные и птицеводческие комплексы и фермы с участками первичной переработки как составными частями будущей системы. При этом концепция организации таких предприятий следующая: человек вкладывает меньше труда в обслуживание животных и птицы и больше – в разработку средств автоматизации.

В полеводстве индустриализация технологий выращивания растений возможна, если отойти от традиционной тяговой концепции трактора и перейти к энергосредствам передвигающимся по специальной колее или искусственным дорожкам (передвижной сельскохозяйственный завод) [9].

Таким образом, индустриализация полей и ферм внесёт качественные изменения в технологию производства и переработки сельскохозяйственной продукции.

Опережающее инженерное образование. Инженерия АПК России требует безотлагательной реанимации, иначе мы безнадёжно отстанем. Но сейчас важно не столько обновлять старые технологии, сколько создавать принципиально новые, высокоточные с заделом для пищевых роторных технологий будущего на основе открытий фундаментальной науки [10].

Инженерное образование является одним из стратегических ресурсов страны. Образование, особенно опережающее, – это «катализатор» развития народного хозяйства, в том числе всех отраслей АПК.

Качество инженерного образования есть функция от следующих его составляющих [13]:

– качество профессорско-преподавательского состава;

– качество соответствующих учебных планов и рабочих программ;

– качество учебников и учебных пособий, которые должны нацеливать учащегося на формирование образов будущего технологий;

– качество абитуриентов;

– качество инфраструктуры вуза;

– качество управления вузом;

– качество выпускника, который должен уметь формулировать технико-технологическую проблему и иметь свою точку зрения на её решение.

Основной аргумент в пользу приоритетной роли опережающего инженерного образования – стремительный научно-технический прогресс и глобальная технологизация ведущих стран мира в рамках текущего Пятого технологического уклада и перспективы Шестого технологического уклада [8].

Среди главных качеств, которыми должен обладать инженер отраслей агропромышленного комплекса, можно выделить

– ноосферное сознание,

– системное научное мышление,

– экологическую культуру,

– информационную культуру,

– творческую активность.

Концепция опережающего образования заключается в её принципиальной ориентации на будущее. И необходимым условием эффективности системы опережающего инженерного образования является её органичная связь с институтом науки. Инженерное образование должно быть буквально «встроено» в систему научных исследований [14].

Особое внимание следует уделить в системе образования учебному процессу на старших курсах. Учебный процесс на старших курсах должен быть

посвящен постановке и подходам к разрешению той или иной крупной народно-хозяйственной проблемы, например возрождению индустрии сельскохозяйственного и продовольственного машиностроения России, или созданию новейших энерго- и ресурсосберегающих технологий, или значительному повышению качества продукции и эффективности процессов в машинах, аппаратах и биореакторах, или разработке вопросов организации производства на прогрессивных социально-экономических принципах.

Главное, что учебный процесс должен дать студенту, – это подготовить его к техническому и социально-экономическому творчеству. Такой учебный процесс должен быть нацелен на перспективу, будущее, понуждать студента уйти от аксиом, усомниться в их истинности, инициировать его творчество.

Комплект учебников по специальным дисциплинам. В инженерном образовании пришло время при изложении специальных курсов перейти от суммы знаний в разрозненных учебниках и учебных пособиях к учебной литературе как системе знаний в виде комплекта книг. Системообразующим фактором комплекта книг, например по технике пищевых технологий, становятся межотраслевая классификация технологий по признаку преобразования сельскохозяйственного сырья в продукты питания и межотраслевая классификация процессов в машинах, аппаратах и биореакторах, что приводит к синергетическому эффекту в образовательном процессе за счет его структуризации [3, 6, 11].

Такой комплект учебников и учебных пособий под общим названием «Инженерия техники пищевых технологий» создан на основе книг, изданных ранее в Издательствах «Высшая школа», «КолосС» и «Лань».

Перечень книг комплекта «Инженерия техники пищевых технологий»:

Блок 1 Инновационные процессы в образовании и продовольственном машиностроении

1. Введение в профессиональную деятельность

2. Развитие инженерии техники пищевых технологий

3. Проектирование и конструирование техники пищевых технологий

4. Специальные инженерные расчеты техники пищевых технологий

Блок 2 Техника пищевых производств индустриальных предприятий

5. Индустриальные технологические комплексы продуктов питания

6. Оборудование для ведения механических и гидромеханических процессов пищевых технологий

7. Оборудование для ведения тепломассообменных процессов пищевых технологий

8. Оборудование для ведения биопроцессов пищевых технологий

9. Мультимедийный лабораторный практикум к созданию инновационной техники пищевых технологий

Блок 3 Техника пищевых производств малых предприятий

10. Техника пищевых производств малых предприятий. Книга 1 (разборка сельскохозяйственного сырья на анатомические части)

11. Техника пищевых производств малых предприятий. Книга 2 (сборка пищевых продуктов из компонентов сельскохозяйственного сырья)

12. Техника пищевых производств малых предприятий. Книга 3 (комбинированная переработка сельскохозяйственного сырья)

Блок 4 Инженерия финишных операций и ремонта оборудования

13. Оборудование для ведения процессов упаковки в пищевых технологиях

14. Оборудования для утилизации отходов пищевых производств

15. Диагностика, ремонт и монтаж техники пищевых технологий

Блок 5 Техника будущего пищевых технологий

16. Проектирование технологий и техники будущего пищевых производств

17. Конструирование машин будущего пищевых технологий (научно-технические аспекты)

18. Конструирование аппаратов будущего пищевых технологий (научно-технические аспекты)

19. Конструирование биореакторов будущего пищевых технологий (научно-технические аспекты)

Последние 4 книги из 19 излагают учебный материал для проектирования технологий и конструирования машин, аппаратов и биореакторов будущего. И это следует особо подчеркнуть. В них приводятся философский и инженерный аспекты развития технологических систем как диалектическая неизбежность; исследуются закономерности развития технологических и технических систем перерабатывающих и пищевых производств; описываются концептуальных основы идеальных машин, аппаратов и биореакторов, прогнозируются конструкторские решения технологического оборудования будущего. В этих книгах также детально рассматриваются закономерности преобразования пищевых сред в машинах, аппаратах и биореакторах, что позволяет, выполнять взаимную адаптацию технологических свойств этих сред с одной стороны, и конструкции рабочих органов, рабочих поверхностей и рабочих объёмов оборудования – с другой.

В комплект входит лабораторный практикум с 30-ю виртуальными лабораторными работами, в которых изучаются прототипы будущих инновационных конструкций технологического оборудования перерабатывающих и пищевых производств АПК. Эскизы этих инновационных конструкций должен разработать и защитить студент.

Конечно, комплект учебников, как и любая техническая литература, нуждается в систематическом обновлении. Поэтому раз в 5–10 лет содержание книг необходимо пересматривать, дополняя техническими решениями технологических задач, работающими на опережение.

Заключение

Главным стратегическим направлением формирования принципиально новой, перспективной системы инженерного образования должен стать опережающий характер всей системы образования, что существенно повысит его качество. Опережающее инженерное образование предполагает преимущественное изучение фундаментальных законов природы, что позволит специалистам самостоятельно находить и принимать ответственные решения в условиях неопределённости при создании сложных технологических систем. Научные знания в виде вскрытых явлений и установленных закономерностей технологических процессов являются в этом случае единственной надёжной опорой.

Что же нужно для достижения целей опережающего инженерного образования?

Во-первых, развернуть вектор работы профессоров, преподавателей и студентов с передачи и усвоения прагматических знаний на постановку и решение проблем АПК.

Во-вторых, широко внедрять методы самообразования на основе информационных и телекоммуникационных технологий, что особенно важно для России, имеющей огромную территорию.

В-третьих, реализовать идеи опережающего образования с тем, чтобы подготовить студентов к восприятию АПК будущего.

Поэтому интеллектуализация образовательного процесса должна рассматриваться как проблема сегодняшнего дня и ключ к продовольственной безопасности страны.

Литература

1 Гордеев А.В. и др. Продовольственная независимость России: В 2. Т.1. М.: Технология ЦД, 2016. 560 с.

2 Антипов С.Т., Дранников А.В., Панфилов В.А. и др. Введение в профессиональную деятельность (инженерия техники пищевых технологий); под ред. акад. РАН В.А. Панфилова. Санкт-Петербург: Лань. 2019. 268 с.

3 Иванов В.В., Малинецкий Г.Г. Россия XXI век. Стратегия прорыва. Технологии. Образование. Наука; изд. 2-е. М.: ЛЕНАНД, 2017. 304 с.

4 Каблов Е.Н. Шестой технологический уклад // Наука и жизнь. 2010. № 4. С. 2–7.

5 Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. Кн.1 Самоорганизация. История; изд. 4-е. М.: ЛЕНАНД, 2020. 152 с.

6 Панфилов В.А. Вектор научных изысканий при создании технологии АПК будущего // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 1. С. 4–8.

7 Панфилов В.А. Продовольственная безопасность России и Шестой технологический уклад в АПК // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2016. № 1. С. 10–12.

8 Князева Е.Н. Синергетика. Антология. М.; СПб.: Центр гуманитарных инициатив, 2013. 408 с.

9 Синергетика: Будущее мира и России; под ред. Г.Г. Малинецкого. М.: Издательство ЛКИ, 2016. 384 с.

10 Антипов С.Т., Панфилов В.А., Ураков О.А., Шахов С.В. Системное развитие техники пищевых технологий; под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова. М.: КолосС, 2010. 762 с.

11 Черноиванов В.И., Ежевский А.А., Федоренко В.Ф. Мировые тенденции машинно-технологического обеспечения интеллектуального сельского хозяйства. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. 284 с.

12 Антипов С.Т., Журавлев А.В., Панфилов В.А., Шахов С.В. Развитие инженерии техники пишевых технологий; под ред. акад. РАН В.А. Панфилова. Санкт-Петербург: Лань, 2019. 448 с.

13 Lobova S.V., Alekseev A.N., Bogoviz A.V., Ragulina J.V. Wireless future of the agrarian market as a basis of food security provision // Ubiquitous Computing and the Internet of Things: Prerequisites for the Development of ICT. 2019. P. 975-981. doi: 10.1007/978-3-030-13397-9_101

14 Glushchenko A.V., Fedotova G.V., Gryzunova N.V., Sultanova S.S. et al. Modernization of the Russian agro-industrial complex in the conditions of increase of food security // Institute of Scientific Communications Conference. 2019. P. 3-12. doi: 10.1007/978-3-030-29586-8_1

15 Eshugova S. Development of the Russian agro-industrial complex in the food security context // MEST Journal. P. 76.

16 Hosseininezhad M., Shafiabadi J., Hussain M.A. Microbial resources to safeguard future food security // Adv Food Technol Nutr Sci Open J. 2015. P. 8-13.

17 Sommerville M., Essex J., Le Billon P. The 'global food crisis' and the geopolitics of food security // Geopolitics. 2014. V. 19. №. 2. P. 239-265. doi: 10.1080/14650045.2013.811641

18 Ksenda V.M. Modernization of the Russian Agro-Industrial Complex in the Conditions of Increase of Food Security // Digital Economy: Complexity and Variety vs. Rationality. 2019. V. 87. P. 3.

19 Kopteva L., Romanova I., Lashkova N. Food Security Of Russia: Risks And Threats // European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS. 2020. P. 353-363.

20 Pachapur P.K., Pachapur V.L., Brar S.K., Galvez R. et al. Food security and sustainability // Sustainability: Fundamentals and Applications. 2020. P. 357-374. doi: 10.1002/9781119434016.ch17

References

1 Gordeev A.V. and others. Food independence of Russia: Vol. 2. Vol. 1. Moscow, Tekhnologiya TsD, 2016. 560 p. (in Russian).

2 Antipov S.T., Drannikov A.V., Panfilov V.A. etc. Introduction to professional activity (engineering of food technology technology); ed. acad. RAS V.A. Panfilov. St. Petersburg, Lan. 2019. 268 p. (in Russian).

3 Ivanov V.V., Malinetskiy G.G. Russia XXI century. Breakout strategy. Technologies. Education. The science; ed. 2. Moscow, LENAND, 2017. 304 p. (in Russian).

4 Kablov E.N. The sixth technological order. Science and life. 2010. no. 4. pp. 2–7. (in Russian).

5 Kapitsa S.P., Kurdyumov S.P., Malinetskiy G.G. Synergetics and forecasts of the future. Book 1 Self-organization. History; ed. 4. Moscow, LENAND, 2020. 152 p. (in Russian).

6 Panfilov V.A. The vector of scientific research in the creation of the future agro-industrial complex technology. Bulletin of the Russian agricultural science. 2020. no. 1. pp. 4–8. (in Russian).

7 Panfilov V.A. Food security of Russia and the Sixth technological order in the agro-industrial complex. Bulletin of Russian agricultural science. 2016. no. 1. pp. 10–12. (in Russian).

8 Knyazeva E.N. Synergetics. Anthology. Moscow, Saint Petersburg, Center for Humanitarian Initiatives, 2013. 408 p. (in Russian).

9 Synergetics: The Future of the World and Russia; ed. G.G. Malinetskiy. Moscow, LKI Publishing House, 2016. 384 p. (in Russian).

10 Antipov S.T., Panfilov V.A., Urakov O.A., Shakhov S.V. Systemic development of food technology technology; ed. acad. RAAS V.A. Panfilov. Moscow, KolosS, 2010. 762 p. (in Russian).

11 Chernoivanov V.I., Ezhevsky A.A., Fedorenko V.F. World tendencies of machine and technological support of intelligent agriculture. Moscow, FGBNU "Rosinformagrotech", 2012. 284 p. (in Russian).

12 Antipov S.T., Zhuravlev A.V., Panfilov V.A., Shakhov S.V. Development of food technology engineering; ed. acad. RAS V.A. Panfilov. St. Petersburg, Lan, 2019. 448 p. (in Russian).

13 Lobova S.V., Alekseev A.N., Bogoviz A.V., Ragulina J.V. Wireless future of the agrarian market as a basis of food security provision. Ubiquitous Computing and the Internet of Things: Prerequisites for the Development of ICT. 2019. pp. 975-981. doi: 10.1007/978-3-030-13397-9_101

14 Glushchenko A.V., Fedotova G.V., Gryzunova N.V., Sultanova S.S. et al. Modernization of the Russian agro-industrial complex in the conditions of increase of food security. Institute of Scientific Communications Conference. 2019. pp. 3-12. doi: 10.1007/978-3-030-29586-8_1

15 Eshugova S. Development of the Russian agro-industrial complex in the food security context. MEST Journal. pp. 76.

16 Hosseininezhad M., Shafiabadi J., Hussain M.A. Microbial resources to safeguard future food security. Adv Food Technol Nutr Sci Open J. 2015. pp. 8-13.

17 Sommerville M., Essex J., Le Billon P. The 'global food crisis' and the geopolitics of food security. Geopolitics. 2014. vol. 19. no. 2. pp. 239-265. doi: 10.1080/14650045.2013.811641

18 Ksenda V.M. Modernization of the Russian Agro-Industrial Complex in the Conditions of Increase of Food Security. Digital Economy: Complexity and Variety vs. Rationality. 2019. vol. 87. pp. 3.

19 Kopteva L., Romanova I., Lashkova N. Food Security Of Russia: Risks And Threats. European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS. 2020. pp. 353-363.

20 Pachapur P.K., Pachapur V.L., Brar S.K., Galvez R. et al. Food security and sustainability. Sustainability: Fundamentals and Applications. 2020. pp. 357-374. doi: 10.1002/9781119434016.ch17.

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
https://orcid.org/0000-0003-4299-1538

Виктор А. Панфилов д.т.н., профессор, кафедра процессов и аппаратов перерабатывающих производств, Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Россия, vap@rgau-msha.ru

Information about authors

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
https://orcid.org/0000-0003-4299-1538

Victor A. Panfilov Dr. Sci. (Engin.), professor, processes and apparatuses of processing industries, Russian State Agrarian University. K.A. Timiryazev, 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russia, vap@rgau-msha.ru

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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.

Поступила 05/04/2021	**После редакции** 26/04/2021	**Принята в печать** 25/05/2021
Received 05/04/2021	**Accepted in revised** 26/04/2021	**Accepted** 25/05/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-29-34 Оригинальная статья/Research article
УДК 640 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Исследование процесса приготовления филе куриного по технологии sous-vide (су-вид)

Елена И. Королева [1] koroleva.ei@rea.ru 0000-0002-3332-9684
Артем М. Давыдов [1] davydov.am@rea.ru 0000-0001-5308-4752
Екатерина Н. Никулина [1] nikulina.en@rea.ru 0000-0002-1825-7627
Анна А. Деркаосова [2] aa-derk@ya.ru 0000-0002-9726-9262

1 Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, пер. Стремянный, 36, г. Москва, 117997, Россия
2 Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Для определения продолжительности процесса тепловой обработки от температуры греющей среды (воды) и толщины слоя исходного образца по технологии sous-vide (су-вид) было выбрано филе куриное. Были построены и проанализированы графики зависимости: температуры в центре образца филе куриного от продолжительности процесса тепловой обработки при температурах греющей среды (воды) 60, 70 и 80ºС; температуры в центре образца филе куриного от продолжительности процесса тепловой обработки при толщине образца 0,5; 1; 2 см. Даны рекомендации по выбору оптимального температурного режима и толщины слоя филе куриного для приготовления по технологии sous-vide (су-вид) При температуре воды в рабочей камере термостата 60 ºС нельзя достичь внутри образца продукта температуры готовности 68–70 ºС, даже после 5-ти минутной выдержки, поэтому есть вероятность наличия вредных микроорганизмов в готовом продукте. При температуре воды в рабочей камере термостата 80 ºС происходит интенсивный нагрев филе куриного до температуры готовности, однако продукт остается сырым из-за малой продолжительности процесса, при дальнейшей выдержке продукт нагревается до более высоких температур 78–79 ºС, что снижает качество полученного готового продукта. Оптимальной выбрана температура греющей среды (воды) в рабочей камере термостата–70 ºС, что находится в диапазоне рекомендованных нормативной документацией температур. При этой температуре продукт достигает необходимой температуры готовности 68–70 ºС, а продолжительность тепловой обработки сокращается в 2,9 раза, уменьшаются затраты энергии в 2 раза и достигается высокая степень готовности продукта.

Ключевые слова: су-вид, тепловая обработка, продолжительность процесса, температурный режим, оптимальная толщина, филе куриное

Investigation of the process of cooking chicken fillet using sous-vide technology

Elena I. Koroleva [1] koroleva.ei@rea.ru 0000-0002-3332-9684
Artem M. Davydov [1] davydov.am@rea.ru 0000-0001-5308-4752
Ekaterina N. Nikulina [1] nikulina.en@rea.ru 0000-0002-1825-7627
Anna A. Derkanosova [2] aa-derk@ya.ru 0000-0002-9726-9262

1 Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny lane, 36, 117997, Russia
2 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. To determine the duration of the heat treatment process on the heating medium (water)To determine the duration of the heat treatment process on the heating medium (water) temperature and layer thickness of the original sample using sous-vide technology, a chicken fillet was selected. The following diagrams were plotted and analyzed: temperature in the chicken fillet specimen as a function of duration of heat treatment process at heating medium (water) temperatures of 60, 70 and 80ºC; temperature in the chicken fillet specimen as a function of duration of heat treatment process at thickness of 0.5; 1; 2 cm. Recommendations are given for choosing the optimum temperature regime and thickness of the layer of chicken fillets for cooking by sous-vide technology. At a temperature of water in the thermostat working chamber of 60º C can not be reached inside the sample of product to a temperature of 68-70 º C, even after 5 minutes of exposure, so there is a possibility of harmful micro-organisms in the finished product. At a temperature of water in the thermostat working chamber of 80 º C is intense heating of chicken fillets to a temperature of readiness, but the product remains raw because of the short duration of the process, with a further curing the product is heated to a higher temperature of 78-79 º C, which reduces the quality of the finished product. Optimal selected heating medium temperature (water) in the working chamber of thermostat-70 ºC, which is in the range of recommended regulatory documentation temperatures. At this temperature, the product achieves the necessary cooking temperature of 68-70 ºC, and the duration of heat treatment is reduced by 2.9 times, energy consumption is reduced by 2 times and a high degree of readiness of the product is cooked.

Keywords: sous-vide, heat treatment, duration of the process, temperature regime, optimal thickness, chicken fillet

Для цитирования
Королева Е.И., Давыдов А.М., Никулина Е.Н., Деркаосова А.А. Исследование процесса приготовления филе куриного по технологии sous-vide (су-вид) //Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 29–34. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-29-34

For citation
Koroleva E.I., Davydov A.M., Nikulina E.N., Derkanosova A.A. Investigation of the process of cooking chicken fillet using sous-vide technology. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 29–34. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-29-34

© 2021, Королева Е.И. и др. / Koroleva E.I. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Sous-vide (су-вид) – это технология низкотемпературной тепловой обработки сырья, герметично упакованного под вакуумом, при точно контролируемой в каждой точке гастрономической емкости температуре. Эта технология имеет ряд весомых преимуществ: максимальное сохранение вкусовых свойств, питательных веществ и витаминов продукта; из-за воздействия достаточно низких температур клеточные мембраны продукта не нарушаются, в результате чего структура сохраняет свою целостность, и продукт остается сочным; минимальные потери массы при тепловой обработке; равномерное приготовление пищи по всей глубине; герметичная вакуумная упаковка не пропускает воздух, поэтому специи и приправы лучше впитываются в продукт и основной недостаток – длительное время приготовления пищевых продуктов [5, 6, 13].

Рекомендации в Таблице времени и температур sous-vide [9] устанавливают два параметра полной кулинарной готовности филе куриного: температуру в центре продукта и продолжительность выдержки продукта при этой температуре.

В литературе [9, 12] в качестве режимных параметров для приготовления филе куриного по технологии sous-vide (су-вид) дана температура греющей среды (воды) и продолжительность процесса, которые представлены в широком диапазоне (температура воды 60–71 ºС, продолжительность 30–90 минут), что не позволяет проводить процесс с получением продукта высокого качества при оптимальном расходовании энергии.

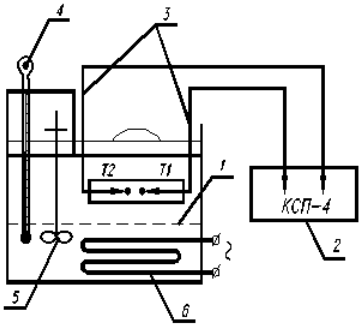
Была поставлена задача определить оптимальные режимные параметры процесса приготовления филе куриного по технологии sous-vide (су-вид).

Экспериментально определена продолжительность процесса тепловой обработки филе куриного в зависимости от температуры греющей среды (воды) и толщины слоя исходного образца.

Материалы и методы

Экспериментальная установка (рисунок 1) состоит из водяного термостата с решеткой (1), прибора для автоматической регистрации температуры (2), хромель-копелевых термопар в иглах, помещаемых в продукт для измерения его температуры (3), электроконтактного термометра для измерения температуры воды в термостате (4), мешалки (5), тэна (6) [3].

Для проведения эксперимента готовили образец – филе куриное (мойка, обсушка, порционирование, взвешивание), помещали в армированный полимерный пакет [4] (CASO шириной 16 см), откачивали воздух и запаивали край с помощью вакуумного упаковщика CASOVS 6. Вес каждой порции 75 грамм. Длина и ширина поверхности 7 см. Толщина куска филе куриного 1 см.



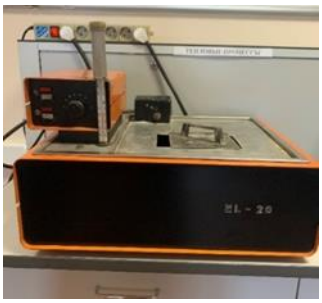


Рисунок 1. Экспериментальная установка

Figure1. Experimental equipment



Рисунок 2. Фотосъемка подготовленных (слева) порций филе куриного и их вакуумирования (справа)

Figure 2. Photos prepared portions of chicken fillet (left) and their vacuumation (right)

Для герметизации места прокола в центр одной подготовленной порции филе куриного прикладывали липким слоем пласт клейкой ленты-уплотнителя бренда Aviora прямоугольной формы (ширина 1 см) из пенометалла, сверху накладывали (таким образом, чтобы второй слой полностью с запасом покрывал первый) самоклеящуюся широкую ленту бренда Aviora из поливинилхлорида. Выбранный материал, согласно [10, 15], рекомендованный для контакта с пищевыми продуктами, позволил сохранить герметизацию образца. Далее с помощью двух стальных игл с термопарами прокалывали вкладыш и помещали их с двух противоположных сторон в центральные слои продукта.

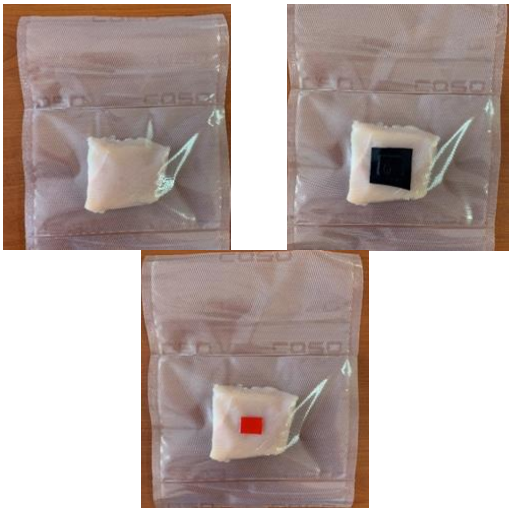


Рисунок 3. Фотосъемка поэтапной герметизации места будущего прокола

Figure 3. Photos the phased sealing of the site of the future puncture

Опускали пакет с продуктом в камеру термостата с водой, нагретой до постоянной температуры 60, 70 или 80 ºС. Отслеживали изменения температуры в продукте. По достижении температуры готовности 68–70 ºС [1, 8] выдерживали пакет с продуктом в течение 5-и минут [7] в рабочей камере термостата при постоянной температуре греющей среды (воды).

Для проверки возможности сокращения количества потребляемой энергии проводили опыты с выдержкой после нагрева продукта до температуры готовности при температуре воздуха в помещении в течение 5-и минут.



Рисунок 4. Фотосъемка погруженного в рабочую камеру термостата пакета с продуктом с термопарой

Figure 4. Photos a package with a product with a thermocouple immersed in the working chamber of the thermostat

После анализа полученных результатов и выбора оптимальной температуры греющей среды (воды) проводили исследования влияния толщины образца филе куриного (0,5, 1, 2 см) на продолжительность процесса тепловой обработки.

Результаты и обсуждение

Результаты экспериментальных исследований по изменению температуры внутри образца филе куриного при постоянной температуре греющей среды (60, 70, 80 ºС) с последующей выдержкой в камере термостата в течение 5-и минут представлены в таблицах 1–3 и на рисунке 5.

Таблица 1.

Журнал наблюдений при температуре греющей среды (воды) 60 ºС

Table 1.

Surveillance reports at a heating medium (water) temperature of 60 ºС

Термопара № 3 Thermocouple № 3		Термопара № 4 Thermocouple № 4	
τ, мин (min)	t, ºС	τ, мин (min)	t, ºС
0	20	0	20
2,2	28	2,4	28
4,4	40	4,6	40
6,6	48	6,8	48
8,8	52	9	52
11	54	11,2	54
13,2	58	13,4	58
15,4	60	15,6	59
17,6	60	17,8	59
Выдерживаем пакет с продуктом в рабочей камере термостата в течение 5-и минут Keeping the package with the product in the working chamber of the thermostat for 5 minutes			
19,8	60	20	60
22	60	22,2	60
24,2	60	24,4	60

Таблица 2.

Журнал наблюдений при температуре греющей среды (воды) 70 ºС

Table 2.

Surveillance reports at a heating medium (water) temperature of 70 ºС

Термопара № 3 Thermocouple № 3		Термопара № 4 Thermocouple № 4	
τ, мин (min)	t, ºС	τ, мин (min)	t, ºС
0	23	0	23
2,2	48	2,4	40
4,4	59	4,6	52
6,6	64	6,8	60
8,8	68	9	64
Выдерживаем пакет с продуктом в рабочей камере термостата в течение 5-и минут Keeping the package with the product in the working chamber of the thermostat for 5 minutes			
11	68	11,2	66
13,2	69	13,4	68
15,4	70	15,6	70

Таблица 3.

Журнал наблюдений при температуре греющей среды (воды) 80 ºС

Table 3.

Surveillance reports at a heating medium (water) temperature of 80 ºС

Термопара № 3 Thermocouple № 3		Термопара № 4 Thermocouple № 4	
τ, мин (min)	t, ºС	τ, мин (min)	t, ºС
0	24	0	24
2,2	58	2,4	56
4,4	68	4,6	64
Выдерживаем пакет с продуктом в рабочей камере термостата в течение 5-и минут Keeping the package with the product in the working chamber of the thermostat for 5 minutes			
6,6	72	6,8	70
8,8	76	9	72
11	76	11,2	74

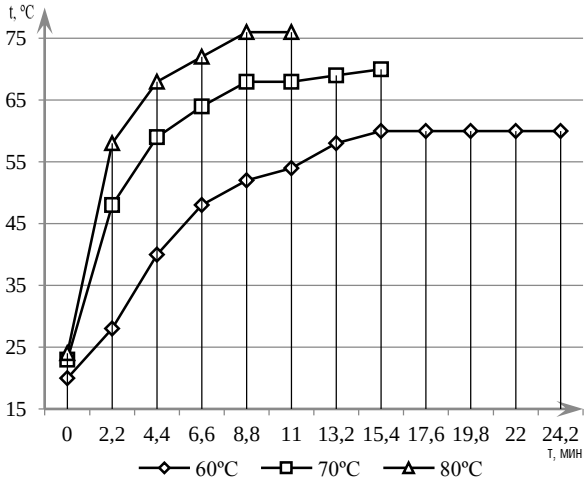


Рисунок 5. Зависимость температуры в центре образца филе куриного от продолжительности процесса тепловой обработки при температурах греющей среды (воды) 60, 70 и 80 ºС

Figure 5. Dependence of the temperature in the center of the chicken fillet sample on the duration of the heat treatment process at a temperature water of 60, 70 and 80 ºС

При температуре воды в рабочей камере термостата 60 ºС нельзя достичь внутри образца продукта температуры готовности 68–70 ºС [8], даже после 5-ти минутной выдержки, поэтому есть вероятность наличия вредных микроорганизмов в готовом продукте.

При температуре воды в рабочей камере термостата 80 ºС происходит интенсивный нагрев филе куриного до температуры готовности, однако продукт остается сырым из-за малой продолжительности процесса, при дальнейшей выдержке продукт нагревается до более высоких температур 78–79 ºС, что снижает качество полученного готового продукта.

Оптимальной выбрана температура греющей среды (воды) в рабочей камере термостата–70 ºС, что находится в диапазоне рекомендованных температур [9].

При этой температуре продукт достигает необходимой температуры готовности 68–70 ºС, а продолжительность тепловой обработки сокращается в 2,9 раза, уменьшаются затраты энергии в 2 раза и достигается высокая степень готовности продукта.

Органолептическими признаками готовности изделий из мяса птицы являются выделение бесцветного сока в месте прокола и белый цвет на разрезе продукта [2], чему полностью соответствуют образцы готового филе куриного при рекомендуемом режиме тепловой обработки [14].

Экспериментальные исследования с последующей выдержкой продукта при температуре окружающей среды показали, что в каждом опыте происходит уменьшение температуры внутри продукта ниже температуры его готовности, поэтому эти режимы не рекомендованы для процесса приготовления филе куриного по технологии sous-vide (су-вид).

Проведены экспериментальные исследования по влиянию толщины образца филе куриного на продолжительность процесса тепловой обработки при выбранной оптимальной температуре греющей среды (воды) в рабочей камере термостата 70 ºС (рисунок 6).

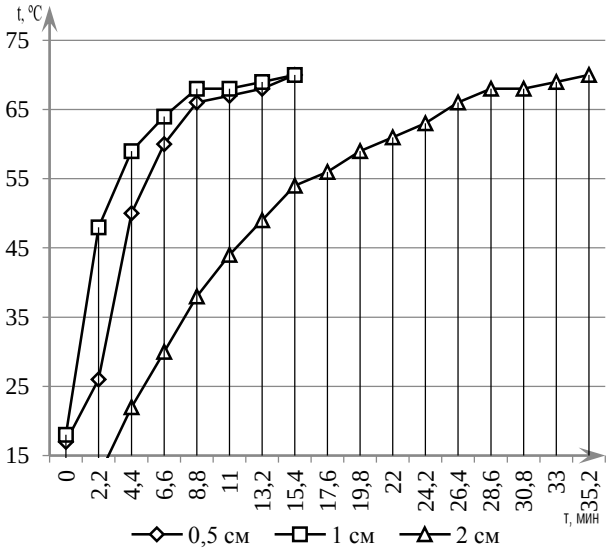


Рисунок 6. Зависимость температуры в центре образца филе куриного от продолжительности процесса тепловой обработки при толщине образца 0,5, 1,0, 2,0 см

Figure 6. Dependence of the temperature in the center of the chicken fillet sample on the duration of heat treatment at a sample thickness of 0.5, 1.0, 2.0 cm

При толщине образца филе куриного 0,5 и 1 см нагрев продукта до температуры

готовности происходит за 9 минут, при толщине образца 2 см – за 28 минут. Дальнейшая выдержка в течение 5-и минут в рабочей камере термостата повышает температуру внутри продукта на 2–6ºС.

Рекомендована оптимальная толщина образца 1 см, так как в этом случае получается готовый продукт с наилучшими органолептическими свойствами и наименьшей продолжительностью процесса.

Заключение

В результате проведенных экспериментальных исследований рекомендована оптимальная температура греющей среды (воды) в рабочей камере термостата при приготовлении образца филе куриного – 70 ºС.

Рекомендованная оптимальная толщина образца филе куриного – 1 см.

Подана заявка на патент «Аппарат для приготовления пищи по технологии sous-vide (су-вид)» с цифровым игольчатым зондом, позволяющим измерять температуру внутри продукта в режиме «реального времени» и выбирать оптимальный режим тепловой обработки пищевого продукта с наименьшими энергетическими затратами.

Полученные результаты доказывают перспективность использования на предприятиях общественного питания технологии sous-vide (су-вид) [11, 16–20] и рекомендуют способ устранения основного ее недостатка: довольно длительного времени приготовления пищевых продуктов.

Литература

1 ГОСТ 31985–2013. Услуги общественного питания. Термины и определения. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт сертификации, 2013.

2 Санитарно-эпидемиологические требования к организациям общественного питания, изготовлению и оборотоспособности в них пищевых продуктов и продовольственного сырья. М.: Бюллетень нормативных и методических документов Госсанэпиднадзора, 2007.

3 Королева Е.И. Процессы и аппараты пищевых производств. М.: ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», 2016. 56 с.

4 Зарипова Э.Х. Перспективы применения полимерной упаковки с повышенными эксплуатационными свойствами в пищевой промышленности // Вестник Казанского технологического университета. 2018. С. 92–94.

5 Левицкая И.А. Коваль Е.А. Зайнутдинова А.Р. Грибкова В.А. Теоретические аспекты и перспективы применения технологии су-вид при производстве блюд из мясного сырья // Сборник научных трудов XIII Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов организаций в сфере сельскохозяйственных наук. 2019. С. 204–207.

6 Фофанов Т.С. Технология су-вид – некоторые аспекты качества и микробиологической безопасности // Теория и практика переработки мяса. 2018. № 1. С. 59–67.

7 Санитарные требования к тепловой обработке пищевых продуктов. URL: https://dezprof.ru/sannadzor/sanitarnye-trebovaniya-k-teplovoy-obrabotke-pishchevykh-produktov/

8 Кулинарные техники. Таблица температур готовности мяса и птицы. URL: https://www.vkusnyblog.ru/tablica-temperatur-gotovnosti-myasa-i-pticy/

9 Таблица времени и температур sous-vide. URL: https://www.su-vide.ru/article/tablica/

10 NSF International. The Public Health and Safety Organization. URL: https://www.nsf.org/

11 AleksandarBožić. SrđanMilošević. Contemporary Trends in the Restaurant Industry and Gastronomy // Journal of Hospitality & Tourism. 2021. V. 45. № 5. P. 905–907.

12 America's Test Kitchen. Cookbook. Sous Vide for Everybody: The Easy, Foolproof Cooking Technique That's Sweeping the World. 2018.

13 Kurian J.K. Vijaya Raghavan G.S. Conventional and Advanced Thermal Processing Technologies // Food Safety Engineering. 2020. P. 447–469.

14 Pathare P.B. Anthony Paul Roskilly. Quality and Energy Evaluation in Meat Cooking // Food Engineering Reviews. 2016. V. 8. P. 435–447.

15 Zavadlav S., Blažić M., Van de Velde F., Vignatti C. et al. Sous-Vide as a Technique for Preparing Healthy and High-Quality Vegetable and Seafood Products // Foods. 2020. V. 9. №. 11. P. 1537. doi: 10.3390/foods9111537

16 Прохорова В.В., Басюк А.С. Концептуальный подход к формированию конкурентной стратегии предприятия пищевой промышленности // Пищевая технология. 2021. № 2-3. С. 116–119.

17 Kumari N., Singh C.B., Kumar R., Xavier K.M. et al. Development of Pangasius steaks by improved sous-vide technology and its process optimization // Journal of food science and technology. 2016. V. 53. №. 11. P. 4007-4013. doi: 10.1007/s13197-016-2401-y

18 Fofanova T. S. Sous vide technology—several aspects of quality and microbiological safety // Theory and practice of meat processing. 2018. V. 3. №. 1. P. 59-68. doi: 10.21323/2414-438X-2018-3-1-59-68

19 Ayub H., Ahmad A. Physiochemical changes in sous-vide and conventionally cooked meat // International journal of gastronomy and food science. 2019. V. 17. P. 100145. doi: 10.1016/j.ijgfs.2019.100145

20 Botinestean C., Hossain M., Mullen A.M., Kerry J.P. et al. The influence of the interaction of sous-vide cooking time and papain concentration on tenderness and technological characteristics of meat products // Meat Science. 2021. V. 177. P. 108491. doi: 10.1016/j.meatsci.2021.108491

References

1 GOST 31985–2013. Catering services. Terms and Definitions. Moscow: All-Russian Scientific Research Institute of Certification, 2013. (in Russian).

2 Sanitary and epidemiological requirements for public catering organizations, the manufacture and circulation of food products and food raw materials in them. Moscow, Bulletin of normative and methodological documents of the State Sanitary and Epidemiological Supervision, 2007. (in Russian).

3 Koroleva E.I. Processes and apparatus for food production. Moscow, FGBOU VO "PRUE im. G.V. Plekhanov", 2016. 56 p. (in Russian).

4 Zaripova E.Kh. Prospects for the use of polymer packaging with increased operational properties in the food industry. Bulletin of Kazan Technological University. 2018. pp. 92–94. (in Russian).

5 Levitskaya I.A. E.A. Koval Zainutdinova A.R. Gribkova V.A. Theoretical aspects and prospects for the application of sous vide technology in the production of dishes from raw meat. Collection of scientific papers of the XIII International scientific-practical conference of young scientists and specialists of organizations in the field of agricultural sciences. 2019. pp. 204–207. (in Russian).

6 Fofanov T.S. Sous-vide technology - some aspects of quality and microbiological safety. Theory and practice of meat processing. 2018. no. 1. pp. 59–67. (in Russian).

7 Sanitary requirements for heat treatment of food. Available at: https://dezprof.ru/san-nadzor/sanitarnye-trebovaniya-k-teplovoy-obrabotke-pishchevykh-produktov/ (in Russian).

8 Culinary Techniques. Table of temperatures of meat and poultry readiness. Available at: https://www.vkusnyblog.ru/tablica-temperatur-gotovnosti-myasa-i-pticy/ (in Russian).

9 Table of times and temperatures sous-vide. Available at: https://www.su-vide.ru/article/tablica/ (in Russian).

10 NSF International. The Public Health and Safety Organization. Available at: https://www.nsf.org/

11 AleksandarBožić. SrđanMilošević. Contemporary Trends in the Restaurant Industry and Gastronomy. Journal of Hospitality & Tourism. 2021. vol. 45. no. 5. pp. 905–907.

12 America's Test Kitchen. Cookbook. Sous Vide for Everybody: The Easy, Foolproof Cooking Technique That's Sweeping the World. 2018.

13 Kurian J.K. Vijaya Raghavan G.S. Conventional and Advanced Thermal Processing Technologies. Food Safety Engineering. 2020. pp. 447–469.

14 Pathare P.B. Anthony Paul Roskilly. Quality and Energy Evaluation in Meat Cooking. Food Engineering Reviews. 2016. vol. 8. pp. 435–447.

15 Zavadlav S., Blažić M., Van de Velde F., Vignatti C. et al. Sous-Vide as a Technique for Preparing Healthy and High-Quality Vegetable and Seafood Products. Foods. 2020. vol. 9. no. 11. pp. 1537. doi: 10.3390/foods9111537

16 Prokhorova V.V., Basyuk A.S. Conceptual approach to the formation of the competitive strategy of the food industry enterprise. Food technology. 2021. no. 2-3. pp. 116-119. (in Russian).

17 Kumari N., Singh C.B., Kumar R., Xavier K.M. et al. Development of Pangasius steaks by improved sous-vide technology and its process optimization. Journal of food science and technology. 2016. vol. 53. no. 11. pp. 4007-4013. doi: 10.1007/s13197-016-2401-y

18 Fofanova T. S. Sous vide technology—several aspects of quality and microbiological safety. Theory and practice of meat processing. 2018. vol. 3. no. 1. pp. 59-68. doi: 10.21323/2414-438X-2018-3-1-59-68

19 Ayub H., Ahmad A. Physiochemical changes in sous-vide and conventionally cooked meat. International journal of gastronomy and food science. 2019. vol. 17. pp. 100145. doi: 10.1016/j.ijgfs.2019.100145

20 Botinestean C., Hossain M., Mullen A.M., Kerry J.P. et al. The influence of the interaction of sous-vide cooking time and papain concentration on tenderness and technological characteristics of meat products. Meat Science. 2021. vol. 177. pp. 108491. doi: 10.1016/j.meatsci.2021.108491

Сведения об авторах

Елена И. Королева к.т.н., доцент, кафедра ресторанного бизнеса, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, пер. Стремянный, 36, г. Москва, 117997, Россия, koroleva.ei@rea.ru
https://orcid.org/0000-0002-3332-9684

Артем М. Давыдов к.т.н., доцент, кафедра ресторанного бизнеса, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, пер. Стремянный, 36, г. Москва, 117997, Россия, davydov.am@rea.ru
https://orcid.org/0000-0001-5308-4752

Екатерина Н. Никулина студент, лаборант, кафедра ресторанного бизнеса, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, пер. Стремянный, 36, г. Москва, 117997, Россия, nikulina.en@rea.ru
https://orcid.org/0000-0002-1825-7627

Анна А. Дерканосова к.т.н., доцент, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, aa-derk@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-9726-9262

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Elena I. Koroleva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, restaurant business department, Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny lane, 36, 117997, Moscow, Russia, koroleva.ei@rea.ru
https://orcid.org/0000-0002-3332-9684

Artem M. Davydov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, restaurant business department, Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny lane, 36, 117997, Moscow, Russia, davydov.am@rea.ru
https://orcid.org/0000-0001-5308-4752

Ekaterina N. Nikulina student, laboratory assistant, restaurant business department, Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny lane, 36, 117997, Moscow, Russia), nikulina.en@rea.ru
https://orcid.org/0000-0002-1825-7627

Anna A. Derkanosova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Avenue, 19, Voronezh, 394036, aa-derk@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-9726-9262

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.

Поступила 10/04/2021	**После редакции** 14/05/2021	**Принята в печать** 31/05/2021
Received 10/04/2021	**Accepted in revised** 14/05/2021	**Accepted** 31/05/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-35-39 Оригинальная статья/Research article
УДК 631.331.52:633.63 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Определение конструктивных показателей свекловичной сеялки для равномерного распределения семян

Сергей В. Соловьев [1] sergsol6800@ya.ru 0000-0003-4639-9478
Андрей А. Завражнов [1] noc-inteh@ya.ru 0000-0003-1884-3594
Александр Г. Абросимов [1] alexabr84@bk.ru 0000-0003-2027-5346
Сергей В. Дьячков [1] alfred_8113@mail.ru 0000-0002-5691-2055
Алексей А. Бахарев [1] bakharevalex@mail.ru 0000-0001-6637-3473
Наталья В. Картечина [1] kartechnatali@mail.ru 0000-0001-6318-8395

1 Мичуринский государственный аграрный университет, ул. Интернациональная, 101, г. Мичуринск, 393760, Россия

Аннотация. В Тамбовской области ввиду широкого внедрения перспективных технологий выращивания сахарной свеклы значительно повысилась ее урожайность, вместе с тем, используемые высевающие аппараты не всегда способны обеспечить необходимую глубину заделки семян, что приводит к потере урожая и сложности внесения удобрений. В ходе ранее проведенных исследований, определено, что при увеличении угла установки скребка свыше 60 градусов происходит увеличение процента заполняемости ячеек диска семенами у различных гибридов, так исследованиями установлено, что у гибрида РМС-120 при угле установки скребка 70 градусов происходит 100 процентное заполнение ячеек семенами, тогда как у гибридов ХМ-1820 и Тройка ячейки заполнялись лишь на 93,3%. Следует отметить также, что у гибрида РМС-120 при угле установке скребка 70 градусов была отмечена самая низкая повреждаемость драже - 0,67%, тогда как у гибридов ХМ-1820 и Тройка значения данного показателя составляли соответственно 0,83 и 0,73%. При увеличении угла установки скребка свыше 80 градусов увеличивался процент поврежденных семян от 0,4 до 0,66%, на основании этого предложена и теоретически обоснована конструкция высевающего аппарата, особенностью которого является обратное вращение высевающего диска, при этом задняя стенка сошника выполнена в виде параболы соответствующей траектории движения семян, что обеспечивает их распределение в непосредственной близости от его задней стенки тем самым снижая риски засыпания ложе борозды до попадания туда гранул. Определено, что траектория движения гранулы напрямую зависит от угловой скорости высевающего диска, а та в свою очередь зависит от геометрических характеристик ячеек высевающего диска. Теоретически обосновано, что скорость семени в ячейке диска определяется суммой проекций, что дает возможность рассчитать криволинейную поверхность сошника.

Ключевые слова: сахарная свекла, высевающий аппарат, сошник, семя, свекловичная сеялка

Determination of the beet planter design parameters for uniform seed distribution

Sergey V. Soloviev [1] sergsol6800@ya.ru 0000-0003-4639-9478
Andrey A. Zavrazhnov [1] noc-inteh@ya.ru 0000-0003-1884-3594
Alexander G. Abrosimov [1] alexabr84@bk.ru 0000-0003-2027-5346
Sergey V. Dyachkov [1] alfred_8113@mail.ru 0000-0002-5691-2055
Alexey A. Bakharev [1] bakharevalex@mail.ru 0000-0001-6637-3473
Natalia V. Kartechina [1] kartechnatali@mail.ru 0000-0001-6318-8395

1 Michurinsk State Agrarian University, 101, International st., Michurinsk, 393760, Russia

Abstract. In the Tambov region, the yield of sugar beet has increased significantly due to the widespread introduction of promising technologies for its cultivation. At the same time, the used planting devices are not always capable of providing the required seeding depth. This results in yield loss and fertilizing difficulty. In the course of previous studies, it was determined that an increase in the percentage of disc cells filling with seeds in various hybrids occurs with an increase in the scraper angle of over 60 degrees. Thus, studies found out that in the PMS-120 hybrid at a scraper angle of 70 degrees, the cells are filled with seeds by 100%, and in the XM-1820 and Troika hybrids, the cells were filled only by 93.3%. It should also be noted that the PMC-120 hybrid with a scraper angle of 70 degrees had the lowest damage to the pellets - 0.67%, while the XM-1820 and Troika hybrids had 0.83% and 0.73%, respectively. The percentage of damaged seeds increased from 0.4% to 0.66% with an increase in the scraper angle over 80 degrees. The design of the planting unit was offered and theoretically justified on this basis. Its feature is the reverse rotation of the planting disc. In this case, the opener rear wall is made in the form of a parabola corresponding to the trajectory of the seed movement. This ensures that the seed is distributed in close proximity to its rear wall and thus reduces the risk of filling the furrow bed before the pellets get there. It was determined that the trajectory of the granule movement depends directly on the angular velocity of the seeding disc, and it, in turn, depends on the geometric characteristics of the seeding disc cells. It is theoretically substantiated that the speed of the seed in the disc cell is determined by the projections sum. This makes it possible to calculate the opener curved surface.

Keywords: sugar beet, seeder apparatus, opener, seed, beet planter

Для цитирования
Соловьев С.В., Завражнов А.А., Абросимов А.Г., Дьячков С.В., Бахарев А.А., Картечина Н.В. Определение конструктивных показателей свекловичной сеялки для равномерного распределения семян // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 35–39. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-35-39

For citation
Soloviev S.V., Zavrazhnov A.A., Abrosimov A.G., Dyachkov S.V., Bakharev A.A., Kartechina N.V. Determination of the beet planter design parameters for uniform seed distribution. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 35–39. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-35-39

© 2021, Соловьев С.В. и др. / Soloviev S.V. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Сахарная свёкла в Российской Федерации является основным источником получения сахара. По мере развития сельскохозяйственной науки технология её возделывания постоянно совершенствуется. После освоения технологии посева сахарной свёклы на конечную густоту насаждения, исключающей ручной труд, основным препятствием при её возделывании является засорённость [1-4]. В 60–90 гг. XX века из-за отсутствия высокоэффективных гербицидов для борьбы с сорняками применяли разноглубинные междурядные обработки.

По мере развития свекловичного производства в условиях северо-востока Центрально Черноземной зоны РФ в перспективе возможно проведение исследований с применением высокопроизводительных широкозахватных (24 и 36 рядных) посевных машин и пропашных культиваторов, с использованием зарубежных регуляторов роста и высокопродуктивных отечественных гибридов сахарной свёклы [3, 5, 9].

Вместе с тем, большое значение для формирования урожая и повышения всхожести имеет механизация процесса высева семян, которая, в конечном итоге, определяет эффективность применения агротехнологических мероприятий и внесение необходимого количества удобрений [1, 3, 7-10].

Основной задачей посева сахарной свёклы является равномерная заделка семян на определённую глубину с равномерным распределением их в рядке и обеспечения расстояния между всходами в рядке 16–20 см. Семя должно попасть в подготовленное ложе, находящееся на границе влажного осажденного и рыхлого верхнего слоев почвы. Для достижения поставленной цели предлагается высевающий аппарат в котором высевающий диск имеет обратное вращение, а задняя стенка сошника выполнена в виде параболы соответствующей траектории движения семян тем самым обеспечит распределение семян в непосредственной близости от его задней стенки тем сым снижая риски засыпания ложе борозды до попадания туда гранул [11-13].

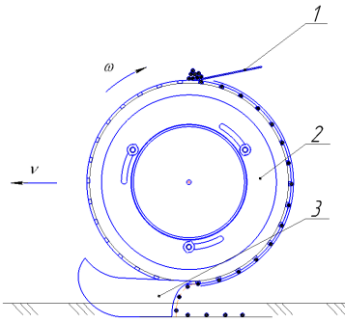


Рисунок 1. Схема высевающего аппарата

Figure 1. Seeder apparatus diagram

Траектория движения гранулы напрямую зависит от угловой скорости высевающего диска, а та в свою очередь зависит от геометрических характеристик ячеек высевающего диска.

Материалы и методы

Угловая скорость диска при этом будет равняется [11]:

$$\omega_д = \frac{2\pi\vartheta_a n_{об}}{n_p}, \text{ с}^{-1} \quad (1)$$

где ϑ_a – скорость движения агрегата, м/с; n_p – количество рядов на диске.

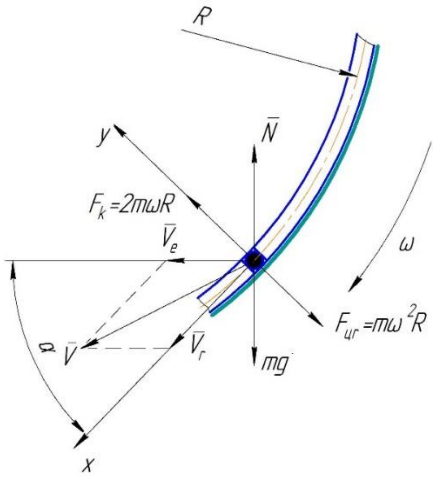


Рисунок 2. К определению траектории полета дражжированного семени

Figure 2. To determine the flight path of pelleted seed

Рассмотрим движение семян на участке АВ (рисунок 2), (движение семян в ячейке барабана, считая семя материальной точки. Дуга и корпуса не дает возможность выпадения семян из ячейки. Изображая семя в произвольном положении, рисунок 2, и действующие на него силы $P = mg$, N и F

$$F_Ц = m\omega^2 R \quad (2)$$

где R – радиус дика высевающего аппарата, м; m – масса семени; ω – угловая скорость диска, рад/с [14-18].

Сила трения семени о поверхность корпуса определяется по выражению 3:

$$F_{TP} = fN \quad (3)$$

Сила инерции Кориолиса равна [17-20]:

$$F_K = 2m|\omega||V_ч|\sin(\omega, V_ч) \quad (4)$$

Так как угол между векторами ω и $V_ч$ равен 90º, и $V_ч=\omega R$, то получим:

$$F_K = 2m\omega^2 R \quad (5)$$

Для определения N спроецируем силы

на ось y $\sum F_i y=0_i$

$$N + F_K - mg\cos\alpha = 0$$

$$N = mg\cos\alpha - F_K = mg\cos\alpha - 2m\omega R = m(g\cos\alpha - 2\omega R) \quad (6)$$

Тогда:

$$F_{TP} = fm(g\cos\alpha - 2\omega R) \quad (7)$$

$$\begin{cases} m\dfrac{dV_x}{dt} = F_ц - F_{mp} + mg\sin\alpha \\ m\dfrac{dV_y}{dt} = F_K + N - mg\cos\alpha \end{cases} \quad (8)$$

или

$$m\frac{dV_r}{dr} = F_ц - F_{TP} + mg\sin\alpha$$

$$\begin{cases} mV_x\dfrac{dV_x}{dx} = F_ц - F_{mp} + mg\sin\alpha \\ mV_y\dfrac{dV_y}{dy} = F_K + N - mg\cos\alpha \end{cases} \quad (9)$$

С учетом уравнений (2), (5)–(7) получим:

$$\begin{cases} mV_x\dfrac{dV_x}{dx} = m\omega^2 R - fm(g\cos\alpha - 2\omega R) + mg\sin\alpha \\ mV_y\dfrac{dV_y}{dy} = 2m\omega R + m(g\cos\alpha - 2\omega R) - mg\cos\alpha \end{cases} \quad (10)$$

Сократив на m и преобразовав получим:

$$\begin{cases} V_x\dfrac{dV_x}{dx} = \omega^2 R - fg\cos\alpha + 2f\omega R + g\sin\alpha \\ V_y\dfrac{dV_y}{dy} = 2\omega R + g\cos\alpha - 2\omega R - g\cos\alpha \end{cases} \quad (11)$$

$$\begin{cases} V_x^2 = 2\omega^2 Rx - 2xfg\cos\alpha + 4xf\omega R + 2gx\sin\alpha + C_1 \\ V_y^2 = 4x\omega R + 2gx\cos\alpha - 4x\omega R - 2gx\cos\alpha + C_2 \end{cases}$$

В результате скорость семени в ячейке диска будет определятся суммой проекций

$$(x)\begin{cases} V_x^2 = (2\omega^2 R - 2fg\cos\alpha + 4f\omega R + 2g\sin\alpha)x + C_1 \\ V_y^2 = C_2 \end{cases} \quad (12)$$

Обозначим

$A = 2\omega^2 R - 2fg\cos\alpha + 4f\omega R + 2g\sin\alpha$, тогда система примет вид:

$$\begin{cases} V_x^2 = Ax + C_1 \\ V_y^2 = C_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_x = \sqrt{Ax + C_1} \\ V_y = \sqrt{C_2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \int V_x dx = \int \sqrt{Ax + C_1}\,dx \\ \int V_y dy = \int \sqrt{C_2}\,dy \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = \dfrac{2\sqrt{(Ax + C_1)^3}}{3A} + C_3 \\ y = C_2 y + C_4 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = \dfrac{2}{3}\dfrac{\sqrt{((2\omega^2 R - 2fg\cos\alpha + 4f\omega R + 2g\sin\alpha)x + C_1)^3}}{(2\omega^2 R - 2fg\cos\alpha + 4f\omega R + 2g\sin\alpha} + C_3 \\ y = C_2 y + C_4 \end{cases}$$

при $C_4=0$. При $x=0$, $\alpha=7°$, $y=0$

Результаты и обсуждение

С учетом основных характеристик сеялки была выявлена траектория движения гранулы после выхода из семявысевающего аппарата и до укладки её на дно борозды сделанную сошником. В свою очередь это позволяет нам в дальнейшем спроектировать конструкцию сошника

Заключение

Для посева сахарной свёклы и обеспечения равномерной заделки семян на определённую глубину с равномерным распределением их в рядке, а также снижения рисков возникающих при движении гранулы после выхода из семявысевающего аппарата и до укладки её на дно борозды была рассчитана криволинейная поверхность сошника.

Благодарности

Результаты исследований, представленные в статье, получены в рамках реализации Соглашения № 075–11–2019–041 от 22 ноября 2019 г. между Министерством науки и высшего образования Российской Федерации и ОАО «Миллеровосельмаш» на выполнение НИОКТР по теме «Создание высокотехнологичного производства многофункциональных комплексов для посева и возделывания пропашных и овощных культур в системе «точного» и «нулевого» земледелия на базе интеллектуальных мехатронных модулей». НИОКТР выполняется в организации Головного исполнителя (ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ).

Литература

1 Minakov I.A., Nikitin A.V. Agricultural market development: Trends and prospects // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. V. 9. № 1. P. 3842–3847.

2 Nikitin A., Karamnova N., Kuzicheva N., Belousov V. Sustainable development of sugar beet subcomplex // International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. V. 9. № 1. P. 5058–5064.

3 Nikitin A.V., Trunova S.N., Voropaeva, V.A. The assessment of the effectiveness of the implementation of scenarios for the sustainable development of agriculture // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. V. 8. № 10. P. 3002–3005.

4 Kosolapov V.V., Kosolapova E.V., Igoshin D.N., Skorokhodov A.N. et al. Virtual modelling and laboratory research of parameters of planting unit's working parts // Acta Technologica Agriculturae. 2019. V. 22. № 1. P. 31-37.

5 Lubova T.N., Islamgulov D.R., Ismagilov K.R., Ismagilov R.R. et al. Economic efficiency of sugar beet production // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. V. 13. № S8. P. 6565-6569.

6 Mostypan M.I., Vasylkovska K.V., Andriyenko O.O., Reznichenko V.P. Modern aspects of tilled crops productivity forecasting // INMATEH-Agricultural Engineering. 2017. V. 53(3).

7 Гуреев, И.И. Современные технологии возделывания и уборки сахарной свёклы: практическое руководство. М.: Печатный Город, 2011. 256 с.

8 Загубин В.Ю., Нанаенко А.К. Как рационально посеять свёклу // Сахарная свёкла. 2000. № 4–5. С. 22–23.

9 Нанаенко А.К. Системный подход к разработке новых технологий в свекловодстве // Сахарная свёкла. 2011.№ 3. С. 18–19.

10 Дьяков Д.А., Минакова О.А., Боронтов О.К., Косякин П.А. и др. Влияние погодных условий и элементов агротехники на питательный режим почвы и продуктивность сахарной свеклы // Сахарная свекла. 2015. № 10. С. 33–35.

11 Горшенин В.И., Абросимов А.Г., Дробышев И.А., Соловьёв С.В. Теоретическое обоснование конструктивных параметров высевающего аппарата свекловичной сеялки // Научное обозрение. №8. 2016. С. 84-89.

12 Горшенин В.И., Абросимов А.Г., Соловьёв С.В. Исследование влияния конструктивных параметров модернизированного высевающего аппарата сеялки ССТ-12Б на заполнение ячейки диска семенами // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2016. №4. С. 150-155.

13 Афонин Н.М., Черемисин Д.В. Влияние густоты посева на рост, развитие и формирование урожая сахарной свеклы при выращивании в условиях тамбовской области // Наука и Образование. 2019. Т. 2. № 4. С. 150.

14 Zykin E., Lazutkina S. The theoretical substantiation of the roller diameter of a versatile tillage implement // In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2020. V. 971. № 5. P. 052060.

15 Ларюшин Н.П., Шумаев В.В., Шуков А.В. Технология и средство механизации посева мелкосеменных масличных культур комбинированными сошниками сеялки. Теория, конструкция, расчет. 2018.

16 Волошин И.В., Ларюшин Н.П., Кувайцев В.Н., Шумаев В.В. и др. Конструкция комбинированного сошника для посева зерновых культур // Нива Поволжья. 2017. Т. 2 (43).

17 Раднаев Д.Н., Калашников С.С., Калашников С.Ф. Определение скорости движения семени после соударения с рассеивателем модернизированного двухдискового сошника // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2017. № 1. С. 78-82.

18 Павлов И.М., Сарсенов А.Е. Тяговое сопротивление сошника // Аграрный научный журнал. 2017. № 2. С. 64-66.

19 Кокошин С.Н., Киргинцев Б.О., Ташланов В.И. Математическое исследование взаимодействия сошника с почвой // Агропродовольственная политика России. 2017. № 7. С. 85-90.

20 Bulgakov V., Adamchuk V., Nadykto V., Kistechok O. et al. Theoretical research into the stability of motion of the ploughing tractor-implement unit operating on the ‘push-pull’principle. 2017.

References

1 Minakov I.A., Nikitin A.V. Agricultural market development: Trends and prospects. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. vol. 9. no. 1. pp. 3842–3847.

2 Nikitin A., Karamnova N., Kuzicheva N., Belousov V. Sustainable development of sugar beet subcomplex. International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. vol. 9. no. 1. pp. 5058–5064.

3 Nikitin A.V., Trunova S.N., Voropaeva, V.A. The assessment of the effectiveness of the implementation of scenarios for the sustainable development of agriculture. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. vol. 8. no. 10. pp. 3002–3005.

4 Kosolapov V.V., Kosolapova E.V., Igoshin D.N., Skorokhodov A.N. et al. Virtual modelling and laboratory research of parameters of planting unit's working parts. Acta Technologica Agriculturae. 2019. vol. 22. no. 1. pp. 31-37.

5 Lubova T.N., Islamgulov D.R., Ismagilov K.R., Ismagilov R.R. et al. Economic efficiency of sugar beet production. Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. vol. 13. no. S8. pp. 6565-6569.

6 Mostypan M.I., Vasylkovska K.V., Andriyenko O.O., Reznichenko V.P. Modern aspects of tilled crops productivity forecasting. INMATEH-Agricultural Engineering. 2017. vol. 53(3).

7 Gureev, I.I. Modern technologies of cultivation and harvesting of sugar beets: a practical guide. Moscow, Pechatny Gorod, 2011. 256 p. (in Russian).

8 Zagubin V.Yu., Nanaenko A.K. How to rationally sow beets. Sugar beet. 2000. no. 4-5. pp. 22–23. (in Russian).

9 Nanaenko A.K. A systematic approach to the development of new technologies in beet growing. Sugar beet. 2011. no. 3. pp. 18-19. (in Russian).

10 Dyakov D.A., Minakova O.A., Borontov O.K., Kosyakin P.A. et al. Influence of weather conditions and elements of agricultural technology on the nutrient regime of the soil and the productivity of sugar beet. Sugar beet. 2015. no. 10. pp. 33–35. (in Russian).

11 Gorshenin V.I., Abrosimov A.G., Drobyshev I.A., Soloviev S.V. Theoretical substantiation of the design parameters of the seeding apparatus of the beet seeder. Scientific Review. no. 8. 2016. pp. 84-89. (in Russian).

12 Gorshenin V.I., Abrosimov A.G., Soloviev S.V. Investigation of the influence of the design parameters of the modernized seeding apparatus of the SST-12B seeder on filling the disk cell with seeds. Bulletin of Michurinsky State Agrarian University. 2016. no. 4. pp. 150-155. (in Russian).

13 Afonin N.M., Cheremisin D.V. The influence of planting density on the growth, development and formation of the yield of sugar beet when grown in the Tambov region. Science and Education. 2019. vol. 2. no. 4. pp. 150. (in Russian).

14 Zykin E., Lazutkina S. The theoretical substantiation of the roller diameter of a versatile tillage implement. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2020. vol. 971. no. 5. pp. 052060.

15 Laryushin N.P., Shumaev V.V., Shukov A.V. Technology and means of mechanization of sowing small-seeded oilseeds with the combined openers of the seeder. Theory, design, calculation. 2018. (in Russian).

16 Voloshin I.V., Laryushin N.P., Kuvaitsev V.N., Shumaev V.V. and others. The design of the combined opener for sowing grain crops. Niva Povolzhya. 2017. vol. 2 (43). (in Russian).

17 Radnaev D.N., Kalashnikov S.S., Kalashnikov S.F. Determination of the speed of movement of the seed after collision with the scatterer of the modernized double-disc opener. Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after I.I. V.R. Filippov. 2017. no. 1. pp. 78-82. (in Russian).

18 Pavlov I.M., Sarsenov A.E. Pulling resistance of the coulter. Agrarian scientific journal. 2017. no. 2. pp. 64-66. (in Russian).

19 Kokoshin S.N., Kirgintsev B.O., Tashlanov V.I. Mathematical study of the interaction of the opener with the soil. Agro-food policy of Russia. 2017. no. 7. pp. 85-90. (in Russian).

20 Bulgakov V., Adamchuk V., Nadykto V., Kistechok O. et al. Theoretical research into the stability of motion of the ploughing tractor-implement unit operating on the 'push-pull'principle. 2017.

Сведения об авторах

Сергей В. Соловьев д.с.х.н., профессор, кафедра транспортно-технологических машин и основ конструирования, Мичуринский государственный аграрный университет, ул. Интернациональная, 101, г. Мичуринск, 393760, Россия, sergsol6800@ya.ru
https://orcid.org/0000-0003-4639-9478

Андрей А. Завражнов к.т.н., доцент, инжиниринговый центр, Мичуринский государственный аграрный университет, ул. Интернациональная, 101, г. Мичуринск, 393760, Россия, noc-inteh@ya.ru
https://orcid.org/0000-0003-1884-3594

Александр Г. Абросимов к.т.н., доцент, кафедра транспортно-технологических машин и основ конструирования, Мичуринский государственный аграрный университет, ул. Интернациональная, 101, г. Мичуринск, 393760, Россия, alexabr84@bk.ru
https://orcid.org/0000-0003-2027-5346

Сергей В. Дьячков к.т.н., доцент, кафедра транспортно-технологических машин и основ конструирования, Мичуринский государственный аграрный университет, ул. Интернациональная, 101, г. Мичуринск, 393760, Россия, alfred_8113@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-5691-2055

Алексей А. Бахарев к.т.н., доцент, кафедра транспортно-технологических машин и основ конструирования, Мичуринский государственный аграрный университет, ул. Интернациональная, 101, г. Мичуринск, 393760, Россия, bakharevalex@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-6637-3473

Наталья В. Картечина к.с.х.н., доцент, кафедра математики, физики и информационных технологий, Мичуринский государственный аграрный университет, ул. Интернациональная, 101, г. Мичуринск, 393760, Россия, kartechnatali@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-6318-8395

Information about authors

Sergey V. Soloviev Dr. Sci. (Agric.), professor, transport and technological machines and design basics department, Michurinsk State Agrarian University, 101, International st., Michurinsk, 393760, Russia, sergsol6800@ya.ru
https://orcid.org/0000-0003-4639-9478

Andrey A. Zavrazhnov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, engineering center, Michurinsk State Agrarian University, 101, International st., Michurinsk, 393760, Russia, noc-inteh@ya.ru
https://orcid.org/0000-0003-1884-3594

Alexander G. Abrosimov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, transport and technological machines and design basics department, Michurinsk State Agrarian University, 101, International st., Michurinsk, 393760, Russia, alexabr84@bk.ru
https://orcid.org/0000-0003-2027-5346

Sergey V. Dyachkov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, transport and technological machines and design basics department, Michurinsk State Agrarian University, 101, International st., Michurinsk, 393760, Russia, alfred_8113@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-5691-2055

Alexey A. Bakharev Cand. Sci. (Engin.), associate professor, transport and technological machines and design basics department, Michurinsk State Agrarian University, 101, International st., Michurinsk, 393760, Russia, bakharevalex@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-6637-3473

Natalia V. Kartechina Cand. Sci. (Agric.), associate professor, mathematics, physics and information technologies department, Michurinsk State Agrarian University, 101, International st., Michurinsk, 393760, Russia, kartechnatali@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-6318-8395

Вклад авторов

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

Contribution

All authors are equally involved 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 02/04/2021	**После редакции** 18/04/2021	**Принята в печать** 20/05/2021
Received 02/04/2021	**Accepted in revised** 18/04/2021	**Accepted** 20/05/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-40-47 Оригинальная статья/Research article
УДК 664; 001.895 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Влияние реологических характеристик на качество 3Д-печати пищевых паст

Сергей А. Бредихин [1] bredihin2006@yandex.ru 0000-0002-6898-0389
Сергей Т. Антипов [2] ast@vsuet.ru 0000-0003-4299-1538
Владимир Н. Андреев [1] andr64.64@mail.ru 0000-0002-4890-379X
Александр Н. Мартеха [1] man6630@rambler.ru 0000-0002-7380-0477

1 Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127550, Россия
2 Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. В экструзионной 3D-печати реологические свойства пищевых продуктов имеют решающее значение для достижения качественной печати. Целью данного исследования является изучение потенциальных корреляций между печатаемостью пищевых паст и реологическими характеристиками. В качестве модельной системы использовались картофельное и томатное пюре. Исследованы реологические свойства картофельного пюре с добавлением картофельного крахмала и их поведение при 3D-печати. Установлена корреляция между рецептурой и технологичностью при 3D-печати. Картофельная масса без крахмала обладала низким пределом текучести, что сказывалось на деформации и проседании массы впоследствии. При этом добавление 2% крахмала показало отличную экструдируемость и печатаемость, то есть способность к истечению. При таких условиях печатные объекты обладали гладкой формой, хорошим разрешением и могли выдерживать форму с течением времени. Объект с добавлением 4% крахмала представлял собой хорошее сохранение формы, но плохую экструдируемость из-за высокого индекса консистенции и вязкости. Полученные результаты с использованием томатного пюре показали линейную корреляцию между напряжением потока ингредиента, нулевой сдвиговой вязкостью и соответствующей стабильностью печати. Давление экструзии, необходимое для экструдирования томатной пасты, линейно увеличивается с увеличением напряжения потока. Модули вязкости, упругости и нулевая скорость сдвига оказались линейно не коррелированными с силой выдавливания, что можно объяснить тем, что эти параметры отражают реологические свойства недеформирующегося состояния материала в отличие от напряжений течения.

Ключевые слова: реология, 3Д-печать, оптимизация, экструзия, пищевые пасты

Influence of rheological characteristics on the quality of 3D printing of food pastes

Sergey A. Bredihin [1] bredihin2006@yandex.ru 0000-0002-6898-0389
Sergey T. Antipov [2] ast@vsuet.ru 0000-0003-4299-1538
Vladimir N. Andreev [1] andr64.64@mail.ru 0000-0002-4890-379X
Alexander N. Martekha [1] man6630@rambler.ru 0000-0002-7380-0477

1 Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russia
2 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. In extrusion 3D printing, the rheological properties of food are critical to achieving quality printing. The aim of this study is to investigate potential correlations between the printability of food pastes and rheological characteristics. Potato and tomato puree were used as a model system. The rheological properties of mashed potatoes with the addition of potato starch and their behavior during 3D printing have been investigated. A correlation has been established between the formulation and manufacturability in 3D printing. Potato mass without starch had a low yield point, which affected the deformation and subsidence of the mass later. At the same time, the addition of 2% starch showed excellent extrudability and printability, that is, the ability to flow. Under these conditions, the printed objects had a smooth shape, good resolution, and could withstand shape over time. The object with the addition of 4% starch represented good shape retention but poor extrudability due to its high consistency index and toughness. The results obtained using tomato puree showed a linear correlation between ingredient flow stress, zero shear viscosity and corresponding print stability. The extrusion pressure required to extrude tomato paste increases linearly with increasing flow voltage. Modules of viscosity, elasticity, and zero shear rate turned out to be not linearly correlated with the extrusion force, which can be explained by the fact that these parameters reflect the rheological properties of the non-deforming state of the material, in contrast to the flow stresses.

Keywords: rheology, 3D printing, optimization, extrusion, food pastes.

Введение

Трехмерная пищевая печать в последние годы широко исследуется в пищевом секторе благодаря своим многочисленным преимуществам, таким как индивидуальный дизайн продуктов питания, персонализированное питание, упрощение цепочки поставок и расширение доступного пищевого материала. Аддитивное производство оказывает огромное влияние на исследователей, а литературы о применение 3D-печати в пищевой промышленности недостаточно. Необходимо больше внимания уделять 3D-печати продуктов питания, поскольку они являются товаром с самым высоким спросом. Одним из применений 3D-печати может стать возможность разработки новых продуктов из уже существующих на рынке, но несовершенных по различным причинам [1, 9, 13].

Для цитирования
Бредихин С.А., Антипов С.Т., Андреев В.Н., Мартеха А.Н. Влияние реологических характеристик на качество 3Д-печати пищевых паст // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 40–47. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-40-47

For citation
Bredihin S.A., Antipov S.T., Andreev V.N., Martekha A.N. Influence of rheological characteristics on the quality of 3D printing of food pastes. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 40–47. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-40-47

© 2021, Бредихин С.А. и др. / Bredihin S.A. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

3D-печать – это технология, которая работает по аддитивному принципу путем осаждения материалов слой за слоем. Эта технология может быть использована для производства сложных, высококачественных заказных изделий без использования трудоемкой машины и дорогостоящих трудоемких форм. Экструзионная 3D-печать, первоначально введенная как моделирование плавленого осаждения, использовалась для производства пластика или металла, но сейчас она адаптируется в пищевой отрасли. В процессе экструзии реологические свойства материалов имеют решающее значение для обеспечения надлежащей экструдируемости, связывания различных слоев пищевых продуктов вместе и поддержания веса осажденных слоев [2–4, 11, 12].

Понимание физических свойств подаваемого материала необходимо для достижения качественных показателей 3D-конструкций. Например, в процессе экструзионной 3D-печати пищевых объектов напечатанные слои должны сохранять свою структуру, пока материал наносится послойно. Эта «самоподдерживающаяся» способность при экструзии зависит от реологических (например, вязкость) и термических (например, температура кристаллизации и температура плавления) свойств; которые в совокупности играют важную роль в процессе кристаллизации осажденного слоя после его нанесения. Печатаемый материал для экструзионного метода должен демонстрировать сдвиговое истечение, которое позволяет субстратам эффективно течь во время экструзии через тонкое сопло. Деформация вязкости пищевого субстрата позволяет ему течь с контролируемой температурой [5, 6, 8, 16, 17].

Эффективная вязкость является важным фактором, который должен быть достаточно низким, чтобы обеспечить легкий процесс экструзии и достаточно высоким, чтобы обеспечить прилипание к уже нанесенным слоям. Для получения материалов с желаемыми реологическими свойствами для печати в рамках стандартов безопасности пищевых продуктов могут использоваться реологические модификаторы. Однако корреляция между реологическими свойствами пищевого материала и поведением 3D-печати широко не исследовалась

Цель работы – количественно связать реологические свойства пищевых паст со стабильностью печати и силой выдавливания. Понимание такой связи позволяет нам прогнозировать поведение печати пищевых ингредиентов и тем самым лучше проектировать успешные печатные составы и процессы.

Материалы и методы

В качестве модельной системы использовали картофельное и томатное пюре. Картофель с влажностью 78–81% хранился в холодильнике при температуре 4 °C. В одном эксперименте использовали одну и ту же партию картофеля, который сначала промывали водопроводной водой, затем его нарезали ломтиками толщиной около 4 мм с помощью слайсера и варили на пару в течение 20 мин. Далее картофель разрезали на кубики и доводили до пюреобразного состояния с помощью блендера в течении 6 минут. С учетом массы картофельного пюре в продукт добавляли от 1 до 4% картофельного крахмала. Затем смесь тщательно перемешивали и выдерживали в течение 5 минут для однородности состава. После этого продукт помещали в чашу из нержавеющей стали и варили на пару в течение 20 мин при температуре 97 ± 0.3 °C. Далее смесь выдерживали в течении 30 мин при комнатной температуре и хранили в холодильнике при температуре 4 °C в течение 24 ч до образования слабой гелеобразной структуры.

Температура в 3D-принтере регулировалась от 20 до 200 °C, а температура экструзии, используемая в исследовании, была установлена на уровне 25 °C. Реологические измерения смесей проводили на гибридном реометре с использованием параллельной пластины диаметром 20 мм с зазором 2000 мкм. Постепенное истечение смеси проводилось при скоростях сдвига $\dot{\gamma}$ = 0.1–500 1/с. Затем кривые течения были приспособлены к модели Гершеля-Балкли следующим образом: $\tau = \tau_0 + K\cdot\dot{\gamma}^n$, где τ – напряжение сдвига (Па), τ_0 – предел текучести (Па), K – индекс консистенции (Па×с^n) и n-индекс течения потока. Регрессионный анализ проводился для расчета предела текучести и индекса течения потока каждого образца смеси.

После загрузки образца и обрезки края образца образцу давали отдохнуть в течение 5 мин перед измерением. Измеренная высота объекта в момент обрушения переводилась в напряжение, действующее на нижнюю пластину, путем деления общего веса образца на высоте обрушения на площадь нижней поверхности печатного полого куба. Отмечено, что расчетное напряжение при обрушении оказывает общий вес объекта на нижнюю пластину, и это напряжение пропорционально уменьшается на разных высотах объекта до нуля в верхней части конструкции [13, 14].

Для картофельного пюре, используемого в данном исследовании эффективная вязкость продукта должна быть как достаточно низкой,

чтобы позволить беспрепятственно экструдироваться из сопла малого диаметра, так и достаточно высокой, чтобы быть жестко связанной с предыдущими осажденными слоями.

Концентрируя томатную пасту путем центрифугирования, мы получали томатные пасты с различными реологическими свойствами. Их печатаемость оценивалась с точки зрения экструзионного поведения (путем анализа силы экструзии) и стабильности формы (путем измерения максимальной высоты печатного объекта).

Результаты и обсуждения

Картофельное пюре. Для картофельного пюре, используемого в данном исследовании эффективная вязкость продукта должна быть как достаточно низкой, чтобы позволить беспрепятственно экструдироваться из сопла малого диаметра, так и достаточно высокой, чтобы быть жестко связанной с предыдущими осажденными слоями. Кривые течения, демонстрирующие зависимость эффективной вязкости и напряжения сдвига от приложенной скорости сдвига, приведены на рисунках 1, 2. Увеличение скорости сдвига привело к увеличению напряжения сдвига и уменьшению эффективной вязкости.

Это наводило на мысль, что все смеси представляют собой псевдопластические жидкости с поведением разрежения при сдвиге. Кроме того, увеличение доли крахмала привело к общему увеличению напряжения сдвига и эффективной вязкости. Это может быть связано с потерей кристаллического порядка гранул крахмала при варке по мере поглощения воды и образования более плотной сетчатой структуры [8, 18, 19].

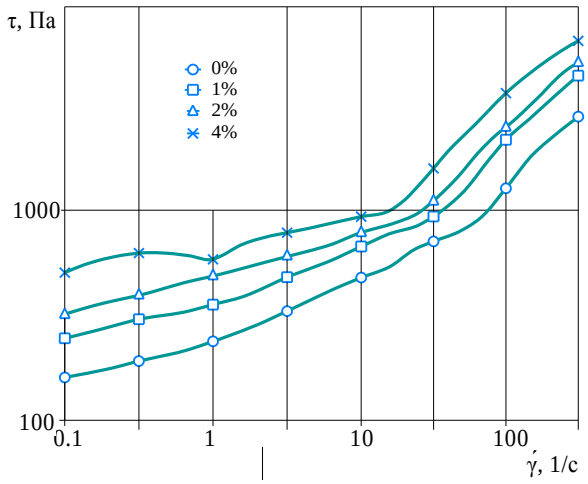


Рисунок 1. Зависимость напряжения сдвига от скорости сдвига картофельного пюре при добавлении крахмала (0–4%)

Figure 1. Dependence of the shear stress on the shear rate of mashed potatoes with the addition of starch (0–4%)

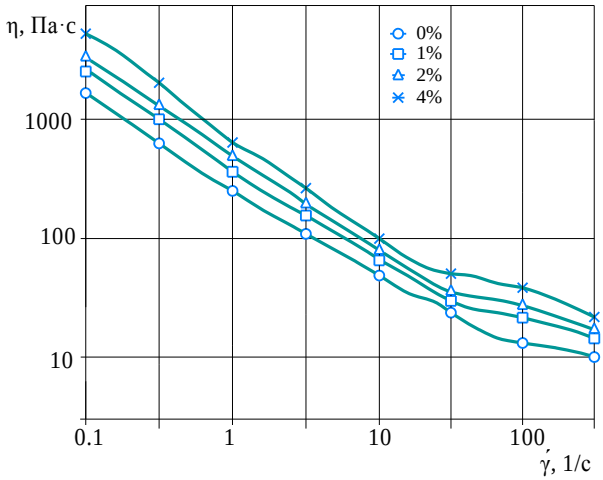


Рисунок 2. Зависимость эффективной вязкости от скорости сдвига картофельного пюре при добавлении крахмала (0–4%)

Figure 2. Dependence of the effective viscosity on the shear rate of mashed potatoes with the addition of starch (0–4%)

Увеличение содержания крахмала с 0% до 4% привело к переходу от ньютоновского поведения смеси к неньютоновскому, т. е. n упал с 0.71 до 0.57, а τ_0 увеличился с 195.90 до 370.33 Па, указывающее на то, что смесь с более высоким содержанием крахмала имеет большую механическую прочность и лучшую способность удерживать форму. Коэффициент K, отражающий вязкость смесей, увеличился с 45.96 до 214.27 Па×с^n, что свидетельствовало о том, что смесь с 4% содержанием крахмала обладает плохой экструдируемостью и не может свободно истекать из сопла во время печати [8].

Динамический анализ частоты колебаний проводился при постоянной деформации (0.03% деформации) в линейном вязкоупругом диапазоне с частотой f = 0.01–16 Гц. Получены механические спектры, регистрирующие модуль упругости (E'), модуль вязкости (E'') и тангенс угла механических потерь $tg\delta = (E''/E')$ в зависимости от частоты колебаний. Все опыты были повторены три раза, и средние данные были использованы для построения кривых.

Параметр E' определяет упругость твердого тела, т. е. лежит в основе сопротивления вещества упругой деформации, и он может отражать механическую прочность материалов. Смеси с достаточной механической прочностью могли выдерживать свою форму с течением времени и обладали хорошим качеством. Механические спектры картофельного пюре с добавлением различных пропорций крахмала приведены на рисунках 3,4 соответственно.

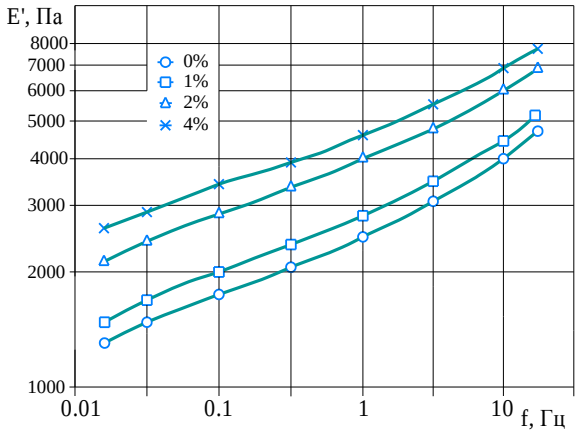


Рисунок 3. Зависимость модуля упругости от частоты колебаний при добавлении крахмала (0–4%)

Figure 3. Dependence of the modulus of elasticity on the vibration frequency with the addition of starch (0–4%)

Увеличение содержания крахмала приводило к увеличению E' и E'', что свидетельствовало о формировании более сильной механической прочности. Это может быть связано с тем, что гранулы крахмала поглощали воду, набухали во время варки и, в конце концов, образовывали более плотную сетчатую структуру. Трехмерная сетчатая структура крахмальных смесей представляет собой вязкоупругий материал. Модуль упругости и эффективная вязкость сильно зависели от концентрации крахмала [10, 19, 21].

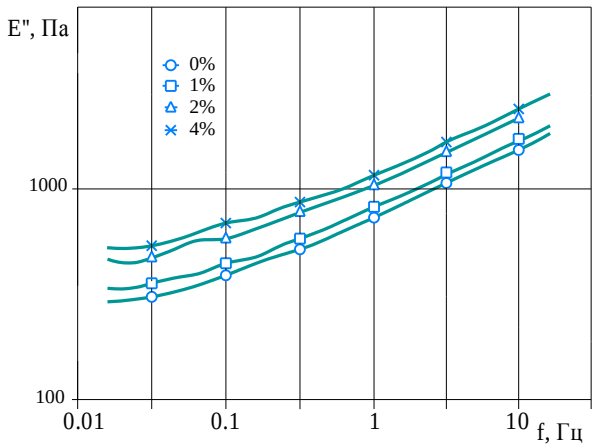


Рисунок 4. Зависимость модуля вязкости от частоты колебаний при добавлении крахмала (0–4%)

Figure 4. Dependence of the viscosity modulus on the vibration frequency with the addition of starch (0–4%)

Значение тангенса угла механических потерь ($tg\delta = E'' / E'$) меньше 1 означает преимущественно упругое поведение, а больше 1 указывает на преимущественно вязкое поведение. Значения $tg\delta$ для 4% смеси (0.25 при 1 Гц) или 2% смеси (0.26 при 1 Гц) были, по-видимому, ниже, чем для 0% смеси (0.30 при 1 Гц) (рисунок 5), означающие, что реологические свойства этих смесей были более твердыми и обладали плохой текучестью по сравнению с 0% смесью. Эти данные объясняют возникновение разрыва нити, и сложности процесса экструзии для 4% смеси.

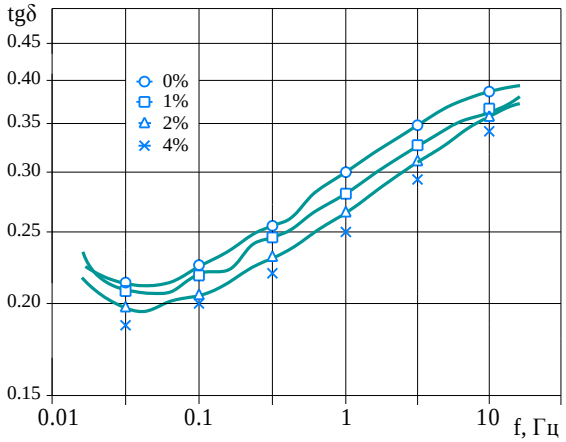


Рисунок 5. Зависимость тангенса угла механических потерь от частоты колебаний при добавлении крахмала (0–4%)

Figure 5. Dependence of the tangent of the angle of mechanical losses on the vibration frequency with the addition of starch (0–4%)

Томатное пюре. Напряжение сдвига указывает на напряжение, при котором структура вязкоупругого материала переходит из более твердого состояния в жидкое (рисунок 6).

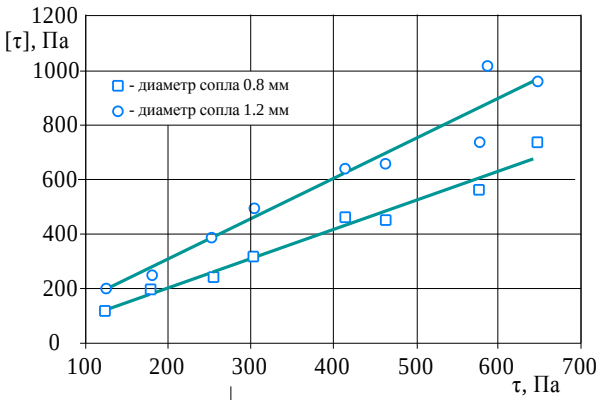


Рисунок 6. Зависимость напряжения при разрушении от напряжения сдвига

Figure 6. Dependence of stress at fracture on shear stress

Это может быть связано с критической точкой, когда материал вблизи нижней части пластины испытывает высокое напряжение и, таким образом, начинает деформироваться. Интересно, что напряжение сдвига имеет аналогичный порядок величины по сравнению с напряжением в момент разрушения. Как модули упругости, так и модули вязкости были оценены и сравнены с печатаемостью, где было обнаружено, что только модули упругости систематически изменяются со стабильностью печатной структуры (рисунок 7).

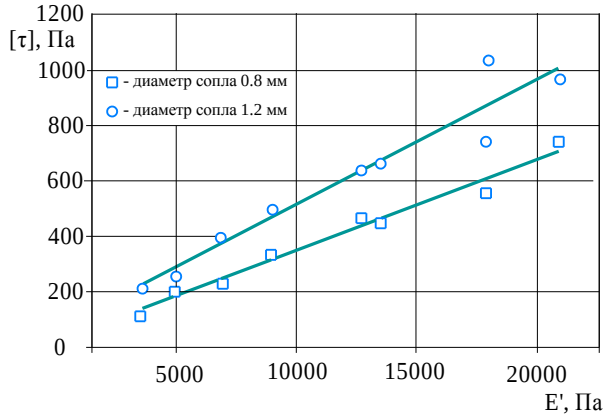


Рисунок 7. Зависимость напряжения при разрушении от модуля упругости

Figure 7. Dependence of stress at fracture on elastic modulus

Это можно объяснить тем, что модуль упругости отражает упругие свойства материала, то есть жесткость, в то время как модуль вязкости отражает вязкие свойства материала [8, 10, 18, 20].

Вязкость при нулевом сдвиге была определена во время испытаний на ползучесть, когда материал подвергается постоянному напряжению и деформация контролируется как функция времени (рисунок 8).

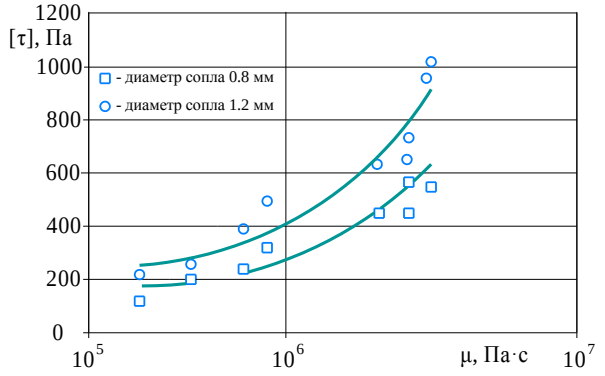


Рисунок 8. Зависимость напряжения при разрушении от вязкости при нулевом сдвиге

Figure 8. Dependence of stress at fracture on toughness at zero shear

Впоследствии модель Бюргерса используется для определения вязкости с нулевой скоростью сдвига, т. е. вязкости в состоянии покоя. Эта вязкость указывает на сопротивление деформации при длительном нагружении, и поэтому можно ожидать, что она коррелирует со стабильностью.

На рисунке 6 также видно, что соотношение между реологическими параметрами и расчетными напряжениями изменяется в зависимости от диаметра сопла, что нельзя отнести к свойствам материала. В частности, критическая высота для объектов и, следовательно, расчетное напряжение при разрушении выше для объектов, напечатанных с большим (1.2 мм) соплом. Есть несколько причин, которые могут объяснить это наблюдение. Первой причиной может быть повышенная жесткость конструкции, напечатанной с помощью сопла диаметром 1.2 мм и имеющей меньше отдельных напечатанных нитей. При меньшем количестве контактных точек можно ожидать, что структура будет более жесткой и, следовательно, устойчивой к разрушению. Вторая причина может заключаться в том, что риск засорения сопла диаметром 0.8 мм выше для сопла диаметром 1.2 мм. Небольшие неоднородности в свойствах печатной пасты могут снизить стабильность всего объекта и, таким образом, привести к уменьшению критической высоты объекта. В-третьих, увеличение сложности рисунка печати за счет большего количества нитей для сопла 0.8 мм повышает риск нестабильности колонны из-за самого процесса печати [9, 11, 20].

Влияние геометрии сопла отражается измеренными силами экструзии для двух типов сопел, то есть сила экструзии выше для меньшего диаметра сопла. Модули (E' и E'') и нулевая скорость сдвига вязкости оказались линейно не коррелированными с силой выдавливания, что можно объяснить тем, что эти параметры отражают реологические свойства недеформирующегося состояния материала в отличие от напряжений течения [8, 10].

Заключение

Согласно приведенным выше результатам, вероятно, можно определить, что весьма желательные материалы для экструзии во время 3D-печати должны не только обладать подходящими параметрами τ_0 и E' для поддержания печатной формы, но и иметь относительно низкие коэффициенты K и n для легкого выдавливания из наконечника сопла в принтере экструзионного типа. Необходимо обеспечить оптимальный баланс, чтобы смесь была как можно более прочной для поддержания печатной формы, в то же время пригодной для печати и способной прилипать к ранее нанесенным слоям.

Напряжение сдвига может быть использовано в качестве индикатора для систем пищевых паст на водной основе для оценки стабильности печати и силы экструзии. Если, например, требуется напечатать объект определенной высоты сначала нужно оценить критическое напряжение при разрушении и связать его с минимальным требуемым напряжением сдвига. Впоследствии, зная напряжение сдвига, требуемое усилие экструзии можно оценить и сравнить с максимально возможным усилием экструзии, которое может быть достигнуто 3Д-принтером.

В некоторых случаях существуют аппаратные ограничения, влияющие на печатаемость, такие как максимальная сила выдавливания. Зная это ограничение, можно оценить максимальное напряжение сдвига печатаемых рецептур, а также максимальную высоту объекта печатного образца. Такой рациональный подход мог бы помочь людям быстрее разрабатывать новые рецепты и печатные конструкции без лишних экспериментов и потери ценных материалов.

Следует отметить, что предлагаемые здесь рекомендации полезны только для печатных материалов, где не ожидается никаких изменений в материале после печати, например, гелеобразования, затвердевания или других изменений.

Литература

1 Ильин И.В. Обзор технологий трехмерной печати // Научно-практические исследования. 2018. № 1(10). С. 35–42.

2 Холодилов А.А., Яковлева А.В., Пузынина М.В. Моделирование технологии послойного деления трехмерной модели при 3D-печати изделий сложной формы // Вестник современных исследований. 2019. № 1.13(28). С. 173–176.

3 Родионова О.И., Алешков А.В., Синюков В.А. 3D-печать пищевой продукции как инновационная технология // Вестник Хабаровского государственного университета экономики и права. 2019. № 2(100). С. 119–124.

4 Семенов А.С, Максимов А.С., Бесфамильная Е.М., Талмазова Д.В. Технологии 3D-печати в пищевой промышленности // Молодой ученый. 2021. № 21(363). С. 41–43.

5 Дресвянников В.А., Страхов Е.П., Возмищева А.С. Анализ применения аддитивных технологий в пищевой промышленности // Продовольственная политика и безопасность. 2017. Т. 4. № 3. С. 133–139. doi: 10.18334/ppib.4.3.38500

6 Гришин А.С., Бредихина О.В., Помоз А.С. и др. Новые технологии в индустрии питания – 3D-печать // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2016. Т. 4. № 2. С. 36–44. doi: 10.14529/food160205

7 Толочко Н.К., Андрушевич А.А., Василевский П.Н., Чугаев П.С. Применение технологии экструзионной 3D-печати в литейном производстве // Литье и металлургия. 2018. № 4(93). С. 139–144. doi: 10.21122/1683–6065–2018–4–139–144

8 Коган В.В., Семенова Л.Э. Инженерная реология в пищевой промышленности // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. № 4. С. 147–156. doi: 10.24143/2073–5529–2019–4–147–156

9 Dankar I., Haddarah A., Omar Fawaz E.L., Sepulcre F. et al. 3D printing technology: The new era for food customization and elaboration // Trends in Food Science & Technology. 2018. V. 75. P. 231–242. doi: /10.1016/j.tifs.2018.03.018

10 Rahman J.M.H., Shiblee N.I., Ahmed K., Khosla A. et al. Rheological and mechanical properties of edible gel materials for 3D food printing technology // Heliyon. 2020. V. 6. I. 12. e05859. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e05859

11 Derossi A., Caporizzi R., Oral M.O., Severini C. Analyzing the effects of 3D printing process per se on the microstructure and mechanical properties of cereal food products // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2020. V. 66. 102531. doi: 10.1016/j.ifset.2020.102531

12 Le-Bail A., Maniglia B.C., Le-Bail P. Recent advances and future perspective in additive manufacturing of foods based on 3D printing // Current Opinion in Food Science. 2020. V. 35. P. 54–64. doi: 10.1016/j.cofs.2020.01.009

13 Wilms P., Daffner K., Kern C., Gras S.L. et al. Formulation engineering of food systems for 3D-printing applications – A review // Food Research International. 2021. V. 148. 110585. doi: 10.1016/j.foodres.2021.110585.

14 Raman Kumar P., Kumar R. 3D printing of food materials: A state of art review and future applications // Materials Today: Proceedings. 2020. V. 33. Part 3. P. 1463–1467. doi: 10.1016/j.matpr.2020.02.005

15 Masbernat L., Berland S., Leverrier C., Moulin G. et al. Structuring wheat dough using a thermomechanical process, from liquid food to 3D-printable food material // Journal of Food Engineering. 2021. V. 310. 110696. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2021.110696

16 Joyner S. (Melito) H. Explaining food texture through rheology // Current Opinion in Food Science. 2018. V. 21. P. 7–14. doi: 10.1016/j.cofs.2018.04.003

17 De Bondt Y., Hermans W., Moldenaers P., Courtin C.M. Selective modification of wheat bran affects its impact on gluten-starch dough rheology, microstructure and bread volume // Food Hydrocolloids. 2021. V. 113. 106348. doi: 10.1016/j.foodhyd.2020.106348

18 Jaensson N.O., Anderson P.D., Vermant J. Computational interfacial rheology // Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics. 2021. V. 290. 104507. doi: 10.1016/j.jnnfm.2021.104507

19 Sargent M.J., Hallmark B. Investigating the shear rheology of molten instant coffee at elevated pressures using the Cambridge multipass rheometer // Food and Bioproducts Processing. 2019. V. 115. P. 17–25. doi: 10.1016/j.fbp.2019.02.008.

20 Mishra K., Kohler L., Kummer N., Zimmermann S. et al. Rheology of cocoa butter // Journal of Food Engineering. 2021. V. 305. 110598. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2021.110598

21 Wen Y., Che Q.T., Kim H.W., Park H.J. Potato starch altered the rheological, printing, and melting properties of 3D-printable fat analogs based on inulin emulsion-filled gels // Carbohydrate Polymers. 2021. V. 269. 118285. doi: 10.1016/j.carbpol.2021.118285

References

1 Ilin I.V. Overview of 3D printing technologies. Scientific and practical research. 2018. no. 1(10). pp. 35–42 (in Russian).

2 Kholodilov A.A., Iakovleva A.V., Puzynina M.V. Modeling the technology of layer-by-layer division of a three-dimensional model in 3D-printing of complex-shaped products. Proceedings of modern research. 2019. no. 1.13(28). pp. 173–176 (in Russian).

3 Rodionova O.I., Aleshkov A.V., Siniukov V.A. 3D printing of food products as an innovative technology. Proceedings of Khabarovsk State University of Economics and Law. 2019. no. 2(100). pp. 119–124 (in Russian).

4 Semenov A.S., Maksimov A.S., Besfamilnaia E.M., Talmazova D.V. 3D printing technologies in the food industry. Young scientist. 2021. no. 21(363). pp. 41–43 (in Russian).

5 Dresviannikov V.A., Strakhov E.P., Vozmishcheva A.S. Analysis of the application of additive technologies in the food industry. Food Policy and Security. 2017. vol. 4. no. 3. pp. 133–139. doi: 10.18334/ppib.4.3.38500 (in Russian).

6 Grishin A.S., Bredikhina O.V., Pomoz A.S. et al. New technologies in the food industry – 3D printing. Proceedings of South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. 2016. vol. 4. no. 2. pp. 36–44. doi: 10.14529/food160205 (in Russian).

7 Tolochko N.K., Andrushevich A.A., Vasilevskii P.N., CHugaev P.S. Foundry applications of extrusion 3D printing technology. Casting and metallurgy. 2018. no. 4(93). pp. 139–144. doi: 10.21122/1683–6065–2018–4–139–144 (in Russian).

8 Kogan V.V., Semenova L.E. Engineering rheology in the food industry. Proceedings of Astrakhan State Technical University. Series: Fisheries. 2019. no. 4. pp. 147–156. doi: 10.24143/2073–5529–2019–4–147–156 (in Russian).

9 Dankar I., Haddarah A., Omar Fawaz E.L., Sepulcre F. et al. 3D printing technology: The new era for food customization and elaboration. Trends in Food Science & Technology. 2018. vol. 75. pp. 231–242. doi: 10.1016/j.tifs.2018.03.018

10 Rahman J.M.H., Shiblee N.I., Ahmed K., Khosla A. et al. Rheological and mechanical properties of edible gel materials for 3D food printing technology. Heliyon. 2020. vol. 6. no. 12. e05859. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e05859

11 Derossi A., Caporizzi R., Oral M.O., Severini C. Analyzing the effects of 3D printing process per se on the microstructure and mechanical properties of cereal food products. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2020. vol. 66. 102531. doi: 10.1016/j.ifset.2020.102531

12 Le-Bail A., Maniglia B.C., Le-Bail P. Recent advances and future perspective in additive manufacturing of foods based on 3D printing. Current Opinion in Food Science. 2020. vol. 35. pp. 54–64. doi: 10.1016/j.cofs.2020.01.009

13 Wilms P., Daffner K., Kern C., Gras S.L. et al. Formulation engineering of food systems for 3D-printing applications – A review. Food Research International. 2021. vol. 148. 110585. doi: 10.1016/j.foodres.2021.110585

14 Raman Kumar P., Kumar R. 3D printing of food materials: A state of art review and future applications. Materials Today: Proceedings. 2020. vol. 33. part 3. pp. 1463–1467. doi: 10.1016/j.matpr.2020.02.005

15 Masbernat L., Berland S., Leverrier C., Moulin G. et al. Structuring wheat dough using a thermomechanical process, from liquid food to 3D-printable food material. Journal of Food Engineering. 2021. vol. 310. 110696. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2021.110696

16 Joyner S. (Melito) H. Explaining food texture through rheology. Current Opinion in Food Science. 2018. vol. 21. pp. 7–14. doi: 10.1016/j.cofs.2018.04.003

17 De Bondt Y., Hermans W., Moldenaers P., Courtin C.M. Selective modification of wheat bran affects its impact on gluten-starch dough rheology, microstructure and bread volume. Food Hydrocolloids. 2021. vol. 113. 106348. doi: 10.1016/j.foodhyd.2020.106348

18 Jaensson N.O., Anderson P.D., Vermant J. Computational interfacial rheology. Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics. 2021. vol. 290. 104507. doi: 10.1016/j.jnnfm.2021.104507

19 Sargent M.J., Hallmark B. Investigating the shear rheology of molten instant coffee at elevated pressures using the Cambridge multipass rheometer. Food and Bioproducts Processing. 2019. vol. 115. pp. 17–25. doi: 10.1016/j.fbp.2019.02.008

20 Mishra K., Kohler L., Kummer N., Zimmermann S. et al. Rheology of cocoa butter. Journal of Food Engineering. 2021. vol. 305. 110598. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2021.110598

21 Wen Y., Che Q.T., Kim H.W., Park H.J. Potato starch altered the rheological, printing, and melting properties of 3D-printable fat analogs based on inulin emulsion-filled gels. Carbohydrate Polymers. 2021. vol. 269. 118285. doi: 10.1016/j.carbpol.2021.118285

Сведения об авторах

Сергей А. Бредихин д.т.н., профессор, кафедра процессов и аппаратов перерабатывающих производств, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127550, Россия, bredihin2006@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0002-6898-0389

Сергей Т. Антипов д.т.н., профессор, кафедра машины и аппараты пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ast@vsuet.ru
https://orcid.org/0000-0003-4299-1538

Владимир Н. Андреев к.т.н., доцент, кафедра процессов и аппаратов перерабатывающих производств, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127550, Россия, andr64.64@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-4890-379X

Information about authors

Sergey A. Bredihin Dr. Sci. (Engin.), professor, processes and apparatus of processing industries department, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russia, bredihin2006@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0002-6898-0389

Sergey T. Antipov Dr. Sci. (Engin.), machines and apparatus for food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, ast@vsuet.ru
https://orcid.org/0000-0003-4299-1538

Vladimir N. Andreev Cand. Sci. (Engin.), associate professor, processes and apparatus of processing industries department, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russia, andr64.64@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-4890-379X

Александр Н. Мартеха к.т.н., доцент, кафедра процессов и аппаратов перерабатывающих производств, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127550, Россия, man6630@rambler.ru
https://orcid.org/0000-0002-7380-0477

Alexander N. Martekha Cand. Sci. (Engin.), associate professor, processes and apparatus of processing industries department, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russia, man6630@rambler.ru
https://orcid.org/0000-0002-7380-0477

Вклад авторов

Сергей А. Бредихин консультация в ходе исследования
Сергей Т. Антипов консультация в ходе исследования
Владимир Н. Андреев предложил методику проведения эксперимента и организовал производственные испытания
Александр Н. Мартеха написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Contribution

Sergey A. Bredihin consultation during the study
Sergey T. Antipov consultation during the study
Vladimir N. Andreev proposed a scheme of the experiment and organized production trials
Alexander N. Martekha 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 19/04/2021	**После редакции** 05/05/2021	**Принята в печать** 24/05/2021
Received 19/04/2021	**Accepted in revised** 05/05/2021	**Accepted** 24/05/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-48-55 Выберите тип статьи.
УДК 536.2+556.13 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Исследование теплофизических и электрофизических свойств высушенного измельченного жмыха плодов облепихи

Виталий Ю. Овсянников [1] ows2003@mail.ru 0000-0001-9388-6303
Наталья Н. Лобачева [1] naloni@mail.ru 0000-0002-6561-7285
Василий В. Торопцев [1] vsworkmail@bk.ru 0000-0001-6448-5586
Сергей А. Трунов [1] truman13@yandex.ru
Мария А. Лобачева [1] lobatchyovam@mail.ru

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

Аннотация. Разработка ресурсосберегающих технологий получения чистого облепихового масла и его композиций с другими растительными маслами из высушенного измельченного жмыха плодов облепихи является актуальной задачей. Облепиховое масло и его смеси получают путем экстрагирования и одновременного теплового воздействия. При этом рассматриваются электрофизические способы интенсификации протекания процесса. В настоящее время надежные данные по теплофизическим и электрофизическим свойствам высушенного измельченного жмыха плодов облепихи при атмосферном давлении в литературе отсутствуют. Поэтому для решения задач, как теоретического, так и практического характера, большое значение приобретают экспериментальные исследования теплофизических и электрофизических свойств высушенного измельченного жмыха плодов облепихи в широком интервале изменения параметров состояния. Установлено, что характер изменения удельной теплоемкости, коэффициентов теплопроводности и температуропроводности в диапазоне температур 20–80 °С и влажности 7,0–17,5% носит линейный характер. При этом удельная теплоемкость и коэффициент теплопроводности при повышении температуры увеличиваются, а коэффициент температуропроводности снижается. Также было обнаружено, что нелинейная зависимость коэффициента диэлектрических потерь от влажности обусловлена разнообразием форм связывания влаги в частицах облепихового жмыха. Характерно, что при повышении температуры и влажности жмыха коэффициент диэлектрических потерь монотонно нелинейно повышается в пределах 0,46–9,72. По результатам исследований теплофизических и электрофизических свойств получены эмпирические уравнения, позволяющие надежно определить значение удельной массовой теплоемкости, коэффициентов теплопроводности, температуропроводности и диэлектрических потерь высушенного измельченного жмыха плодов облепихи от температуры и влажности в интервале 7,0-17% по отношению к абсолютно сухому веществу.

Ключевые слова: облепиха, жмых, теплоемкость, коэффициент теплопроводности, коэффициент температуропроводности, коэффициент диэлектрических потерь

Investigation of thermo- and electrophysical properties of dried crushed sea buckthorn cake

Vitaly Yu. Ovsyannikov [1] ows2003@mail.ru 0000-0001-9388-6303
Natalja N. Lobacheva [1] naloni@mail.ru 0000-0002-6561-7285
Vasiliy V. Toroptsev [1] vsworkmail@bk.ru 0000-0001-6448-5586
Sergei A. Trunov [1] truman13@yandex.ru
Mariia A. Lobacheva [1] lobatchyovam@mail.ru

1 Voronezh State University of Engineering Technologies,19, Revolution Av., Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The development of resource-saving technologies for obtaining pure sea buckthorn oil and its compositions with other vegetable oils from dried crushed sea buckthorn cake is an urgent task. Sea buckthorn oil and its mixtures are obtained by extraction and simultaneous heat exposure, electrophysical methods of the process intensifying being considered in this case. Currently, there are no reliable data on the thermo- and electrophysical properties of dried crushed sea buckthorn cake at atmospheric pressure in the literature. Therefore, experimental studies of the thermo- and electrophysical properties of dried crushed sea buckthorn cake in a wide range of changes in state parameters are of great importance for solving theoretical and practical problems. The nature of the change in the specific heat, thermal conductivity and thermal diffusivity in the temperature range 20 ... 80 ° C and humidity 7.0 ... 17.5% was determined to be linear. In this case, the specific heat and the coefficient of thermal conductivity increase with increasing temperature while the coefficient of thermal diffusivity decreases. The nonlinear dependence of the dielectric loss coefficient on moisture was found to be due to a variety of forms of moisture binding in the sea buckthorn cake particles. It is obvious that with an increase in the cake temperature and humidity, the dielectric loss coefficient monotonically nonlinearly increases in the range of 0.46 ... 9.72. Empirical equations that make it possible to reliably determine the value of the specific mass heat capacity, thermal conductivity coefficients, thermal diffusivity and dielectric losses of dried crushed sea buckthorn cake from temperature and humidity in the range of 7.0 ... 17% with respect to absolutely dry matter were obtained as a result of studies of thermo- and electrophysical properties..

Keywords: sea buckthorn, cake, heat capacity, thermal conductivity coefficient, thermal diffusivity, dielectric loss coefficient

Для цитирования
Овсянников В.Ю., Лобачева Н.Н., Торопцев В.В., Трунов С.А., Лобачева М.А. Исследование теплофизических и электрофизических свойств высушенного измельченного жмыха плодов облепихи // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 48–55. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-48-55

For citation
Ovsyannikov V.Yu., Lobacheva N.N., Toroptsev V.V., Trunov S.A., Lobacheva M.A. Investigation of thermo- and electrophysical properties of dried crushed sea buckthorn cake . *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 48–55. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-48-55

© 2021, Овсянников В.Ю. и др. / Ovsyannikov V.Yu. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Выбор оптимальных параметров процесса получения чистого облепихового масла и его композиций с другими маслами невозможен без знания его теплофизических свойств.

Использование в технологическом процессе энергетического потенциала электромагнитного поля сверхвысокой частоты позволяет добиться его интенсификации, но также требует знания надежных электрофизических свойств обрабатываемого сырья.

Сухой измельченный жмых плодов облепихи представляет собой сложную систему, состоящую из частиц плодовых оболочек и разрушенных семян [1, 2].

В процессе переработки высушенный и измельченный жмых подвергается температурному воздействию с характерным изменением для всех пищевых сред теплофизическими параметрами.

В литературе отсутствуют данные, описывающие теплофизические свойства высушенного измельченного жмыха, полученного из плодов облепихи. Следовательно, необходимо измерить теплофизические свойства. Кроме того, они необходимы в различных исследовательских проектах, при проектировании и разработке новых технологических процессов и устройств, при математическом моделировании и решении задач оптимизации рабочих параметров модернизируемых процессов и оборудования, а также при контроле качества продукции.

Промышленное использование высокоценных соединений облепихи требует разработки и использования экологически чистых, эффективных и устойчивых процессов извлечения масла из сырья с применением различных интенсифицирующих факторов, в том числе электромагнитного поля сверхвысокой частоты [2]. В этом случае характер поведения обрабатываемого жмыха плодов облепихи будет определятся как электрофизическими свойствами сырья, так и условиями его обработки, важнейшими из которых являются давление и температура.

Материалы и методы

Объектами исследований являлся жмых, полученный из плодов облепихи (*Hippophae rhamnoides L. Elaeagnaceae*) сорта «Воробьевская», произрастающей в Центрально-Черноземном регионе Воронежской области, собранной и заготовленной в летне-осенний период 2020 г.

Жмых из плодов облепихи получали следующим образом.

Непосредственно перед получением сырья требуемого состава проводили комплекс мероприятий, включающий инспекцию принятых плодов облепихи с целью удаления некондиционных плодов и загрязнений растительного происхождения, после чего осуществляли мойку плодов и механический отжим сока с отделением жома. Отжатый жом разрыхляли и подвергали конвективной сушке при температуре воздуха 45–50 °С до достижения требуемой влажности. Высушенный жом плодов облепихи подвергали измельчению в ножевой мельнице с ситовой поверхностью, имеющей отверстия диаметром 1×10^{-3} м.

Экспериментальное изучение теплофизических и электрофизических свойств высушенного измельченного жмыха плодов облепихи осуществляли при атмосферном давлении.

При измерении осуществляли варьирование значениями температуры жмыха и его влажности в пересчете на абсолютно сухое вещество.

Изучение теплоемкости измельченного жмыха, полученного из высушенных плодов облепихи, проводилось с помощью измерителя теплоемкости ИТ-С-400 ГОСТ 6683 (диапазон температур измерения от минус 100 до 400 °С), обеспечивающего измерение теплоемкости с погрешность не более 10%, включающий измерительную систему на основе конструкции калориметра, снабженного блоком питания и регулировкой скорости изменения температуры. В ходе экспериментов обеспечивался монотонный режим нагрева со средней скоростью 0,1 °С/мин с автоматическим регулированием температуры теплоизолированной оболочки.

Принцип измерения теплоемкости основан на использовании метода равномерного нагрева образца в условиях, максимально приближенных к отсутствию теплообмена с окружающей средой. Тепловой поток от нагревателя передавался кювете с образцом измельченного облепихового жмыха. Теплоизолированная оболочка с нагревателем исключала теплообмен и компенсировала тепловые потери измельченного образца жмыха из облепихи с окружающей средой. Пробный объем измельченного образца жмыха помещали в кювету прибора и герметично закрывали. В ходе эксперимента базовая температура образца увеличивалась по линейному закону путем регулировки электрических характеристик нагревателя устройства [3–5]. Температуру теплоизолированной оболочки и кюветы с измельченным образцом жмыха из облепихи поддерживали постоянными за счет обеспечения непрерывного контроля. Удельную теплоемкость образца определяли косвенно, исходя из задержки изменения температуры

между верхним и нижним регистраторами температуры, с учетом объема измельченного облепихового жмыха и постоянных значений прибора.

Коэффициент теплопроводности характеризует теплопроводные свойства измельченного облепихового жмыха и, в отличие от теплоемкости, не является аддитивной функцией, так как зависит не только от химического состава, но и от структуры вещества, а также от направления теплового потока. Коэффициент теплопроводности измельченного жмыха плодов облепихи характеризует его теплоинерционные свойства и его способность проводить теплоту.

Для определения коэффициента теплопроводности использовали метод стационарного теплового потока, заложенный в принцип работы измерителя теплопроводности ИТС-1 ГОСТ 7076, обеспечивающий измерение теплопроводности сыпучих сред в диапазоне 0,02–1,5 Вт/(м×К) с погрешностью 5%.

Принцип измерения теплопроводности основан на создании стационарного теплового потока, проходящего через исследуемый плоский образец. Теплопроводность образца рассчитывалась из значения теплового потока, измеренного электронным блоком, значений температуры противоположных сторон образца с учетом его толщины по специальной формуле, представленной в руководстве по эксплуатации прибора.

Значения величины температуропроводности высушенного измельченного жмыха плодов облепихи определяли расчётным путем, зная величину его плотности по отношению значения теплопроводности жмыха к произведению удельной теплоемкости и плотности, измеренных в одинаковых условиях [6].

Также исследовали зависимость коэффициента диэлектрических потерь высушенного измельченного жмыха облепихи от содержания влаги в нем и температуры. Для этого использовали сравнительный экспресс метод, позволяющий достаточно точно определить коэффициент диэлектрических потерь пищевых сред.

В основе принципа измерения заложено сравнение скорости нагрева образца и эталона одинаковой массы за тот же промежуток времени [7, 8].

Средняя удельная активная мощность за данный промежуток времени, рассеиваемая на единицу объема исследуемого материала в виде тепла в соответствии с законом Джоуля-Ленца, определяется по формуле:

$$P_{уд} = 0{,}556 \cdot 10 - {}^{10}\varepsilon'' \cdot f \cdot E^2 \qquad (1)$$

где $P_{уд}$ – удельная мощность, Вт/м^3; $_e''$ величина коэффициента диэлектрических потерь; f – частота колебаний электромагнитного поля, Гц; E – напряженность электромагнитного поля, В/м.

Кроме того, тепловая энергия, генерируемая в материале, может быть рассчитана по формуле:

$$Q = cm\Delta t, \qquad (2)$$

где Q – количество тепла, выделяемого в материале, Дж; c – удельная теплоемкость вещества пробы, Дж/(кг·К); m – масса пробы, кг; Δt – перепад температур между конечным и начальным значением пробы, °С.

Приравнивание удельной мощности к количеству тепла, выделяемого в материале из уравнений (1) и (2) и проводя сравнение скоростей нагрева испытуемого вещества и эталона позволяет определить значение коэффициента диэлектрических потерь.

Эксперимент проводился в микроволновой печи *Samsung* с частотой электромагнитного поля 2450 МГц и максимальной мощностью колебаний 850 Вт. В качестве эталонного вещества использовалась дистиллированная вода. Температуру нагрева эталона и образца контролировали универсальным двухканальным измерителем – контроллером TRM202. Датчиками измерения температуры служили хромель-копелевые термопары с диаметром спая 0,2 мм.

Измерение коэффициента диэлектрических потерь измельченного жмыха облепихи проводилось в диапазоне влажности 7–23%. Облепиховый жмых до определенной влажности сушили в лабораторной конвекционной сушилке «Муссон», осуществляя периодический отбор проб для анализа содержания влаги и определения окончания сушки. Для снятия температурных зависимостей эксперименты проводились при различных температурах в диапазоне 20–60 °С. Для этого высушенный измельченный жмых облепихи предварительно термостатировали в шкафу с автоматическим контролем температуры.

Результаты

Экспериментальные исследования по изучению теплофизических свойств высушенного измельченного жмыха облепихи проводили в трехкратной последовательности. В качестве итогового измеренного значения принимали среднее из трех опытов. Характер изменения удельной массовой теплоемкости, коэффициентов теплопроводности и температуропроводности в зависимости от влажности и температуры представлены соответственно на рисунках 1–3.

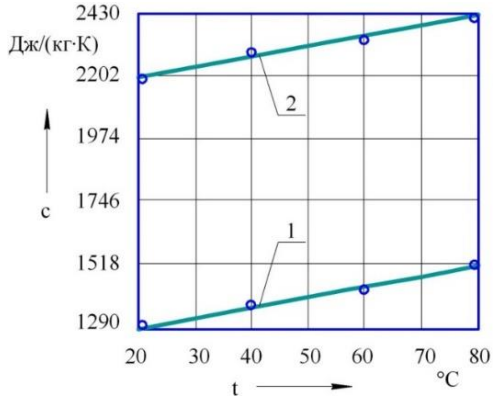


Рисунок 1. Изменение величины удельной массовой теплоемкости высушенного измельченного жмыха плодов облепихи в зависимости от температуры *t*, °С при влажности W^c, %: 1–7,0%; 2–17,5%

Figure 1. Change in the value of the specific mass heat capacity of dried crushed sea buckthorn cake depending on temperature *t*, ° C at humidity W^c, %: 1 – 7.0%; 2 – 17.5%

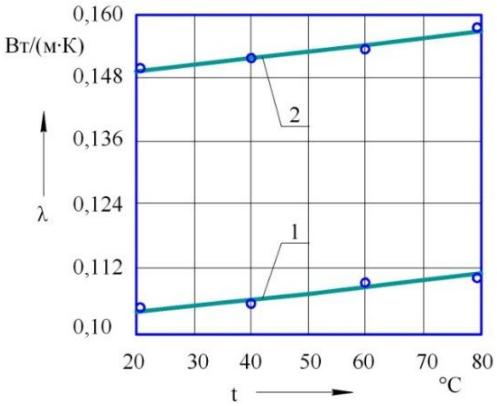


Рисунок 2. Изменение коэффициента теплопроводности высушенного измельченного жмыха плодов облепихи в зависимости от температуры *t*, °С при влажности W^c, %: 1–7,0%; 2–17,5%

Figure 2. Change in the thermal conductivity coefficient of dried crushed sea buckthorn cake depending on temperature *t*, °C at humidity W^c, %: 1 – 7.0%; 2 – 17.5%

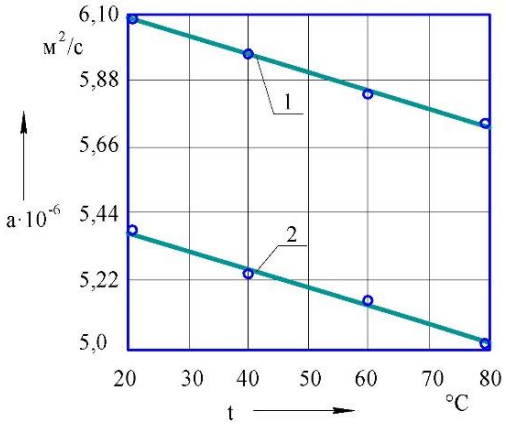


Рисунок 3. Изменение коэффициента температуропроводности высушенного измельченного жмыха плодов облепихи в зависимости от температуры *t*, °С при влажности W^c, %: 1–7,0%; 2 – 17,5%

Figure 3. Change in the coefficient of thermal diffusivity of dried crushed sea buckthorn cake depending on temperature *t*, °C at humidity W^c, %: 1 – 7.0%; 2 – 17.5%

Полученные экспериментальные данные обрабатывались на компьютере в среде Microsoft Excel, что в итоге позволило получить следующие зависимости теплофизических свойств жмыха облепихи для температурного диапазона 20–80 °С:

– для коэффициента температуропроводности, $a \times 10^{-6}$, м^2/с:

$$a = (6{,}684 – 0{,}006\ t – 0{,}068\ W^c)10^{-6}; \quad (3)$$

– для коэффициента теплопроводности, λ, Вт / (м×К):

$$\lambda = 0{,}071 + 0{,}001\ t + 0{,}004\ W^c \quad (4)$$

– для массовой удельной теплоемкости, *c*, Дж / (кг×К)

$$c = 606{,}045 + 3{,}765\ t + 87{,}136\ W^c \quad (5)$$

Таким образом, выполненные исследования теплофизических свойств высушенного измельченного жмыха плодов облепихи, представленные на рисунках 1–3 показывают, что массовая удельная теплоемкость, коэффициенты теплопроводности и температуропроводности в зависимости от температуры носят выраженный линейный характер.

Характер изменения величины коэффициента диэлектрических потерь высушенного жмыха облепихи от влажности и температуры представлены на рисунках 4 и 5.

Рисунок 4 иллюстрирует зависимость изменения коэффициента диэлектрических потерь от влажности жмыха облепихи при температуре 20 °С, 30 °С и 55 °С.

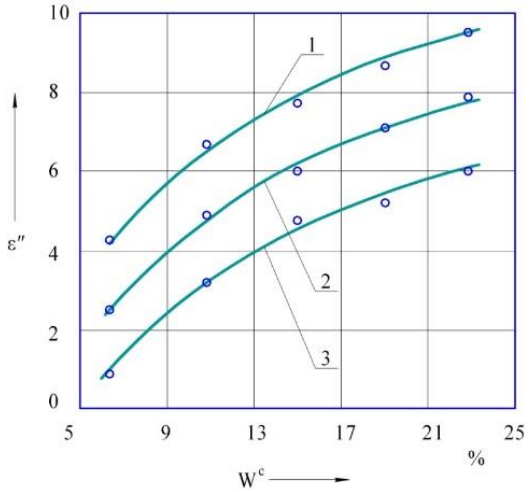


Рисунок 4. Изменение величины коэффициента диэлектрических потерь ε″ от влажности W^c, % высушенного жмыха облепихи и температуры *t*, °С в сверхвысокочастотном поле: 1 – 20 °С; 2 – 30 °С; 3 – 55 °С

Figure 4. Change in the value of the dielectric loss coefficient ε″ from the humidity W^c, % of dried sea buckthorn cake and temperature *t*, °C in a microwave field: 1 – 20 °C; 2 – 30 °C; 3 – 55 °C

На рисунке 5 представлены графики температурных зависимостей коэффициента диэлектрических потерь высушенного измельченного жмыха облепихи влажностью 7,0%, 14,0% и 23,0% в пересчете на абсолютно сухое вещество.

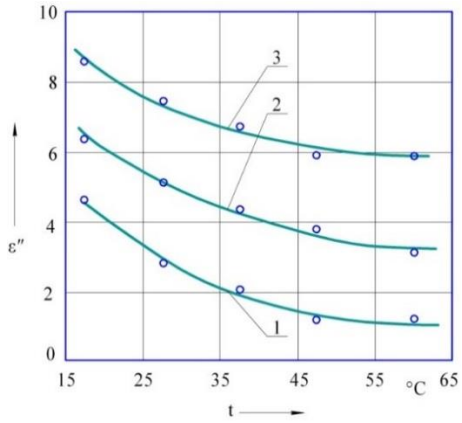


Рисунок 5. Изменение величины коэффициента диэлектрических потерь ε″ от температуры t °С в сверхвысокочастотном поле и влажности W^c, % высушенного жмыха облепихи: 1–7,0%; 2–14,0%; 3–23,0%

Figure 5. Change in the value of the dielectric loss coefficient ε″ from the temperature t °C in the microwave field and humidity W^c, % of dried sea buckthorn cake: 1 – 7.0%; 2 – 14.0%; 3 – 23.0%

В результате математической обработки экспериментальных данных на компьютере в среде Microsoft Excel было получено эмпирическое уравнение для определения коэффициента диэлектрических потерь ε"измельченного сушеного жмыха облепихи:

$$\varepsilon'' = 5{,}504194 - 0{,}314878 \cdot t + 0{,}647321 \times W^c + 0{,}02905\, t^2 - 0{,}011042\, W^{c2} \quad (6)$$

Обсуждение

Удельная массовая теплоемкость с увеличением влажности жмыха повышается, поскольку доля воды, имеющая теплоемкость гораздо большую по сравнению с сухим остатком и облепиховым маслом в жмыхе.

Коэффициент теплопроводности жмыха облепихи также повышается с увеличением влажности жмыха, вследствие снижения плотности и замещения воздуха в капиллярах сухого остатка молекулами воды.

Скорость прогревания жмыха облепихи также зависит от содержания влаги в нем. Исследования показали, что значения коэффициента температуропроводности для жмыха, имеющего меньшую влажность выше чем для более увлажненного образца.

Установлено, что для всех проведенных измерений величина удельной массовой теплоемкости, коэффициенты теплопроводности и температуропроводности в большей степени зависят от содержания влаги в жмыхе, чем от температуры.

Как видно из рисунка 4, величина коэффициента диэлектрических потерь во многом зависит от влажности, т. е. вода играет важную роль в процессе поглощения энергии при нагреве диэлектрика, а также от содержания масла в жмыхе. Нелинейная зависимость коэффициента диэлектрических потерь от влажности обусловлена разнообразием форм связывания влаги в частицах облепихового жмыха.

При увеличении влажности до 14% наблюдается резкое увеличение коэффициента диэлектрических потерь. Этот диапазон содержания влаги соответствует адсорбционно связанной влаге с высокой энергией удерживания.

В диапазоне влажности от 14 до 23% произошло небольшое увеличение коэффициента диэлектрических потерь с 4,4 до 8,2. Объясняется это тем, что с увеличением количества свободной влаги (макрокапиллярной влаги) при минимальной энергии связи относительная доля прочно связанной влаги в исследуемом материале уменьшается в общем оставшемся объеме.

Согласно данным рисунка 5 уменьшение значения коэффициента диэлектрических потерь с повышением температуры измельченного жмыха облепихи можно объяснить суммарным эффектом увеличения колебаний молекул с повышением температуры, а также активной миграции и перераспределения воды и молекул масла в капиллярах. При нагревании из жмыха удаляется некоторое количество влаги, а масло остается, но поскольку коэффициент диэлектрических потерь его меньше, чем у воды, снижение общего коэффициента диэлектрических потерь протекает не настолько интенсивно. Проводится детальный анализ полученных данных в сопоставлении с данными литературы, что служит обоснованием выводов и заключений авторов.

Заключение

В результате эксперимента было установлено, что зависимость теплофизических характеристик измельченного высушенного жмыха из облепихи в исследованном температурном диапазоне имеет линейный характер. При этом было отмечено, что на изменение исследуемых характеристик больше влияет влажность жмыха, чем температура.

Измельченные частицы облепихового жмыха представляют собой твердый диэлектрик, диэлектрические свойства которого определяются наличием влаги и радикалов жирных кислот, входящих в состав масла, содержащегося в частицах: пальмитиновой, олеиновой и линолевой.

Характер изменения коэффициента диэлектрических потерь в большей степени зависим от содержания влаги в жмыхе. При этом вид кривых позволяет качественно оценить влияние влаги с различной формой связи с материалом на изменение диэлектрических свойств [9, 10–20].

Таким образом, полученные эмпирические данные теплофизических и электрофизических свойств высушенного измельченного жмыха плодов облепихи позволит создать необходимые условия для успешного проектирования новых производственных процессов, а также разработки и внедрения инновационных образцов технологического оборудования и управления им.

Литература

1 Ivanišová E., Blašková M., Terentjeva M., Grygorieva O. et al. Biological properties of sea buckthorn (hippophae rhamnoides l.) Derived products // Acta Sci. Pol. Technol. Aliment. 2020. № 19(2). P. 195–205. doi: 10.17306/J.AFS.0809

2 Ilhan G., Gundogdu M., Karlovi´c K., Židovec V. et al. Main Agro-Morphological and Biochemical Berry Characteristics of Wild-Grown Sea Buckthorn (Hippophae rhamnoides L. ssp. caucasica Rousi) Genotypes in Turkey // Sustainability. 2021. № 13. P. 1198. doi: 10.3390/su13031198

3 Tun Aye, Baranov I.V., Krylov V.A., Tambulatova E.V. et al. Thermo-physical properties of avocado form Southeast Asia. // Вестник Международной академии холода. 2020. № 2. С. 60–64. doi:10.17586/1606–4313–2020–19–2–60–64

4 Антипов С.Т., Овсянников В.Ю., Корчинский А.А. Исследование процесса охлаждения крови крупного рогатого скота // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 1. С. 11–14. doi:10.20914/2310–1202–2017–1–11–14

5 Цыдендоржиев Б.Д., Цыдендоржиева Г.Р., Шагдыров И.Б., Лабаров Б.Д. и др. Исследование закономерностей изменения теплофизических характеристик влажного материала // Вестник ВСГУТУ. 2017. № 4(67). С. 92–96.

6 Božiková M., Híreš Ľ., Valach M., Malínek M. et al. Basic thermal parameters of selected foods and food raw materials // Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. 2017. V. 65 (42). № 2. P. 391–400. doi: 10.11118/actaun201765020391

7 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.

8 Бузунова М.Ю. Диэлектрические потери при термической обработке дисперсных сред // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2020. № 24(6). С. 1223–1231. doi: 10.21285/1814–3520–2020–6–1223–1231

9 Морозов С.М., Калинина М.Н. Электромагнитные методы определения влажности зерна // Аграрный научный журнал. 2020. № 2. С. 81–85. doi: 10.28983/asj.y2020i2pp81–85.

10 Aziz S.B., Asnawi A.S.F.M., Kadir M.F.Z., Alshehri S.M. et al. Structural, Electrical and Electrochemical Properties of Glycerolized Biopolymers Based on Chitosan (CS): Methylcellulose (MC) for Energy Storage Application // Polymers. 2021. № 13. 1183. doi: 10.3390/polym13081183

11 Zielińska A., Nowak I. Abundance of active ingredients in sea-buckthorn oil // Lipids in health and disease. 2017. V. 16. №. 1. P. 1-11. doi: 10.1186/s12944-017-0469-7

12 Tudor C., Bohn T., Iddir M., Dulf F.V. et al. Sea buckthorn oil as a valuable source of bioaccessible xanthophylls // Nutrients. 2020. V. 12. №. 1. P. 76. doi: 10.3390/nu12010076

13 Olas B. Sea buckthorn as a source of important bioactive compounds in cardiovascular diseases // Food and Chemical Toxicology. 2016. V. 97. P. 199-204. doi: 10.1016/j.fct.2016.09.008

14 Ciesarová Z., Murkovic M., Cejpek K., Kreps F. et al. Why is sea buckthorn (Hippophae rhamnoides L.) so exceptional? A review // Food Research International. 2020. V. 133. P. 109170. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109170

15 Krejcarová J. et al. Sea buckthorn (Hippophae rhamnoides L.) as a potential source of nutraceutics and its therapeutic possibilities-a review // Acta Veterinaria Brno. 2015. V. 84. №. 3. P. 257-268. doi: 10.2754/avb201584030257

16 Fatima T., Snyder C.L., Schroeder W.R., Cram D. et al. Fatty acid composition of developing sea buckthorn (Hippophae rhamnoides L.) berry and the transcriptome of the mature seed // PloS one. 2012. V. 7. №. 4. P. e34099. doi: 10.1371/journal.pone.0034099

17 Christaki E. et al. Hippophae rhamnoides L.(Sea Buckthorn): a potential source of nutraceuticals // Food Public Health. 2012. V. 2. №. 3. P. 69-72. doi: 10.5923/j.fph.20120203.02

18 Rop O., Ercişli S., Mlcek J., Jurikova T. et al. Antioxidant and radical scavenging activities in fruits of 6 sea buckthorn (Hippophae rhamnoides L.) cultivars // Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 2014. V. 38. №. 2. P. 224-232.

19 Tkacz K., Chmielewska J., Turkiewicz I.P., Nowicka P. et al. Dynamics of changes in organic acids, sugars and phenolic compounds and antioxidant activity of sea buckthorn and sea buckthorn-apple juices during malolactic fermentation // Food Chemistry. 2020. V. 332. P. 127382. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127382

20 Nilova L., Malyutenkova S. The possibility of using powdered sea-buckthorn in the development of bakery products with antioxidant properties. 2018. doi: 10.15159/ar.18.055

References

1 Ivanišová E., Blašková M., Terentjeva M., Grygorieva O. et al. Biological properties of sea buckthorn (hippophae rhamnoides l.) Derived products. Acta Sci. Pol. Technol. Aliment. 2020. no. 19(2). pp. 195–205. doi: 10.17306/J.AFS.0809

2 Ilhan G., Gundogdu M., Karlovi´c K., Židovec V. et al. Main Agro-Morphological and Biochemical Berry Characteristics of Wild-Grown Sea Buckthorn (Hippophae rhamnoides L. ssp. caucasica Rousi) Genotypes in Turkey. Sustainability. 2021. no. 13. pp. 1198. doi: 10.3390/su13031198

3 Tun Aye, Baranov I.V., Krylov V.A., Tambulatova E.V. et al. Thermo-physical properties of avocado form Southeast Asia. Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2020. no. 2. pp. 60–64. doi:10.17586/1606–4313–2020–19–2–60–64

4 Antipov S.T., Ovsyannikov V.Yu., Korchinsky A.A. Investigation of the process of cooling the blood of cattle. Proceedings of VSUET. 2017. vol. 79. no. 1. pp. 11–14. doi: 10.20914 / 2310–1202–2017–1–11–14 (in Russian).

5 Tsydendorzhiev B.D., Tsydendorzhieva G.R., Shagdyrov I.B., Labarov B.D. Research of regularities of changes in thermophysical characteristics of moist material. Vestnik VSGUTU. 2017. no. 4 (67). pp. 92–96. (in Russian).

6 Božiková M., Híreš Ľ., Valach M., Malínek M. et al. Basic thermal parameters of selected foods and food raw materials. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. 2017. vol. 65 (42). no. 2. pp. 391–400. doi: 10.11118/actaun201765020391

7 Zhdankin G.V., Novikova G.V., Mikhailova 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. 2017. no. 2 (69). pp. 61–71. (in Russian).

8 Buzunova M.Yu. Dielectric losses during heat treatment of dispersed media. Bulletin of the Irkutsk State Technical University. 2020. no. 24 (6). pp. 1223-1231. doi: 10.21285 / 1814–3520–2020–6–1223–1231 (in Russian).

9 Morozov S.M., Kalinina M.N. Electromagnetic methods for determining grain moisture. Agrarian scientific journal. 2020. no. 2. pp. 81–85. doi: 10.28983 / asj.y2020i2pp81-85 (in Russian).

10 Aziz S.B., Asnawi A.S.F.M., Kadir M.F.Z., Alshehri S.M. et al. Structural, Electrical and Electrochemical Properties of Glycerolized Biopolymers Based on Chitosan (CS): Methylcellulose (MC) for Energy Storage Application. Polymers. 2021. no. 13. 1183. doi: 10.3390/polym13081183

11 Zielińska A., Nowak I. Abundance of active ingredients in sea-buckthorn oil. Lipids in health and disease. 2017. vol. 16. no. 1. pp. 1-11. doi: 10.1186/s12944-017-0469-7

12 Tudor C., Bohn T., Iddir M., Dulf F.V. et al. Sea buckthorn oil as a valuable source of bioaccessible xanthophylls. Nutrients. 2020. vol. 12. no. 1. pp. 76. doi: 10.3390/nu12010076

13 Olas B. Sea buckthorn as a source of important bioactive compounds in cardiovascular diseases. Food and Chemical Toxicology. 2016. vol. 97. pp. 199-204. doi: 10.1016/j.fct.2016.09.008

14 Ciesarová Z., Murkovic M., Cejpek K., Kreps F. et al. Why is sea buckthorn (Hippophae rhamnoides L.) so exceptional? A review. Food Research International. 2020. vol. 133. pp. 109170. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109170

15 Krejcarová J. et al. Sea buckthorn (Hippophae rhamnoides L.) as a potential source of nutraceutics and its therapeutic possibilities-a review. Acta Veterinaria Brno. 2015. vol. 84. no. 3. pp. 257-268. doi: 10.2754/avb201584030257

16 Fatima T., Snyder C.L., Schroeder W.R., Cram D. et al. Fatty acid composition of developing sea buckthorn (Hippophae rhamnoides L.) berry and the transcriptome of the mature seed. PloS one. 2012. vol. 7. no. 4. pp. e34099. doi: 10.1371/journal.pone.0034099

17 Christaki E. et al. Hippophae rhamnoides L.(Sea Buckthorn): a potential source of nutraceuticals. Food Public Health. 2012. vol. 2. no. 3. pp. 69-72. doi: 10.5923/j.fph.20120203.02

18 Rop O., Ercişli S., Mlcek J., Jurikova T. et al. Antioxidant and radical scavenging activities in fruits of 6 sea buckthorn (Hippophae rhamnoides L.) cultivars. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 2014. vol. 38. no. 2. pp. 224-232.

19 Tkacz K., Chmielewska J., Turkiewicz I.P., Nowicka P. et al. Dynamics of changes in organic acids, sugars and phenolic compounds and antioxidant activity of sea buckthorn and sea buckthorn-apple juices during malolactic fermentation. Food Chemistry. 2020. vol. 332. pp. 127382. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127382

20 Nilova L., Malyutenkova S. The possibility of using powdered sea-buckthorn in the development of bakery products with antioxidant properties. 2018. doi: 10.15159/ar.18.055

Сведения об авторах

Виталий Ю. Овсянников д.т.н., профессор, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ows2003@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-9388-6303

Наталья Н. Лобачева к.т.н., доцент, кафедра иностранных языков, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, naloni@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-6561-7285

Василий В. Торопцев к.т.н., доцент, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, vsworkmail@bk.ru
https://orcid.org/0000-0001-6448-5586

Сергей А. Трунов аспирант, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, truman13@yandex.ru

Мария А. Лобачева студент, факультет пищевых машин и автоматов, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, lobatchyovam@mail.ru

Information about authors

Vitaly Yu. Ovsyannikov Dr. Sci. (Engin.), professor, machines and apparatus for food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ows2003@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-9388-6303

Natalja N. Lobacheva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, foreign languages department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, naloni@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-6561-7285

Vasiliy V. Toroptsev Cand. Sci. (Engin.), associate professor, machines and apparatus for food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, vsworkmail@bk.ru
https://orcid.org/0000-0001-6448-5586

Sergei A. Trunov postgraduate student, machines and apparatus for food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, truman13@yandex.ru

Mariia A. Lobacheva student, faculty of food machines and equipment, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, lobatchyovam@mail.ru

Вклад авторов

Виталий Ю. Овсянников написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат
Наталья Н. Лобачева обзор литературных источников по исследуемой проблеме
Василий В. Торопцев консультация в ходе исследования
Сергей А. Трунов обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент
Мария А. Лобачева выполнил расчёты

Contribution

Vitaly Yu. Ovsyannikov wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism
Natalja N. Lobacheva review of the literature on an investigated problem
Vasiliy V. Toroptsev consultation during the study
Sergei A. Trunov review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment
Mariia A. Lobacheva performed computations

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 11/04/2021	**После редакции** 19/05/2021	**Принята в печать** 02/06/2021

Received 11/04/2021	**Accepted in revised** 19/05/2021	**Accepted** 02/06/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-56-60 Оригинальная статья/Research article
УДК 640 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

О равновесии и устойчивости псевдоожиженного слоя, как термодинамической системы

Юлиан И. Шишацкий [1]
Сергей А. Толстов [2] serezha.tolstoff@ya.ru
Анна А. Дерканосова [1] aa-derk@ya.ru 0000-0002-9726-9262
Александр А. Рындин [3] ryndinaa@mgupp.ru 0000-0001-6861-9297

1 Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия
2 Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, ул. Старых Большевиков, 54 «А», г. Воронеж, 394064, Россия
3 Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе 11, г. Москва, 125080, Россия

Аннотация. Перевод дисперсного слоя в псевдоожиженное состояние позволяет интенсифицировать процесс сушки. Небольшой размер частиц приводит к увеличению поверхности их контакта с теплоносителем при сравнительно невысоком гидродинамическом сопротивлении. Перечислены другие положительные качества псевдоожижения, что весьма существенно при проведении экзотермических процессов. Поведение псевдоожиженного слоя изучалось нами в процессе сушки. Приведена кривая псевдоожижения свекловичной стружки. Взвешенное состояние материала наступало при равенстве сил гидродинамического слоя весу всех его частиц, приходящихся на единицу площади поперечного сечения рабочей камеры. Отмечена область существования псевдоожиженного слоя. В этой области движение потока было относительно равновесным (псевдоожиженным). На поверхности слоя отмечались небольшие волны с различной частотой и амплитудой колебаний, а также со спонтанными флуктуациями. Такой режим работы достигался в результате исследования конструкций опорно – газораспределительной решетки и сушильной камеры. Исследован профиль скоростей потока в рабочей камере. Установлено эффективное выравнивание скоростей с помощью плоских штампованных решеток. Результаты подтвердились спектрами потока в рабочей камере сушки. Рассмотрены колебания на свободной поверхности псевдоожиженного слоя. Записано уравнение Эйлера, которое дало возможность в результате различных преобразований получить формулу для расчета частоты колебаний псевдоожиженного слоя. Проведенные исследования позволили установить режимыпсевдоожиженния, в определенной степени минимизирующие неоднородность слоя, что имеет существенное практическое значение. Однако режимные параметры требуется корректировать в зависимости от вида высушиваемого материала и других показателей. Результаты исследования не затушевывают общие положения неравновесной термодинамики. Псевдоожиженный слой не может находиться в равновесном состоянии, поскольку очевиден перенос субстанций: энергии, массы и импульса. Корректно рассматривать псевдоожиженный слой как неустойчивый. В слое всегда существуют малые и спонтанные флуктуации. Отсутствие условий их затухания становятся условием неустойчивости процесса.

Ключевые слова: псевдоожиженный слой, исследования, результаты, равновесие, устойчивость

On the equilibrium and stability of a fluidized bed as a thermodynamic system

Yulian I. Shishatskii [1] Место для ввода текста.
Sergey A. Tolstov [2] serezha.tolstoff@ya.ru ??
Anna A. Derkanosova [1] aa-derk@ya.ru 0000-0002-9726-9262
Aleksandr A. Ryndin [3] ryndinaa@mgupp.ru 0000-0001-6861-9297

1 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia
2 Air Force Academy named after Professor N.Ye. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin, st. Old Bolsheviks, 54 "A", Voronezh, 394064, Russia
3 Moscow State University of Food Production, Volokolamskoe Highway 11, Moscow, 125080, Russia

Abstract. The transfer of the dispersed layer into a fluidized state makes it possible to intensify the drying process. The small size of the particles leads to an increase in the surface of their contact with the coolant at a relatively low hydrodynamic resistance. Other positive qualities of fluidization are listed, which is very important when carrying out exothermic processes. We studied the behavior of the fluidized bed during the drying process. The curve of fluidization of beet chips is shown. The suspended state of the material began when the forces of the hydrodynamic layer were equal to the weight of all its particles per unit area of the cross-section of the working chamber. The region of existence of the fluidized bed is marked. In this area, the flow was relatively equilibrium (fluidized). On the surface of the layer, small waves were observed with different frequencies and amplitudes of oscillations, as well as with spontaneous fluctuations. This mode of operation was achieved as a result of the study of the structures of the support - gas distribution grid and the drying chamber. The flow velocity profile in the working chamber is investigated. An efficient equalization of velocities with the help of flat stamped grids has been established. The results were confirmed by the spectra of the flow in the drying chamber. Oscillations on the free surface of a fluidized bed are considered. The Euler equation was written, which made it possible, as a result of various transformations, to obtain a formula for calculating the oscillation frequency of the fluidized bed. The studies carried out made it possible to establish the regimes of pseudo-fluidization, to a certain extent minimizing the heterogeneity of the layer, which is of significant practical importance. However, the operating parameters need to be adjusted depending on the type of material to be dried and other indicators. The research results do not obscure the general provisions of nonequilibrium thermodynamics. The fluidized bed cannot be in an equilibrium state, since the transfer of substances is obvious: energy, mass and momentum. It is correct to regard the fluidized bed as unstable. Small and spontaneous fluctuations always exist in the layer. The absence of conditions for their decay becomes a condition for the instability of the process.

Keywords: fluidized bed, research, results, equilibrium, stability

Для цитирования
Шишацкий Ю.И., Толстов С.А., Дерканосова А.А., Рындин А.А. О равновесии и устойчивости псевдоожиженного слоя, как термодинамической системы // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 56–60. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-56-60

For citation
Shishatskii Yu.I., Tolstov S.A., Derkanosova A.A., Ryndin A.A. On the equilibrium and stability of a fluidized bed as a thermodynamic system. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 56–60. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-56-60

© 2021, Шишацкий Ю.И. и др. / Shishatskii Yu.I. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Установлено, что перевод дисперсного слоя в псевдоожиженное состояние позволяет интенсифицировать процесс сушки [2, 3]. Небольшой размер частиц приводит к увеличению поверхности их контакта с теплоносителем при сравнительно невысоком гидродинамическом сопротивлении. При этом практически вся поверхность всех частиц омывается потоком, что в совокупности с равномерным рвспределением температуры в объеме пседоожиженного слоя весьма существенно при проведении экзотермических процессов.

Поведение пседоожиженного слоя нами изучалось в условиях сушки различных материалов.

Кривая псевдоожижения свекловичной стружки показана на рисунке 1 [4].

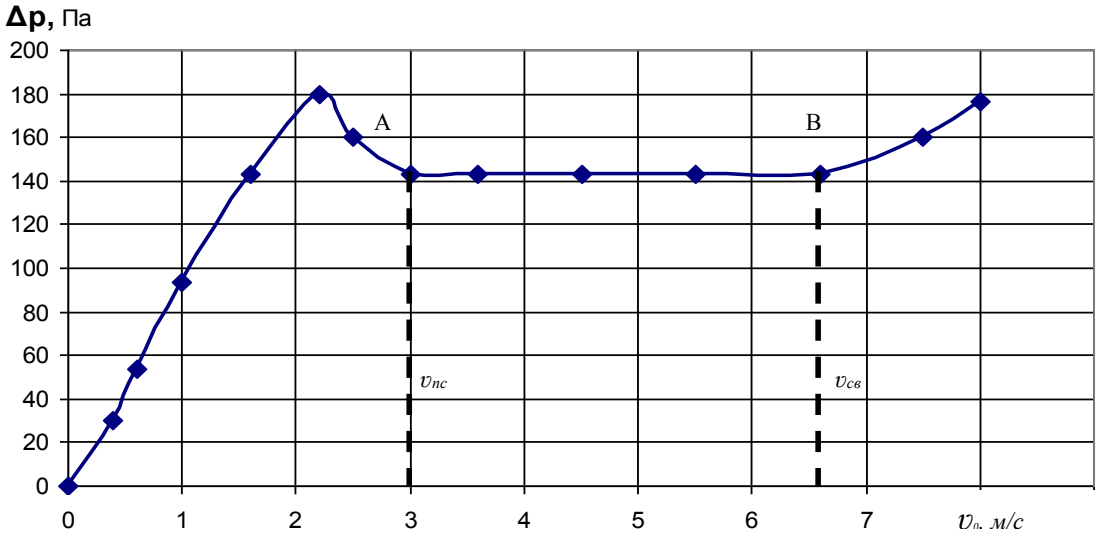


Рисунок 1. Зависимость гидродинамического сопротивления слоя свекловичной стружки Δ*p* от рабочей скорости потока υ_0 : удельная нагрузка на опорно – газораспределительную решетку q=21,5 кг/м^2, $\upsilon_{пс}$ – скорость начала псевдоожижения, $\upsilon_{св}$ – скорость свободного витания (скорость уноса частиц)

Figure 1. The dependence of the hydrodynamic resistance of the beet chip layer Δp on the working flow velocity υ_0: the specific load on the gas distribution grid q=21.5 kg/m2, υ_{sf} – the fluidization start rate, υ_{ff} -the free-floating rate (particle entrainment rate)

Взвешанное состояние материала наступало при равенстве сил гидродинамического сопротивления слоя весу его частиц, приходящемуся на единицу площади поперечного сечения рабочей камеры. Горизонтальный участок АВ кривой псевдоожижения характеризует область существования пседоожиженного слоя.

Малейшее превышение рабочей скорости υ_0 над величиной $\upsilon_{св}$ =6,5 м/с (рисунок 1) приводило к уносу частиц. Очевидно, что υ_0 должна находиться в пределах

$$\upsilon_{пс}<\upsilon_р<\upsilon_{св}.$$

На практике унос применялся нами для выгрузки готового материала из рабочей камеры сушилки.

Визуальные наблюдения показали, что в области существования псевдоожиженного слоя движения потока было относительно равновестным (псевдооднородным) по всей высоте слоя, а на его свободной поверхности (около положения равновесия) отмечались небольшие волны с различной частотой и амплитудой колебаний, а также со спонтанными флуктуациями. Такой режим работы достигался в результате совокупного экспериментального исследования конструкций опорно – газораспределительной решетки и сушильной камеры.

Обсуждение

При исследовании профиля скоростей потока в рабочей камере использовалась формула для расчета коэффициента выравнивания потока *K*, которая при коэффициенте преломления $B\approx1-\alpha$ имеет вид:

$$K=(1+\alpha-\alpha\,\xi_р)\,/\,(1+\alpha+\xi_р). \qquad (1)$$

где α – коэффициент преломлений линий по Тейлору и Битчелору [9] при прохождении через решетку; ξ – коэффициент сопротивления решетки.

При α=0, получим

$$K=\Delta\omega_2/\Delta\omega_0=(1+\xi_р)^{-1}, \qquad (2)$$

где ω_0, ω_1-средняя скорость по сечению рабочей камеры до и после решетки.

Получено хорошее согласие зависимости (2) экспериментальным данным, для чего использовались различные конструкции плоских опорно-газораспределительных решеток.

В результате установлено, что толстостенные решетки обеспечивают практически одинаковую степень выравнивания скоростей, как по их фронту, так и по сечениям на конечном расстоянии за ними. Установлено эффективное выравнивание скоростей с помощью плоских решеток, у которых глубина отверстий больше одного-двух диаметров d, то есть $l_{отв}/d_{отв} \geq 1–2$.

Получена зависимость коэффициента выравнивания потока K от коэффициента сопротивления решетки ξ в цилиндрической камере для толстостенных решеток с живым сечением от 17 до 58%. Данные апрксимируются линейной зависимостью:

$$K=-0{,}54\ \xi_р +0{,}92 \qquad (3)$$

Результаты подтвердились спектрами потока в рабочей камере сушилки при ξ =0,8 (рисунок 2)

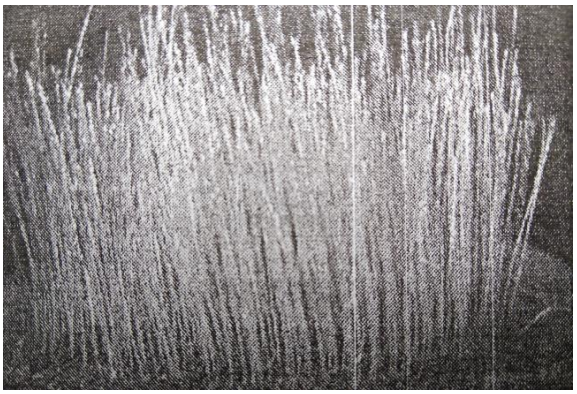


Рисунок 2. Спектры потока (по шелковинкам) в рабочей камере сушилки

Figure 2. Flow spectra (by silkworms) in the working chamber of the dryer

Изучение влияния конструкции сушильной камеры на структуру псевдоожиженного слоя позволило установить, что камера с углом в вершине конуса 200 обеспечивала лучшее качество псевдоожижения. Практически полностью исключались застойные зоны.

Рассмотрим колебания на свободной поверхности псевдоожиженного слоя. В данном случае движение твердой фазы можно описать уравнением Эйлера:

$$\rho_т (1 – \varepsilon) (d/ dt +\upsilon_т \Delta) \upsilon_т= – \Delta p+ \mu\ r\ h\ \upsilon_г, \quad (4)$$

где $\rho_т$ – плотность частиц твердой фазы, $\upsilon_т$ – порозность слоя, $\upsilon_т$ – скорость частиц, p – давление в слое, μ – коэффициент динамической вязкости ожиженного агента, r – удельное сопротивление, h – высота слоя, $\upsilon_г$ – скорость ожиженного агента.

Заданные допущения: псевдоожиженный слой является стационарным и равномерным, рассматривается только одномерная задача, где ось z – вертикаль.

В результате ряда преобразований уравнение Эйлера записывается в «приращениях», что в дальнейшем позволяет получить уравнение колебательного закона:

$$\frac{d^2}{\tau d^2}(\delta Z) = F\left(g - \frac{\mu F \vec{\vartheta_0}}{\alpha}\right)\frac{\partial e}{\partial Z}\partial Z \qquad (5)$$

где F - площадь поперечного сечения рабочей камеры, e – плотность энергии элементарного объема псевдоожиженного слоя, τ – время.

Решением этого уравнения является гармоническая функция

$$dZ = h_0 + h\ sin\vartheta\ \tau \qquad (6)$$

где ϑ – частота колебаний псевдоожиженного слоя.

Тогда частота колебаний псевдоожиженного слоя расчитывается по формуле

$$\vartheta = \sqrt{F\left(g - \frac{\mu F v_r}{S}\right)\frac{de}{dZ}} \qquad (7)$$

при условии, что

$$q>\mu F\upsilon_г/s, \qquad (8)$$

где s-энтропия.

Если условие (8) не выполняется, то в реальном процессе возможен унос частиц.

Проведенные исследования позволили установить режимы псевдоожижения в определенной степени минимизирующие неоднородность слоя, что имеет существенное практическое значение. Однако режимные параметры всякий раз требуется корректировать в зависимости от вида высушиваемого материала, его начального и текущего влагосодержаний, геометрической формы (пластины, цилиндра, шара) и др.

Результаты исследования не затушевывают общие положения неравновесной термодинамики. Псевдоожиженный слой априори не может находиться в равновесном состоянии, поскольку очевиден непрерывный перенос субстанций: энергии, массы и импульса, то есть $T\neq 0$, $grad\mu\neq 0$.

Равновесные структуры могут образоваться и поддерживаться в ходе обратимых превращений, протекающих при незначительном отклонении от равновесия [1], что не обеспечивается при псевдоожижении.

Необходимо отметить, что основой неравновесной термодинамики является уравнение баланса энтропии:

$$ds=d_e s +d_i s, \qquad (9)$$

$$\text{где } d_i s\geq 0. \qquad (10)$$

Здесь d_eS означает вклад окружающей среды (поток энергии) и d_iS – производство энтропии, вызванное неравновесными процессами внутри системы, член d_iS можно выразить через скорости необратимых процессов и соответствующие силы.

Отметим также, что энтропия всей неравновесной системы аддитивно складывается из энтропий ее отдельных частей:

$$S=\int \rho s dV , \qquad (11)$$

где ρs– единица объема локальной энтропии.

Корректно рассматривать псевдоожиженный слой как неустойчивый. В слое всегда существуют малые и спонтанные флуктуации. Отсутствие условий их затухания становятся условием неустойчивости процесса.

Заключение

Совокупное экспериментальное исследование опорно – газораспределительной решетки и сушильной камеры позволили уменьшить негативное влияние неоднородности псевдоожиженного слоя и рекомендовать использовать результаты исследования в промышленности. Однако, вследствие невозможности устранения малых и спонтанных флуктуаций псевдоожиженный слой является неравновесным и неустойчивым.

Литература

1 Базаров И.П. Термодинамика. СПб.: «Лань», 2010. 384 с.

2 Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи). Химиздат, 2017. 544 с.

3 Иванчина Э.Д., Белинская Н.С., Ивашкина Е.Н., Чернякова Е.С. Системный анализ процессов и аппаратов химической технологии. 2019.

4 Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М. Массообменные процессы химической технологии. 2017.

5 Шишацкий Ю.И., Никель С.А. Научное обеспечение процессов сушки и набухания осветленного свекловичного жома в технологии пектина и пищевых волокон. Воронеж, 2015. 175 с.

6 Hyeon C., Hwang W. Physical insight into the thermodynamic uncertainty relation using Brownian motion in tilted periodic potentials // Physical Review E. 2017. V. 96. № 1. P. 012156. doi: 10.1103/PhysRevE.96.012156

7 Solon A.P., Stenhammar J., Cates M.E., Kafri Y. et al. Generalized thermodynamics of motility-induced phase separation: phase equilibria, Laplace pressure, and change of ensembles // New Journal of Physics. 2018. V. 20. № 7. P. 075001.

8 Hansen F.A., Pedersen-Bjergaard S. Emerging extraction strategies in analytical chemistry // Analytical chemistry. 2019. V. 92. № 1. P. 2-15. doi: 10.1021/acs.analchem.9b04677

9 Zhang Q.W., Lin L.G., Ye W.C. Techniques for extraction and isolation of natural products: A comprehensive review // Chinese medicine. 2018. V. 13. № 1. P. 1-26. doi: 10.1186/s13020-018-0177-x

10 Saini R.K., Keum Y.S. Carotenoid extraction methods: A review of recent developments // Food chemistry. 2018. V. 240. P. 90-103. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.07.099

11 Armenta S. et al. Green extraction techniques in green analytical chemistry // TrAC Trends in Analytical Chemistry. 2019. V. 116. P. 248-253. doi: 10.1016/j.trac.2019.03.016

12 Bleakley S., Hayes M. Algal proteins: extraction, application, and challenges concerning production // Foods. 2017. V. 6. № 5. P. 33. doi: 10.3390/foods6050033

13 Anjomshoae S.T., Rahim M.S.B.M. Feature extraction of overlapping hevea leaves: A comparative study // Information processing in agriculture. 2018. V. 5. № 2. P. 234-245. doi: 10.1016/j.inpa.2018.02.001

14 Veneziani G. et al. Extra-virgin olive oil extracted using pulsed electric field technology: Cultivar impact on oil yield and quality // Frontiers in nutrition. 2019. V. 6. P. 134. doi: 10.3389/fnut.2019.00134

15 Deflaoui L., Setyaningsih W., Palma M., Mekhoukhe A. et al. Phenolic compounds in olive oil by solid phase extraction–Ultra performance liquid chromatography–Photodiode array detection for varietal characterization // Arabian Journal of Chemistry. 2021. V. 14. № 4. P. 103102. doi: 10.1016/j.arabjc.2021.103102

16 Hewavitharana G.G. Perera D.N., Navaratne S.B., Wickramasinghe I. Extraction methods of fat from food samples and preparation of fatty acid methyl esters for gas chromatography: A review // Arabian J. Chem. 2020. V. 13. № 8. P. 6865-6875. doi: 10.1016/j.arabjc.2020.06.039

17 Чащин В.П., Гудков А.Б., Попова О.Н., Одланд Ю.О. и др. Характеристика основных факторов риска нарушений здоровья населения, проживающего на территориях активного природопользования в Арктике // Экология человека. 2014. №. 1. С. 3–12.

18 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

19 Кондратьев В. Глобальная фармацевтическая промышленность. URL: http://perspektivy.info/rus/ekob/globalnaja_farmacevticheskaja_promyshlennost_2011-07-18.html

20 ГОСТ 8.586.5–2005. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Методика выполнения измерений. М.: Стандартинформ, 2007.

References

1 Bazarov I.P. Thermodynamics. SPb, "Lan", 2010. 384 p. (in Russian).

2 Romankov P.G., Frolov V.F., Flisyuk O.M. Methods for calculating processes and devices of chemical technology (examples and tasks). Khimizdat, 2017. 544 p. (in Russian).

3 Ivanchina E.D., Belinskaya N.S., Ivashkina E.N., Chernyakova E.S. System analysis of processes and devices of chemical technology. 2019. (in Russian).

4 Romankov P.G., Frolov V.F., Flisyuk O.M. Mass transfer processes of chemical technology. 2017. (in Russian).

5 Shishatsky Yu.I., Nickel S.A. Scientific support of the processes of drying and swelling of clarified beet pulp in the technology of pectin and dietary fiber. Voronezh, 2015. 175 p. (in Russian).

6 Hyeon C., Hwang W. Physical insight into the thermodynamic uncertainty relation using Brownian motion in tilted periodic potentials. Physical Review E. 2017. vol. 96. no. 1. pp. 012156. doi: 10.1103/PhysRevE.96.012156

7 Solon A.P., Stenhammar J., Cates M.E., Kafri Y. et al. Generalized thermodynamics of motility-induced phase separation: phase equilibria, Laplace pressure, and change of ensembles. New Journal of Physics. 2018. vol. 20. no. 7. pp. 075001.

8 Hansen F.A., Pedersen-Bjergaard S. Emerging extraction strategies in analytical chemistry. Analytical chemistry. 2019. vol. 92. no. 1. pp. 2-15. doi: 10.1021/acs.analchem.9b04677

9 Zhang Q.W., Lin L.G., Ye W.C. Techniques for extraction and isolation of natural products: A comprehensive review. Chinese medicine. 2018. vol. 13. no. 1. pp. 1-26. doi: 10.1186/s13020-018-0177-x

10 Saini R.K., Keum Y.S. Carotenoid extraction methods: A review of recent developments. Food chemistry. 2018. vol. 240. pp. 90-103. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.07.099

11 Armenta S. et al. Green extraction techniques in green analytical chemistry. TrAC Trends in Analytical Chemistry. 2019. vol. 116. pp. 248-253. doi: 10.1016/j.trac.2019.03.016

12 Bleakley S., Hayes M. Algal proteins: extraction, application, and challenges concerning production. Foods. 2017. vol. 6. no. 5. pp. 33. doi: 10.3390/foods6050033

13 Anjomshoae S.T., Rahim M.S.B.M. Feature extraction of overlapping hevea leaves: A comparative study. Information processing in agriculture. 2018. vol. 5. no. 2. pp. 234-245. doi: 10.1016/j.inpa.2018.02.001

14 Veneziani G. et al. Extra-virgin olive oil extracted using pulsed electric field technology: Cultivar impact on oil yield and quality. Frontiers in nutrition. 2019. vol. 6. pp. 134. doi: 10.3389/fnut.2019.00134

15 Deflaoui L., Setyaningsih W., Palma M., Mekhoukhe A. et al. Phenolic compounds in olive oil by solid phase extraction–Ultra performance liquid chromatography–Photodiode array detection for varietal characterization. Arabian Journal of Chemistry. 2021. vol. 14. no. 4. pp. 103102. doi: 10.1016/j.arabjc.2021.103102

16 Hewavitharana G.G. Perera D.N., Navaratne S.B., Wickramasinghe I. Extraction methods of fat from food samples and preparation of fatty acid methyl esters for gas chromatography: A review. Arabian J. Chem. 2020. vol. 13. no. 8. pp. 6865-6875. doi: 10.1016/j.arabjc.2020.06.039

17 Chashchin V.P., Gudkov A.B., Popova O.N., Odland Yu.O. et al. Characteristics of the main risk factors for health disorders of the population living in the territories of active nature management in the Arctic. Human Ecology. 2014. no. 1. pp. 3–12. (in Russian).

18 Raskina T.A., Pirogova O.A., Zobnina O.V., Pintova G.A. Indicators of the osteoclastogenesis system in men with various clinical variants of ankylosing spondylitis. Modern rheumatology. 2015. vol. 9. no. 2. pp. 23–27. doi: 10.14412/1996-7012-2015-2-23-27 (in Russian).

19 Kondratyev V. Global pharmaceutical industry. Available at: http://perspektivy.info/rus/ekob/globalnaja_farmacevticheskaja_promyshlennost_2011-07-18.html (in Russian).

20 GOST 8.586.5-2005. Measurement of flow and quantity of liquids and gases using standard orifice devices. Measurement technique. Moscow, Standartinform, 2007. (in Russian).

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

Сергей А. Толстов к.т.н., доцент, кафедра авиационных двигателей, Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, ул. Старых Большевиков, 54 «А», г. Воронеж, 394064, Россия, serezha.tolstoff@ya.ru

Анна А. Дерканосова к.т.н., доцент, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, aa-derk@ya.ru

https://orcid.org/0000-0002-9726-9262

Александр А. Рындин к.т.н., доцент, кафедра технологии бродильных производств и виноделия, Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе 11, г. Москва, 125080, Россия, ryndinaa@mgupp.ru

https://orcid.org/0000-0001-6861-9297

Information about authors

Yulian I. Shishatskii Dr. Sci. (Engin.), professor, physics, heatengineering and heat power engineering department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Sergey A. Tolstov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, aircraft engines department, Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin, 54 "A" Starykh Bolshevikov str., Voronezh, 394064, Russia, serezha.tolstoff@ya.ru

Anna A. Derkanosova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, aa-derk@ya.ru

https://orcid.org/0000-0002-9726-9262

Aleksandr A. Ryndin Cand. Sci. (Engin.), associate professor, fermentation and winemaking technology department, Moscow State University of Food Production, Volokolamskoe Highway 11, Moscow, 125080, Russia, ryndinaa@mgupp.ru

https://orcid.org/0000-0001-6861-9297

Вклад авторов

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

Contribution

All authors are equally involved 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 21/04/2021	**После редакции** 12/05/2021	**Принята в печать** 03/06/2021
Received 21/04/2021	**Accepted in revised** 12/05/2021	**Accepted** 03/06/2021

Пищевая биотехнология

Food biotechnology

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-61-66 Оригинальная статья/Research article

УДК 663.885 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Исследование влияния дозы внесения ферментных препаратов на выход полифенольных веществ и антоцианов в плодово-ягодных и овощных соках

Артур Р. Хасанов [1] kingartur-12@mail.ru 0000-0001-6187-1035

Надежда В. Баракова [1] n.barakova@mail.ru 0000-0001-7296-8609

1 Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (Университет ИТМО), ул. Ломоносова, 9, Санкт-Петербург, 197101, Россия

Аннотация. Увеличение выхода сока и биологически активных компонентов из растительного сырья является актуальной задачей в производстве функциональных напитков. Для этого плодово-ягодную и овощную мезгу обрабатывали ферментными препаратами пектолитического действия и определяли выход сока. Образцы мезги каждого сырья обрабатывались ферментными препаратами: Фруктоцим П6-Л, Фруктоцим П, Фруктоцим МА, в количестве 0,03% от массы мезги. Ферментативный гидролиз проводили при 50 °С, в течение двух часов, после чего сравнивали количество полученного сока с контрольным образцом. В результате при внесении в мезгу яблок и моркови Фруктоцима МА увеличивается выход сока на 8 и 17% соответственно. При внесении Фруктоцим П6-Л в мезгу киви, черники, винограда увеличивает выход сока на 6%, 12 и на 10% соответственно. Для определения влияния ферментных препаратов на выход биологически активных компонентов во все образцы вносили выбранные ранее ферментные препараты в количестве 0,01; 0,03; 0,05; 0,07% от массы мезги и методом колориметрии определяли суммарное содержание полифенолов и антоцианов. В результате эксперимента установлено, что по показателю количества полифенольных веществ, извлеченных из мезги плодово-ягодное сырье можно разделить на три группы: сырье с рыхлой мякотью, с мякотью средней плотности и сырье с плотной мякотью. В результате для каждого вида сырья подобраны индивидуальные ферментные препараты, и оптимальные режимы внесения. Установлена зависимость содержания полифенольных соединений от дозировки внесения ферментных препаратов.

Ключевые слова: плодово-ягодные соки, овощные соки, ферментные препараты, пектин, выход сока, полифенольные соединения, антоцианы

Study of the effect of the dose of enzyme preparations on the yield of polyphenolic substances and anthocyanins in fruit, berry and vegetable juices

Arthur R. Khasanov [1] kingartur-12@mail.ru 0000-0001-6187-1035

Nadezhda V. Barakova [1] n.barakova@mail.ru 0000-0001-7296-8609

1 Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics 197101, Russia, St. Petersburg, Lomonosova ave. 9

Abstract. Increasing the yield of juice and biologically active components from plant raw materials is an urgent task in the production of functional beverages. For this, fruit, berry and vegetable pulp was treated with enzymatic preparations of pectolytic action and the yield of juice was determined. Samples of pulp of each raw material were treated with enzyme preparations: Fructocyme P6-L, Fructocyme P, Fructocyme MA, in an amount of 0.03% of the pulp mass. Enzymatic hydrolysis was carried out at 50 °C for two hours, after which the amount of obtained juice was compared with the control sample. As a result, when adding Fructocyme MA to the pulp of apples and carrots, the juice yield increases by 8% and 17%, respectively. When Fructocyme P6-L is added to the pulp of kiwi, blueberries, grapes, the juice yield increases by 6%, 12 and 10%, respectively. To determine the effect of enzyme preparations on the yield of biologically active components, the previously selected enzyme preparations were added to all samples in an amount of 0.01; 0.03; 0.05; 0.07% of the pulp mass, and the total content of polyphenols was determined by colorimetry and anthocyanins. As a result of the experiment, it was found that in terms of the amount of polyphenolic substances extracted from the pulp, fruit and berry raw materials can be divided into three groups: raw materials with loose pulp, with pulp of medium density and raw materials with dense pulp. As a result, individual enzyme preparations and optimal modes of application were selected for each type of raw material. The dependence of the content of polyphenolic compounds on the dosage of the addition of enzyme preparations has been established.

Keywords: fruit and berry juices, vegetable juices, enzyme preparations, pectin, juice yield, polyphenolic compounds, anthocyanins

Введение

В технологии производства безалкогольных функциональных напитков на основе растительно сырья, а именно плодово-ягодных и овощных соков, важным является показатель выход сока и функциональных компонентов. Эти показатели определяют коммерческую привлекательность готового продукта. Для повышения выхода сока и концентрации функциональных компонентов используют ферментные препараты для обработки растительной мезги, благодаря способности расщеплять межклеточные структуры сырья, состоящие из некрахмалистых полисахаридов и белков [1–3, 5].

Для исследования влияния ферментных препаратов на выход сока и активных компонентов использовали растительно сырьё, которое входит в рецептуру ранее разработанного

Для цитирования

Хасанов А.Р., Баракова Н.В. Исследование влияния дозы внесения ферментных препаратов на выход полифенольных веществ и антоцианов в плодово-ягодных и овощных соках // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 61–66. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-61-66

For citation

Khasanov A.R., Barakova N.V. Study of the effect of the dose of enzyme preparations on the yield of polyphenolic substances and anthocyanins in fruit, berry and vegetable juices. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 61–66. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-61-66

© 2021, Хасанов А.Р. и др. / Khasanov A.R. et al.

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

функционального напитка адаптогенного действия: красный виноград, морковь, яблоки, киви, черника [4, 6, 7].

Пектин формирует основную долю клеточной стенки растительных тканей и препятствует соединению мелких частиц мякоти в более крупные агрегаты, сравнительно легко оседающие, что препятствует осветлению соков.

Для высвобождения сока и активных компонентов, которые важны для функционльного напитка адаптогенного действия, важным является расщепление пектиновых веществ клеточных стенок. Именно ферментные препараты пектолитического действия обладают этой способностью [8, 9–12]. Они содержат пектинэстеразы, полигалактуроназы, протопектиназы и трансэлиминазы, которые расщепляют растворимый пектин и его предшественник нерастворимый протопектин.

Материалы и методы

В эксперименте использовали следующее плодово-ягодное и овощное сырье: красный виноград, морковь, яблоки, киви, черника. Характеристики представлены в таблице 1.

На основании литературных данных и химическом составе исследуемого сырья [6, 7], а также ферментов, которые входят в состав ферментных препаратов, для ферментативной обработки мезги выбраны ферментные препараты комплексного действия с преобладающей пектиназной активностью, производимые фирмой «ERBSLÖH» (Германия). Характеристики ферментных препаратов приведены в таблице 2 [5, 14, 15].

Таблица 1.

Характеристика растительного сырья

Table 1.

Characteristics of plant raw materials

Сырьё Raw materials	Сорт /страна происхождения Variety / country of origin
Красный виноград Red grapes	Саперави/ Россия Saperavi / Russia
Морковь Carrot	Нантская/ Россия Nantes / Russia
Киви Kiwi	Хейворд/ Италия Hayward / Italy
Черника Blueberry	Садовая/ Россия, Северо-западный регион | Sadovaya / Russia, North-West region
Яблоки Apples	Антоновка/ Россия, Северо-западный регион | Antonovka / Russia, Northwest Region

Таблица 2.

Характеристика ферментных препаратов

Table 2.

Characterization of enzyme preparations

Препарат enzyme preparation	Основной фермент Main enzyme	Действие Action	Диапазон температур, °С Temperature range, °С	Оптимальная температура, °С Optimum temperature, °С	Продуцент Producer
Фруктоцим П6-Л Fructocyme P6 L	пектиназа (пектинэстераза, пектинлиаза, эндо-полигалактуроназа, экзо-b-глюконаза) pectinase (pectinesterase, pectin lyase, endo-polygalacturonase, exo-b gluconase)	гидролиз пектиновых веществ, деградация растворённого арабана hydrolysis of pectin substances, degradation of dissolved araban	20–55	45–55	Aspergillus niger
Фруктоцим П Fructocyme P			20–55	45–55	
Фруктоцим МА Fructocyme MA			40–50	40–50	

Для определения суммарных полифенольных соединений в соках использовали метод Фолина-Чокальтеу в соответствии с нормативным документом Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище. Р 4.1.1672–03 (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 30.06.2003) [16, 17-19].

Для определения антоцианов в соках использовали метод фотоэлектроколориметрии, который заключается в стабилизации антоцианов соков подкисленным до pH 1–2 этиловым спиртом, после чего определяют оптическую плотность. Значение умножают на коэффициент перевода на мальвидин (К=1056,7)

Результаты и обсуждение

Во все образцы мезги, за исключением контрольных, вносились ферментные препараты Фруктоцим П6-Л, Фруктоцим П, Фруктоцим МА, в количестве 0,03% от массы мезги. Температурный режим – 50°с, время 2 часа. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Влияние ферментных препаратов на выход соков

Table 3.

The effect of enzyme preparations on the yield of juices

Ферментный препарат Enzyme preparation	Выход сока, % | Juice yield, %	Содержание сухих веществ в соке, % | Brix, %
Сок из яблок | Apple juice		
Фруктоцим П6-Л | Fructocyme P6 L	79	11,3
Фруктоцим П | Fructocyme P	82	11,0
Фруктоцим МА | Fructocyme MA	84	10,6
Контроль | Control sample	76	13,3
Сок из киви | Kiwi juice		
Фруктоцим П6-Л | Fructocyme P6 L	73	13,3
Фруктоцим П | Fructocyme P	68	13,7
Фруктоцим МА| Fructocyme MA	55	14,2
Контроль | Control sample	67	15,6
Сок из черники | Blueberry juice		
Фруктоцим П6-Л | Fructocyme P6 L	87	8,2
Фруктоцим П | Fructocyme P	82	8,8
Фруктоцим МА | Fructocyme MA	80	8,9
Контроль | Control sample	75	9,6
Сок из моркови | Carrot juice		
Фруктоцим П6-Л | Fructocyme P6 L	76	10,4
Фруктоцим П | Fructocyme P	78	10,0
Фруктоцим МА | Fructocyme MA	84	9,6
Контроль | Control sample	67	11,7
Сок из красного винограда | Red grape juice		
Фруктоцим П6-Л | Fructocyme P6 L	92	13,1
Фруктоцим П | Fructocyme P	87	13,6
Фруктоцим МА | Fructocyme MA	88	13,9
Контроль | Control sample	82	14,3

В результате установлено, что ферментный препарат Фруктоцим МА является оптимальным для увеличения выхода сока из яблок и моркови, а Фруктоцим п6-л для киви, черники и винограда. При внесении в мезгу яблок и моркови Фруктоцима МА увеличивается выход сока на 8% и 17% соответственно. При внесении Фруктоцим П6-Л в мезгу киви, черники, винограда увеличивает выход сока на 6%, 12 и на 10% соответственно.

Для определения влияния ферментных препаратов на выход биологически активных компонентов, таких как антоцианы и полифенольные соединения во все образцы, за исключением контрольных, вносили выбранные ранее ферментные препараты в количестве 0,01; 0,03; 0,05 и 0,07% от массы мезги. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4.

Влияние ферментных препаратов на выход биологически активных компонентов

Table 4.

The effect of enzyme preparations on the yield of biologically active components

Количество вносимого ферментного препарата, % The amount of the applied enzyme preparation, %	Выход сока, % Juice yield, %	Массовая концентрация экстракта в соке, % Mass concentration of extract in juice, %	Массовая концентрация полифенольных веществ, мг/дм ^{3} Mass concentration of polyphenolic substances, mg / l	Массовая концентрация антоцианов, мг/дм ^{3} Mass concentration of anthocyanins, mg / l
1	2	3	4	5
Сок из яблок, Фруктоцим МА | Apple juice, Fructocyme MA				
0,01	75	11,9	9,98/0,0735	0
0,03	84	11,4	7,14/0,599	0
0,05	88	11,0	8,06/0,709	0
0,07	87,5	11,2	10,86/0,950	0
Контроль | Control sample	76	13,0	10,82/0,822	0

Продолжение таблицы 4 | Continuation of table 4

1	2	3	4	5
Сок из киви, Фруктоцим П6-Л | Kiwi juice, Fructotsim P6 L				
0,01	70,5	14,3	19,32/1,362	0
0,03	73,1	14,1	20,64/1,508	0
0,05	77	14,0	22,67/1,745	0
0,07	78,1	14,3	20,28/1,583	0
Контроль | Control sample	67	14,8	18,99/1,27	0
Сок из черники, Фруктоцим П6-Л | Blueberry juice, Fructotsim P6 L				
0,01	83	8,8	52,21/4,33	265,54/22,04
0,03	87	8,7	43,62/3,79	272,63/23,72
0,05	96	8,5	43,25/4,15	305,39/29,32
0,07	96	8,5	32,41/3,11	286,37/27,49
Контроль | Control sample	82	9,6	55,39/4,54	265,23/2,74
Сок из моркови, Фруктоцим МА | Carrot juice, Fructocyme MA				
0,01	78	10,6	7,17/0,559	0
0,03	84	10,4	8,47/0,711	0
0,05	88	10,7	8,28/0,728	0
0,07	89	10,7	4,42/0,393	0
Контроль | Control sample	67	11,7	6,67/0,446	0
Сок из красного винограда, Фруктоцим П6-Л | Red grape juice, Fructotsim P6 L				
0,01	81	12,8	22,78/1,845	169,95/13,76
0,03	92	12,2	23,21/2,135	168,02/15,456
0,05	96	12,0	23,65/2,27	163,79/15,72
0,07	97	12,1	26,30/2,55	165,90/16,09
Контроль | Control sample	82	13,3	22,03/1,8	170,13/13,9

В результате эксперимента установлено, что по показателю количества полифенольных веществ, извлеченных из мезги плодово-ягодное сырье можно разделить [18,20]:

– Сырье с рыхлой мякотью, которое выделяет большое количество сока и, соответственно, полифенольных веществ (черника). Мезга черники легко поддается действию Фруктоцима п6-л, высвобождая клеточную жидкость, но увеличение дозы ферментного препарата гидролизует пектиновые вещества, и в результате объем сока и количество полифенолов уменьшаются. Рациональная дозировка Фруктоцима п6-л для черники – 0,01%.

– Сырье с мякотью средней плотности, которое выделяет много сока, но сравнительно меньшее количество полифенольных веществ (виноград) [21]. Увеличение дозы Фруктоцима П6-Л для винограда приводит к росту объема выделенного сока и количества полифенольных соединений. Рекомендованная для извлечения сока и биологически активных веществ из красного винограда – 0,07%.

– Сырье с плотной мякотью, содержащей достаточное количество сока, однако бедного полифенольными веществами (киви, морковь, яблоко). Для моркови и яблока, сокоотделение которых больше стимулируется действием Фруктоцима МА, рекомендованная дозировка 0,03% массы мезги. Сок яблок, а также киви, лучше всего извлекается из мезги, обработанной ферментным препаратом в количестве 0,07% ее массы.

Заключение

Установлено, что количество экстрагируемых биологически активных веществ – полифенольных соединений и антоцианов – зачастую не прямо пропорционально дозировке ферментного препарата.

Литература

1 Vitolo M. Enzymes in the production of juices and beverages // World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. 2020. V. 9. P. 504–517. doi: 10.20959/wjpps20203-15735

2 Guasch-Ferré M., Hu F. B. Are fruit juices just as unhealthy as sugar-sweetened beverages? // JAMA network open. 2019. V. 2. №. 5. P. e193109-e193109. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2019.3109

3 Yip C.S.C., Chan W., Fielding R. The associations of fruit and vegetable intakes with burden of diseases: a systematic review of meta-analyses // Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics. 2019. V. 119. №. 3. P. 464-481. doi: 10.1016/j.jand.2018.11.007

4 Gomes A. et al. Berry-enriched diet in salt-sensitive hypertensive rats: metabolic fate of (poly) phenols and the role of gut microbiota // Nutrients. 2019. V. 11. №. 11. P. 2634. doi: 10.3390/nu11112634

5 Patidar M.K. et al. Pectinolytic enzymes-solid state fermentation, assay methods and applications in fruit juice industries: a review // 3 Biotech. 2018. V. 8. №. 4. P. 1-24. doi: 10.1007/s13205-018-1220-4

6 García C.Á. Application of enzymes for fruit juice processing // Fruit Juices. Academic Press, 2018. P. 201-216. doi: 10.1016/B978-0-12-802230-6.00011-4

7 Luzón-Quintana L.M., Castro R., Durán-Guerrero E. Biotechnological Processes in Fruit Vinegar Production // Foods. 2021. V. 10. №. 5. P. 945. doi: 10.3390/foods10050945

8 Mieszczakowska-Frąc M., Celejewska K., Płocharski W. Impact of Innovative Technologies on the Content of Vitamin C and Its Bioavailability from Processed Fruit and Vegetable Products // Antioxidants. 2021. V. 10. №. 1. P. 54. doi: 10.3390/antiox10010054

9 Lafarga T. et al. Effect of steaming and sous vide processing on the total phenolic content, vitamin C and antioxidant potential of the genus Brassica // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2018. V. 47. P. 412-420. doi: 10.1016/j.ifset.2018.04.008

10 Nemzer B. et al. Phytochemical and physical properties of blueberries, tart cherries, strawberries, and cranberries as affected by different drying methods // Food Chemistry. 2018. V. 262. P. 242-250. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.04.047

11 Sakooei-Vayghan R. et al. Effects of osmotic dehydration (with and without sonication) and pectin-based coating pretreatments on functional properties and color of hot-air dried apricot cubes // Food chemistry. 2020. V. 311. P. 125978. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125978

12 Mesa J. et al. High Homogenization Pressures to Improve Food Quality, Functionality and Sustainability // Molecules. 2020. V. 25. №. 14. P. 3305. doi: 10.3390/molecules25143305

13 Benjamin O., Gamrasni D. Microbial, nutritional, and organoleptic quality of pomegranate juice following high-pressure homogenization and low- temperature pasteurization // Journal of food science. 2020. V. 85. №. 3. P. 592-599. doi: 10.1111/1750-3841.15032

14 Perreault V. et al. Effect of Pectinolytic Enzyme Pretreatment on the Clarification of Cranberry Juice by Ultrafiltration // Membranes. 2021. V. 11. №. 1. P. 55. doi: 10.3390/membranes11010055

15 Качурина И.И., Лакисова Т.Ю., Матвеева Н.А. Концентрирование соков вымораживанием. Влияние ферментных препаратов на температуру замерзания соков. 2013 // Отраслевой научно-практический журнал Индустрия Напитков. № 5(94). С. 14–20.

16 Матвеева Н.А., Хасанов А.Р., Торопова А.В., Божко К.А. и др. Разработка рецептуры функционального напитка с использованием растительного экстракта Hoodia gordonii // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2019. № 1(39). С. 37–46.

17 Крикунова Л.Н., Дубинина Е.В. Способы снижения содержания метанола в дистиллятах из растительного сырья // Ползуновский Вестник. 2018. № 3. С. 19–24.

18 Матвеева Н.А., Лакисова Т.Ю. Концентрирование сливового сока методом вымораживания // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 2(20). С. 123–134.

19 Овчаренко А.С., Расулова Е.А., Иванова О.В., Величко Н.А. Купажированные плодоовощные соки на основе мелкоплодных яблок, тыквы, рябины и меда // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 111–115. doi: 10.20914/2310-1202-2018-3-111-115

20 Кислухина О.В. Ферменты в производстве пищи и кормов. Москва: ДеЛи принт, 2002. 336 с.

21 Антипова Л.В., Сторублевцев С.А., Гетманова А.А. Коллагенсодержащие напитки для функционального питания // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 97–103. doi: 10.20914/2310-1202-2018-3-97-103

22 Boddula R. et al. Self-standing Substrates: Materials and Applications. Springer Nature, 2019.

References

1 Vitolo M. Enzymes in the production of juices and beverages. World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. 2020. vol. 9. pp. 504–517. doi: 10.20959/wjpps20203-15735

2 Guasch-Ferré M., Hu F. B. Are fruit juices just as unhealthy as sugar-sweetened beverages? JAMA network open. 2019. vol. 2. no. 5. pp. e193109-e193109. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2019.3109

3 Yip C.S.C., Chan W., Fielding R. The associations of fruit and vegetable intakes with burden of diseases: a systematic review of meta-analyses. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics. 2019. vol. 119. no. 3. pp. 464-481. doi: 10.1016/j.jand.2018.11.007

4 Gomes A. et al. Berry-enriched diet in salt-sensitive hypertensive rats: metabolic fate of (poly) phenols and the role of gut microbiota. Nutrients. 2019. vol. 11. no. 11. pp. 2634. doi: 10.3390/nu11112634

5 Patidar M.K. et al. Pectinolytic enzymes-solid state fermentation, assay methods and applications in fruit juice industries: a review. 3 Biotech. 2018. vol. 8. no. 4. pp. 1-24. doi: 10.1007/s13205-018-1220-4

6 García C.Á. Application of enzymes for fruit juice processing. Fruit Juices. Academic Press, 2018. pp. 201-216. doi: 10.1016/B978-0-12-802230-6.00011-4

7 Luzón-Quintana L.M., Castro R., Durán-Guerrero E. Biotechnological Processes in Fruit Vinegar Production. Foods. 2021. vol. 10. no. 5. pp. 945. doi: 10.3390/foods10050945

8 Mieszczakowska-Frąc M., Celejewska K., Płocharski W. Impact of Innovative Technologies on the Content of Vitamin C and Its Bioavailability from Processed Fruit and Vegetable Products. Antioxidants. 2021. vol. 10. no. 1. pp. 54. doi: 10.3390/antiox10010054

9 Lafarga T. et al. Effect of steaming and sous vide processing on the total phenolic content, vitamin C and antioxidant potential of the genus Brassica. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2018. vol. 47. pp. 412-420. doi: 10.1016/j.ifset.2018.04.008

10 Nemzer B. et al. Phytochemical and physical properties of blueberries, tart cherries, strawberries, and cranberries as affected by different drying methods. Food Chemistry. 2018. vol. 262. pp. 242-250. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.04.047

11 Sakooei-Vayghan R. et al. Effects of osmotic dehydration (with and without sonication) and pectin-based coating pretreatments on functional properties and color of hot-air dried apricot cubes. Food chemistry. 2020. vol. 311. pp. 125978. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125978

12 Mesa J. et al. High Homogenization Pressures to Improve Food Quality, Functionality and Sustainability. Molecules. 2020. vol. 25. no. 14. pp. 3305. doi: 10.3390/molecules25143305

13 Benjamin O., Gamrasni D. Microbial, nutritional, and organoleptic quality of pomegranate juice following high-pressure homogenization and low- temperature pasteurization. Journal of food science. 2020. vol. 85. no. 3. pp. 592-599. doi: 10.1111/1750-3841.15032

14 Perreault V. et al. Effect of Pectinolytic Enzyme Pretreatment on the Clarification of Cranberry Juice by Ultrafiltration. Membranes. 2021. vol. 11. no. 1. pp. 55. doi: 10.3390/membranes11010055

15 Kachurina I.I., Lakisova T.Yu., Matveeva N.A. Concentration of juices by freezing. The influence of enzyme preparations on the freezing point of juices. 2013. Sectoral scientific and practical journal Industry of Drinks. no. 5 (94). pp. 14–20. (in Russian).

16 Matveeva N.A., Khasanov A.R., Toropova A.V., Bozhko K.A. et al. Development of a functional drink formulation using a plant extract of Hoodia gordonii. Scientific journal of NRU ITMO. Series: Processes and apparatus for food production. 2019. no. 1 (39). pp. 37–46. (in Russian).

17 Krikunova L.N., Dubinina E.V. Methods for reducing the content of methanol in distillates from vegetable raw materials. Polzunovskiy Vestnik. 2018. no. 3. pp. 19–24. (in Russian).

18 Matveeva N.A., Lakisova T.Yu. Concentration of plum juice by freezing method. Scientific journal NRU ITMO. Series: Processes and apparatus for food production. 2014. no. 2 (20). pp. 123-134. (in Russian).

19 Ovcharenko A.S., Rasulova E.A., Ivanova O.V., Velichko N.A. Blended fruit and vegetable juices based on small-fruited apples, pumpkin, mountain ash and honey. Proceedings of VSUET. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 111–115. doi: 10.20914/2310-1202-2018-3-111-115 (in Russian).

20 Kislukhina O.V. Enzymes in food and feed production. Moscow, DeLi print, 2002. 336 p. (in Russian).

21 Antipova L.V., Storblevtsev S.A., Getmanova A.A. Collagen-containing drinks for functional nutrition. Proceedings of VSUET. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 97–103. doi: 10.20914/2310-1202-2018-3-97-103 (in Russian).

22 Boddula R. et al. Self-standing Substrates: Materials and Applications. Springer Nature, 2019.

Сведения об авторах

Артур Р. Хасанов аспирант, факультета биотехнологий, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, Санкт-Петербург, 197101, Россия, kingartur-12@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-6187-1035

Надежда В. Баракова к.т.н., доцент, факультета биотехнологий, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, Санкт-Петербург, 197101, Россия, n.barakova@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-7296-8609

Information about authors

Arthur R. Khasanov graduate student, biotechnology faculty, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 197101, Russia, St. Petersburg, Lomonosova ave. 9, kingartur-12@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-6187-1035

Nadezhda V. Barakova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, biotechnology faculty, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 197101, Russia, St. Petersburg, Lomonosova ave. 9, n.barakova@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-7296-8609

Вклад авторов

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

Contribution

All authors are equally involved 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 20/04/2021 **После редакции** 21/05/2021 **Принята в печать** 02/06/2021

Received 20/04/2021 **Accepted in revised** 21/05/2021 **Accepted** 02/06/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-67-71 Краткое сообщение/Short message
УДК 613.2.03 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Питание студентов в режиме рабочего дня

Виктор А. Питкин [1] irvik25@mail.ru 0000-0001-6356-6501
Лариса А. Холодная [2] xolodnaya70@bk.ru

1 Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, город Краснодар. 350072, Россия
2 Кубанский институт социоэкономики и права, Академии труда и социальных отношений, ул. Атарбекова, 42, Краснодар. 350062, Россия

Аннотация. Одной из главных составляющих здорового образа жизни является правильное питание. Большая часть населения с пренебрежением относится к своему здоровью. Недостаток времени, некомпетентность в вопросах культуры питания, ритм сегодняшней жизни – все это привело к неразборчивости в выборе продуктов. У студентов наблюдается рост в употреблении продуктов питания быстрого приготовления, содержащих в значительном количестве различные модифицированные компоненты, поэтому неправильное питание становится одной из главных причин появления многих болезней. Предотвратить заболевания можно, если вести здоровый образ жизни и, в первую очередь, организовать правильное питание. Студент должен быть здоровым, физически сильным, всесторонне развитым и выносливым. Из всех факторов окружающей среды, влияющих на его физическое и нервно-психическое развитие, питание занимает важное место. В статье проведен анализ питания студентов в режиме рабочего дня, обучающихся в вузах города Краснодара. В процессе исследования проведено анонимное анкетирование на базе 3 курса специальности Экономическая безопасность, в которой было 84 студента в возрасте 19-20 лет. Все студенты обучаются на очном отделении. По данным проведенного исследования было установлено, что студенты не соблюдают режим питания, а также у них выявлено преобладание употребления углеводно-жировой пищи.

Ключевые слова: правильное питание, режим питания, здоровый образ жизни, студенты

Student's meals during the working day

Victor A. Pitkin [1] irvik25@mail.ru 0000-0001-6356-6501
Larisa A. Holodnaya [2] xolodnaya70@bk.ru

1 Kuban State Technological University, Moskovskaya str., 2. Krasnodar. 350072, Russia
2 Kuban Institute of Socio-Economics and Law, Academy of Labor and Social Relations, Atarbekova Str.,42. Krasnodar. 350062, Russia

Abstract. One of the main components of a healthy lifestyle is proper nutrition. Most of the population has a disregard for their health. Lack of time, incompetence in matters of food culture, the rhythm of today's life-all this has led to promiscuity in the choice of products. Students are experiencing an increase in the use of fast food products containing a significant amount of various modified components, so poor nutrition is becoming one of the main causes of many diseases. You can prevent diseases if you lead a healthy lifestyle and, first of all, organize proper nutrition. You can prevent diseases if you lead a healthy lifestyle and, first of all, organize proper nutrition. The student must be healthy, physically strong, well-rounded and hardy. Of all the environmental factors that affect its physical and neuropsychiatric development, nutrition occupies an important place. The article analyzes the nutrition of students in the working day mode, studying at universities in the city of Krasnodar. In the course of the study, an anonymous survey was conducted on the basis of the 3rd year of the specialty Economic Security, in which there were 84 students aged 19-20 years. . All students study full-time. According to the study, it was found that students do not follow the diet, and they also revealed a predominance of carbohydrate-fat food consumption.

Keywords: proper nutrition, diet, healthy lifestyle, students

Введение

Среди важных составляющих здорового образа жизни одной из главных является правильное питание, поскольку оно обеспечивает хорошую работоспособность, нормальное развитие и стойкость к воздействию неблагоприятных факторов. Анализ особенностей рациона питания студентов позволяет обосновать необходимые и профилактические мероприятия, что повышает роль исследования в мониторинге здоровья студентов.

Цель работы – изучение питания студентов в режиме рабочего дня на основании анкетирования и установление его взаимосвязей с основными составляющими образа жизни.

Для цитирования
Питкин В.А., Холодная Л.А. Питание студентов в режиме рабочего дня // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 67–71. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-67-73

For citation
Pitkin V.A., Holodnaya L.A. Student's meals during the working day. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 67–71. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-67-71

© 2021, Питкин В.А. и др. / Pitkin V.A.et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Методы

Одним из важнейших факторов, которые определяют здоровье населения, является питание. Правильное питание влияет на нормальный рост и развитие студентов, способствует продлению жизни, уменьшению заболеваний, повышению работоспособности и создает благоприятные условия для адаптации к окружающей среде. Главной задачей государства и общества является сохранение и укрепление здоровья молодого поколения. Согласно анкетированию, больше половины опрошенных пренебрегают регулярностью завтрака, в том числе 26% прошедших анкетирование завтракают не всегда, 10% – редко завтракают и 17% – не завтракают совсем.

Таблица 1.

Показатели анкетирования

Table 1.

Survey indicators

Прием завтрака Breakfast reception	Процент опрошенных Percentage of respondents
Пренебрегают регулярностью завтрака Neglect the regularity of breakfast	Более 50% More than 50%
Завтракают не всегда Breakfast is not always served	26%
Редко завтракают Rarely eat breakfast	10%
Не завтракают совсем They don't eat breakfast at all	17%

По данным Всемирной организации здравоохранения, состояние здоровья человека на 70% определяется образом жизни и питанием, и лишь на 15% зависит от организации медицинской службы.

Многие студенты известны своими нездоровыми привычками в питании. В данный момент питание студентов во многих случаях нельзя считать удовлетворительным: имеются значительные отклонения от физиологических норм по калорийности и содержанию основных пищевых веществ. У большинства студентов отмечается рост в употреблении продуктов питания быстрого приготовления, в которых в большом количестве содержаться различные модифицированные компоненты.

Найденные и проанализированные нами данные, позволяют выявить следующую закономерность: у основной массы студентов выявлено нарушение в режиме питания, многие студенты не завтракают из-за отсутствия времени и промежутки между приемом пищи в учебное время сильно отличается, а также большинство студентов в силу различных обстоятельств не обедают, а удаляют голод быстрыми углеводами, например, сладкой булочкой, фруктами, чипсами, либо вообще не питаются [1].

Негативное влияние на организм оказывает избыточное или недостаточное питание. При избыточном питании в большой мере увеличивается масса тела, что приводит к ожирению, а в конечном итоге, к большинству распространённым заболеваниям, к которым можно отнести болезни сердечно-сосудистой системы, диабету и нарушениям обмена веществ. А при недостаточном питании у человека наблюдается резкое снижение веса, ухудшение его самочувствия, уменьшение его работоспособности и снижение иммунитета. Таким образом, для недопущения вышеперечисленных заболеваний, необходимо соблюдать правила рационального, сбалансированного и полноценного питания [2].

Результаты и обсуждение

Сдача экзаменов – дело серьезное и весьма непростое. В эту пору вдвойне важно придерживаться здорового рациона, ведь организм испытывает большой стресс и нуждается в приеме различных витаминов. В период сессии нагрузка увеличивается вплоть до 14 часов в сутки. Хроническое недосыпание, нарушение режима дня и отдыха, характера питания и интенсивная информационная нагрузка могут привести к нервно-психологическому срыву.

К серьезным проблемам со здоровьем, которые могут проявиться если не в настоящее время, то в ближайшем будущем, приводит несбалансированный рацион, к оправданиям которого можно отнести нехватку денег, нервное перенапряжение, дефицит свободного времени и расстройство сна, но решающим негативным фактором являются привычки самого студента.

Рациональное питание студентов предусматривает соблюдение нескольких главных правил:

1. Пить обычную чистую воду, чтобы предотвратить обезвоживание, которое негативно сказывается на обменных процессах и состоянии всех органов. Идеальным количеством воды на каждый килограмм человека считается 40 мл воды в сутки. Во время приема пищи пить не рекомендуется, лучше за полчаса до и спустя час после нее, а для того, чтобы запустить процесс пищеварения рекомендуется пить перед приемом пищи.

2. Питаться дробно-несколько раз в день (приблизительно пять) небольшими порциями. Это необходимо для того, чтобы не чувствовать голода и иметь быстрый метаболизм. Желательно искоренить привычку пропускать завтраки и есть много вечером.

3. Каждый прием пищи должен состоять из белков, полезных жиров, углеводов и продуктов, богатых клетчаткой. Тогда организм будет получать все необходимые для поддержания активного образа жизни.

4. Желательно употреблять минимально быстрые углеводы, но если очень хочется мучные и кондитерские изделия, их лучше съесть в первой половине дня.

5. Ужинать лучше за 3 часа до сна. Наиболее подходящий для этого приема пищи набор продуктов является белковые продукты и овощи.

6. В рационе должны быть продукты, активизирующие работу мозга, поскольку питание и умственная работоспособность студентов тесно связаны. К таким продуктам относятся авокадо, сухофрукты, орехи, фрукты, жирная морская рыба и рыбий жир.

7. Стоит обратить особое внимание на чернику, поскольку она богата антиоксидантами и другими полезными веществами. Развитию и поддержанию памяти помогают такие продукты как ананас и авокадо. Первый необходим, для удержания в памяти большой объём информации. Второе служит источником клетчатки и растительных веществ.

8. Для улучшения познавательной функции мозга рекомендуются к употреблению брокколи, яблоки, груши и виноград, которые содержат бор.

9. Также полезным дополнением к питанию студента может быть апельсин, ведь он включает в себя клетчатку, минералы, бета-каротин, различные полезные вещества, кальций и витамин С, который также содержится в черной смородине.

Правильное питание – это путь к здоровью и красивой фигуре и с точки зрения общего оздоровления и в разрезе похудения, и с точки зрения приобретения рельефной мускулатуры. Рацион – важный пункт в программе здорового образа жизни вне зависимости от цели. Еда – это 70% в достижении видимого результата.

Если необходимо поддерживать тело в тонусе, выглядеть здоровым, но нет времени на физические нагрузки, нужно выполнять правила:

- Употреблять продукты питания, дающие необходимую энергию.
- Завтрак должен быть всегда [3]!

Эти правила полезного меню студента необходимо дополнять и совершенствовать под каждого человека индивидуально: набор, поддержание или снижение веса:

- 25% завтрак, который должен быть настолько сытным, чтобы не проголодаться в течение 3–4 часов.
- 35% обед, так это основной прием пищи в течение дня
- 15% ужин, который должен состоять из продуктов, которые легко перевариваются
- 25% перекусы, их должно быть от 3 до 5.

В соответствии с физиологическими рекомендациями энергетическая потребность студентов-мужчин оценена в пределах 2585 ккал, студенток – 2434,5 ккал. Около 12% суточной энергетической ценности рациона приходится на белки, не менее 60% общего количества белков в рационе должна доля белков животного происхождения. Выполнение данного правила гарантирует не только обеспечение достаточным содержанием незаменимых аминокислот, но их оптимальную сбалансированность в рационе. 30% общей энергетической ценности рациона студенток должны составлять жиры. При этом на долю жиров растительного происхождения должно приходиться около 30% их общего количества. Суточная потребность студентов в основных минеральных веществах должна обеспечить поступлением в организм кальция в количестве 800 мг, фосфора – 1600 мг, магния – 500 мг, калия – 2500–5000 мг, железа – 10 мг. Для поддержания сбалансированного питания студентов следует стремится к более полному соответствию между энергетической ценностью и качественным составом фактических рационов питания и потребностями в энергии и пищевых веществах [4].

Таблица 2.

Среднесуточный набор продуктов для студентов

Table 2.

Average daily set of products for students

Продукты Products	Количество, грамм Quantity, gram.
Хлеб | Bread	250
Макаронные изделия | Macaroni	15
Крупы, бобовые | Cereals, legumes	60
Сахар, кондитерские изделия Sugar, confectionery	95
Картофель | Potatos	320
Овощи | Vegetables	340
Фрукты свежие, соки Fresh fruits, juices	50
Сухофрукты | Dried Fruits	16
Жиры животные | Animal fats	35
Масло растительное | Vegetable oil	22
Молоко и кисломолочные продукты Milk and fermented milk products	400
Творог | Cottage cheese	24
Сметана | Sour cream	20
Сыр | Cheese	15

Проанализировав данные, можно констатировать, что на питании студентов отрицательно сказывается их образ жизни, а именно отсутствие привычки регулярного приема пищи, что в сочетании с большой учебной

нагрузкой приводит к нерациональному распределению приема пищи в течение дня. Для устранения нерационального распределения приема пищи студентам необходимо исправить их рацион: обеспечить поступление пищи в обеденное время, добавить в свой рацион те продукты, по которым у них дефицит, а также уменьшить количество продуктов с избыточной калорийностью.

На основании всего вышесказанного, можно сделать вывод, что правильное сбалансированное питание для студента, несомненно, требует затрат времени и усилий. Однако, энергичность, хорошее настроение и самочувствие, которое оно дает студенту, позволяет ему успевать гораздо больше, чем когда он ест нездоровую пищу на ходу. Связано это с тем, что быстрые углеводы, несмотря на свойство быстро насыщать, вызывают упадок сил и сонливость, поскольку считаются очень тяжелыми для усвоения.

Правильное питание – это залог поддержания своего организма в хорошей форме, активной жизнедеятельности. Искусство вести здоровый образ жизни необходимо и доступно каждому студенту для улучшения своего здоровья и в будущем получения достойной профессии.

Заключение

В результате проведенного исследования необходимо отметить, что анализ рациона студентов позволил установить тот факт, что их питание является неполноценным как в качественном, так и в количественном отношении. Исследование выявило, что большинство студентов питаются неправильно, что в дальнейшем может привести к появлению различных заболеваний [5].

Литература

1 Зименкова Ф.Н. Питание и здоровье. М., 2016.

2 Погожева А.В., Батурин А.К. Правильное питание-фундамент здоровья и долголетия // Пищевая промышленность. 2017. №. 10.

3 Питкин В.А., Третьяк И.А., Холодная Л.А. Взаимодействие правильного питания с физическими нагрузками // Глобальный научный потенциал. 2019. № 3.

4 Сычева О.В., Омаров Р.С. Основы рационального питания. СПб., 2021.

5 Лапкин М.М., Пешкова Г.П. Основы рационального питания. М., 2017.

6 Лемеш К.И. Правильное питание как ключевой компонент здорового образа жизни студента // Система ценностей современного общества. 2016. №. 48. С. 121-125.

7 Носкова А. В. Питание: методологические подходы к исследованию и повседневные практики // Вестник МГИМО Университета. 2014. №. 6 (39).

8 Главатских Н.Г. и др. Питание человека в настоящем и будущем // Аграрная наука-сельскохозяйственному производству. 2019. С. 160-168.

9 Герасименко Н.Ф., Позняковский В.М., Челнакова Н.Г. Здоровое питание и его роль в обеспечении качества жизни // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК–продукты здорового питания. 2016. №. 4 (12).

10 Зименкова Ф. Питание и здоровье. Litres, 2020.

11 Asigbee F.M., Whitney S.D., Peterson C.E. The link between nutrition and physical activity in increasing academic achievement // Journal of School Health. 2018. V. 88. №. 6. P. 407-415. doi: 10.1111/josh.12625

12 Torres-McGehee T.M., Pritchett K.L., Zippel D., Minton D.M. et al. Sports nutrition knowledge among collegiate athletes, coaches, athletic trainers, and strength and conditioning specialists // Journal of athletic training. 2012. V. 47. №. 2. P. 205-211. doi: 10.4085/1062-6050-47.2.205

13 Purcell L.K. Sport nutrition for young athletes // Paediatrics & child health. 2013. V. 18. №. 4. P. 200-202. doi: 10.1093/pch/18.4.200

14 Betts J.A., Gonzalez J.T., Burke L.M., Close G.L. et al. PRESENT 2020: Text expanding on the checklist for proper reporting of evidence in sport and exercise nutrition trials // International journal of sport nutrition and exercise metabolism. 2020. V. 30. №. 1. P. 2-13. doi: 10.1123/ijsnem.2019-0326

15 Ohlhorst S.D., Russell R., Bier D., Klurfeld D.M. et al. Nutrition research to affect food and a healthy life span // The Journal of nutrition. 2013. V. 143. №. 8. P. 1349-1354. doi: 10.3945/jn.113.180638

16 Burley C., Lashley L.K., Golden C.J. Nutrition and Growth. 2020.

17 Wickramasinghe K., Mathers J.C., Wopereis S., Marsman D.S. et al. From lifespan to healthspan: the role of nutrition in healthy ageing // Journal of Nutritional Science. 2020. V. 9. doi: 10.1017/jns.2020.26

18 Bhutta Z.A., Salam R.A. Global nutrition epidemiology and trends // Annals of Nutrition and Metabolism. 2012. V. 61. №. 1. P. 19-27. doi: 10.1159/000345167

19 Mazzola J.J., Moore J.T., Alexander K. Is work keeping us from acting healthy? How workplace barriers and facilitators impact nutrition and exercise behaviors // Stress and health. 2017. V. 33. №. 5. P. 479-489. doi: 10.1002/smi.2731

20 Korn L., Gonen E., Shaked Y., Golan M. Health perceptions, self and body image, physical activity and nutrition among undergraduate students in Israel // PloS one. 2013. V. 8. №. 3. P. e58543. doi: 10.1371/journal.pone.0058543

References

1 Zimenkova F.N. Nutrition and health. Moscow, 2016. (in Russian).

2 Pogozheva A.V., Baturin A.K. Proper nutrition is the foundation of health and longevity. Food industry. 2017. no. 10. (in Russian).

3 Pitkin V.A., Tretyak I.A., Kholodnaya L.A. The interaction of proper nutrition with physical activity. Global scientific potential. 2019. no. 3. (in Russian).

4 Sycheva O.V., Omarov R.S. Basics of a balanced diet. SPb., 2021. (in Russian).
5 Lapkin M.M., Peshkova G.P. Basics of a balanced diet. Moscow, 2017. (in Russian).
6 Lemesh K.I. Proper nutrition as a key component of a healthy lifestyle for a student. The system of values of modern society. 2016. no. 48.pp. 121-125. (in Russian).
7 Noskova A.V. Nutrition: methodological approaches to research and everyday practices. Bulletin of MGIMO University. 2014. no. 6 (39). (in Russian).
8 Glavatskikh N.G. et al. Human nutrition in the present and the future. Agrarian science for agricultural production. 2019. pp. 160-168. (in Russian).
9 Gerasimenko N.F., Poznyakovsky V.M., Chelnakova N.G. Healthy nutrition and its role in ensuring the quality of life. Technologies of food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products. 2016. no. 4 (12). (in Russian).
10 Zimenkova F. Nutrition and health. Litres, 2020. (in Russian).
11 Asigbee F.M., Whitney S.D., Peterson C.E. The link between nutrition and physical activity in increasing academic achievement. Journal of School Health. 2018. vol. 88. no. 6. pp. 407-415. doi: 10.1111/josh.12625
12 Torres-McGehee T.M., Pritchett K.L., Zippel D., Minton D.M. et al. Sports nutrition knowledge among collegiate athletes, coaches, athletic trainers, and strength and conditioning specialists. Journal of athletic training. 2012. vol. 47. no. 2. pp. 205-211. doi: 10.4085/1062-6050-47.2.205
13 Purcell L.K. Sport nutrition for young athletes. Paediatrics & child health. 2013. vol. 18. no. 4. pp. 200-202. doi: 10.1093/pch/18.4.200
14 Betts J.A., Gonzalez J.T., Burke L.M., Close G.L. et al. PRESENT 2020: Text expanding on the checklist for proper reporting of evidence in sport and exercise nutrition trials. International journal of sport nutrition and exercise metabolism. 2020. vol. 30. no. 1. pp. 2-13. doi: 10.1123/ijsnem.2019-0326
15 Ohlhorst S.D., Russell R., Bier D., Klurfeld D.M. et al. Nutrition research to affect food and a healthy life span. The Journal of nutrition. 2013. vol. 143. no. 8. pp. 1349-1354. doi: 10.3945/jn.113.180638
16 Burley C., Lashley L.K., Golden C.J. Nutrition and Growth. 2020.
17 Wickramasinghe K., Mathers J.C., Wopereis S., Marsman D.S. et al. From lifespan to healthspan: the role of nutrition in healthy ageing. Journal of Nutritional Science. 2020. vol. 9. doi: 10.1017/jns.2020.26
18 Bhutta Z.A., Salam R.A. Global nutrition epidemiology and trends. Annals of Nutrition and Metabolism. 2012. vol. 61. no. 1. pp. 19-27. doi: 10.1159/000345167
19 Mazzola J.J., Moore J.T., Alexander K. Is work keeping us from acting healthy? How workplace barriers and facilitators impact nutrition and exercise behaviors. Stress and health. 2017. vol. 33. no. 5. pp. 479-489. doi: 10.1002/smi.2731
20 Korn L., Gonen E., Shaked Y., Golan M. Health perceptions, self and body image, physical activity and nutrition among undergraduate students in Israel. PloS one. 2013. vol. 8. no. 3. pp. e58543. doi: 10.1371/journal.pone.0058543

Сведения об авторах

Виктор А. Питкин старший преподаватель, кафедра физического воспитания и спорта, Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Россия, irvik25@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-6356-6501

Лариса А. Холодная старший преподаватель, кафедра физического воспитания, Кубанский институт социоэкономики и права, Академии труда и социальных отношений, ул. Атарбекова, г. Краснодар. 350062, Россия, xolodnaya70@bk.ru

Information about authors

Victor A. Pitkin senior lecturer, physical education and sports department, Kuban State Technological University, Moskovskaya str., 2. Krasnodar. 350072 Russia, irvik25@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-6356-6501

Larisa A. Holodnaya senior lecturer, physical education department, Kuban Institute of Socio-Economics and Law, Academy of Labor and Social Relations, Atarbekova Str.,42. Krasnodar, 350062, Russia, xolodnaya70@bk.ru

Вклад авторов

Виктор А. Питкин написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат
Лариса А. Холодная предложила методику проведения эксперимента

Contribution

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

Larisa A. Holodnaya proposed a scheme of the experiment

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 05/04/2021	**После редакции** 03/05/2021	**Принята в печать** 31/05/2021

Received 05/04/2021	**Accepted in revised** 03/05/2021	**Accepted** 31/05/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-72-78 Обзорная статья/Review article
УДК 637.661 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Биологически активные вещества крови убойных животных – перспективное векторное направление в мясной отрасли

Елена В. Литвинова [1] litvinovaev@mgupp.ru 0000-0005-5109-7300
Сергей Н. Кидяев [1] ser-kidyaev@ya.ru 0000-0002-4089-2475
Виктория Л. Лапшина [1] vic.toria.lapshina@inbox.ru 0000-0001-6749-7806
Ирина О. Артемьева [2] piard@ya.ru 0000-0002-3559-2435

1 Московский государственный университет пищевых производств, Талалихина, 33, г. Москва, 109396, Россия
2 Российский государственный аграрный заочный университет, ш. Энтузиастов, 50, г. Балашиха, Московская область, 143907, Россия

Аннотация. Кровь убойных животных – ценное сырье для производства широкого ассортимента продукции пищевого, лечебного, кормового и технического назначения. Использование крови на пищевые и кормовые цели обусловлено высоким содержанием в ней полноценных белков. Исследованиями отечественных и зарубежных ученых доказано, что кровь представляет собой высокоценное пищевое сырье, а также обладает специфическими лечебными свойствами. Использование крови на пищевые и кормовые цели обусловлено высоким содержанием в ней полноценных белков, минеральных солей, витаминов и гормонов. В статье представлена информация о биологически активных веществах, которые можно получать из крови убойных животных, к которым относятся: ангиогенин, фоллистатин, гепарин. Биологически активные вещества крови в значительной степени могут изменять течение биохимических реакций, что способствуют нормальному функционированию организма человека. Например, влиять на цитокиновое звено иммунитета, проявлять антимикробные свойства, ингибировать дегрануляцию полиморфоядерных лейкоцитов, улучшать кровообращение, положительно воздействовать на липемическую плазму, выводить хиломикроны из крови, снижать уровень холестерина. Представленная информация позволяет сформулировать основные перспективные направления использования этих биологически активных веществ в медицине и пищевой промышленности, а также приведены примеры возможного их использования в технологическом цикле производства функциональных продуктов питания на мясной основе. В существующих реалиях и развития мясной отрасли и трендах функционального питания, рассмотренные биологически активные вещества весьма перспективно и актуально для использования в технологическом цикле производства мясных продуктов для детерминированных групп населения.

Ключевые слова: биологически активные вещества, ангиогенин, мясные продукты, функциональные продукты питания, форменные элементы крови, базофилы, гепарин

Biologically active substances of the slaughter animals blood – a promising vector direction in the meat industry

Elena V. Litvinova [1] litvinovaev@mgupp.ru 0000-0005-5109-7300
Sergey N. Kidyaev [1] ser-kidyaev@ya.ru 0000-0002-4089-2475
Victoria L. Lapshina [1] vic.toria.lapshina@inbox.ru 0000-0001-6749-7806
Irina O. Artemeva [2] piard@ya.ru 0000-0002-3559-2435

1 Moscow State University of Food Production, Talalikhina St., 33 Moscow, 109396, Russia
2 Russian State Agrarian Correspondence University, Enthusiasts H., 50, Balashikha, 143907, Russia

Abstract. Slaughter animals blood is a valuable raw material for the production of a wide range of food, medical, feed and technical products. The use of blood for food and feed purposes is due to the high content of complete proteins in it. Studies of domestic and foreign scientists proved that blood is a highly valuable food raw material, and has specific medicinal properties. The application of blood for food and feed purposes is due to the high content of high-grade proteins, mineral salts, vitamins and hormones in it. Information about biologically active substances that can be obtained from the slaughter animals blood, which include angiogenin, follistatin, heparin, was presented in the article. Biologically active substances in the blood can change the course of biochemical reactions to a large extent. It contributes to the normal functioning of the human body, for example, to influence the cytokine link of immunity, exhibit antimicrobial properties, inhibit the degranulation of polymorphonuclear leukocytes, improve blood circulation, have a positive effect on lipemic plasma, remove chylomicrons from the blood, and lower cholesterol levels. The information presented allows us to formulate the main promising directions for the use of these biologically active substances in medicine and the food industry. The examples of their possible use in the technological cycle of functional meat-based food products manufacturing are also given in the work. The biologically active substances studied in the work are very promising and relevant for use in the technological cycle of the meat products manufacturing for determined groups of the population in the existing realities of the development of the meat industry and trends in functional nutritions.

Keywords: biologically active substances, angiogenin, meat products, functional foods, blood cells, basophils, heparin.

Для цитирования
Литвинова Е.В., Кидяев С.Н., Лапшина В.Л., Артемьева И.О. Биологически активные вещества крови убойных животных – перспективное векторное направление в мясной отрасли // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 72–78. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-72-78

For citation
Litvinova E.V., Kidyaev S.N., Lapshina V.L., Artemeva I.O. Biologically active substances of the slaughter animals blood – a promising vector direction in the meat industry. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 72–78. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-72-78

© 2021, Литвинова Е.В. и др. / Litvinova E.V. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Кровь убойных животных – ценное сырье для производства широкого ассортимента продукции пищевого, лечебного, кормового и технического назначения. Качество крови в нашей стране контролируется ГОСТ 33674–2015 «Кровь и продукты ее переработки. Технические условия (с Поправкой)».

Исследованиями отечественных и зарубежных ученых доказано, что кровь представляет собой высокоценное пищевое сырье, а также обладает специфическими лечебными свойствами, поскольку данная жидкая составляющая таит в себе большое количество биологически активных веществ и, соответственно, содержит кладезь полезной информации, недаром анализы крови являются одним из ключевых инструментов диагностики [1–3].

Использование крови на пищевые и кормовые цели обусловлено высоким содержанием в ней полноценных белков. Общее количество белков в крови зависит от вида, возраста, упитанности животных, условий кормления и содержания, и составляет 16,5–19,0% массы крови [1].

Биологическая ценность крови обусловливается значительным содержанием белков, минеральных солей, витаминов и гормонов. По содержанию белковых веществ кровь можно сравнить с мясом. Например, массовая доля белка в говядине составляет 20,5%, в крови – около 18,5% [4].

Если акцентировать внимание на сырьевой базе, то есть на количестве крови в туше животного, то стоит отметить, что содержание крови у крупного рогатого скота составляет 7–8% от живой массы, свиней – около 4,5%; птицы от 7,6 до 10,0% [4].

О биологически активных веществах крови

Биологически активные вещества крови – это несколько групп разнородных химических соединений, способных в значительной степени изменять течение биохимических реакций, что способствует нормальному функционированию организма человека.

По механизму влияния все химические соединения, циркулирующие в кровяном русле, можно разделить на несколько групп: пептиды, гормоны, ферменты, витамины, нуклеиновые кислоты.

Различные отрасли пищевой промышленности, в частности, мясная, считается перспективным рынком сбыта, так как продукты переработки крови примерно в пять раз дешевле своих молочных аналогов. Кроме того, продукты переработки крови практически не содержат жира, а эритроциты богаты железом. Так как кровь является ценным источником железа, минеральных веществ, витаминов и полноценного белка близкого по своей природе к человеческому, её используют при производстве различной продукции: колбасных изделий, гематогена, фибриновых плёнок, кровезаменителей, лечебных продуктов питания [4].

Рассмотрим отдельные биологически активные вещества крови убойных животных, с дальнейшей целью их использования при производстве мясных продуктов.

Ангиогенин

Особый интерес представляет функциональная рибонуклеаза – ангиогенин (от греч. «angion» – сосуд).

Ангиогенин – полифункциональный белок, играющий существенную роль в механизмах поддержания гомеостаза организма животного. И несмотря на то, что он принимает участие в ангиогенезе опухолей, данное свойство не является специфичным. Он синтезируется нормальными клетками организма, присутствует в крови и молоке. Тот факт, что рибонуклеаза активно синтезируется в стрессовых ситуациях клетками печени, также как другие белки острой фазы, позволяет ее рассматривать в качестве защитного фактора организма.

С точки зрения строения, ангиогенин – одноцепочечный низкомолекулярный полипептид, молекулярная масса которого может варьировать от 14 до 20 кДа, а изоэлектрическая точка – более 10,5. Ангиогенин и панкреатическая РНКаза А обладают 33% гомологией по аминокислотной последовательности [5, 6].

Обращаясь к истории, необходимо отметить, что открытие данного белка связано с именами американских ученых. В 1985 г. Берт Вэлли и Джуд Фолкман с сотрудниками (США) обнаружили в культуре раковых клеток новый белок, обладающий более сильным ангиогенным действием, чем другие известные природные ангиогенетики. В настоящее время в изучении структуры и в значительной мере функции ангиогенина в организме млекопитающих достигнуты большие успехи, позволяющие рассматривать прикладные аспекты его применения в медицинской и пищевой практике [9, 10].

Одним из современных направлений в лечении болезней, обусловленных недостаточным кровоснабжением в тканях, является терапевтический ангиогенез, в основе которого лежит применение активных индукторов роста кровеносных сосудов в качестве лечебных средств.

В связи с существованием зависимости уровня ангиогенина в крови от физиологических и патологических состояний организма развивается диагностическое направление практического приложения результатов исследования ангиогенина.

В частности, установлено, что ангиогенин является одним из самых сильных ангиогенных факторов прямого действия. Основными мишенями действия ангиогенина являются эндотелиальные клетки, клетки гладкой мускулатуры, фибробласты.

В организме он может быть индуцирован факторами прямого (фактор роста эндотелия сосудов, плацентарный фактор роста, фактор роста гепатоцитов, щелочной и кислый фактор роста фибробластов, ангиогенин и др.) и непрямого действия (трансформирующий фактор роста-β, фактор роста некроза опухолей-α, интерлейкин-δ и др.).

В настоящее время, идентифицированы и достаточно полно изучены ангиогенин-связывающий белок с молекулярной массой 170 кДа и α-актин. В Хеля-клетках найден и охарактеризован новый ангиогенин-связывающий белок – фоллистатин, участвующий в индуцировании ангиогенином ангиогенеза, поэтому в тканях животных также необходима его транслокация в ядро клетки-мишени. Проникая в ядро, ангиогенин аккумулируется в ядрышке, связывается с ДНК, активируя транскрипцию рРНК. Ингибирование ядерной транслокации, индуцированной ангиогенином, или мутагенез ответственных за локализацию аминокислотных последовательностей в молекуле ангиогенина, снимает его ангиогенную активность [8].

Рентгеноструктурный анализ и ядерно-магнитный резонанс кристаллического ангиогенина крови крупного рогатого скота (КРС) и человека позволили определить сходства и различия. Исследование кристаллической структуры ангиогенина КРС при разрешении 1,5 А, позволило установить, что, как и в молекуле ангиогенина человека, сайт рибонуклеазной активности состоит из нескольких частей. Каталитический центр (Р1), на котором расщепляются фосфодиэфирные связи, включает три аминокислотных остатка Гис-14, Лиз-41 и Гис-115, положение которых совпадает с таковым соответствующих аминокислотных остатков в АНГ человека (Гис-13, Лиз-40, Гис-114). Сайт В1, связывающий пиримидин-3 – нуклеозиды, содержащий остатки Глн-13, Тре-45 и Сер-119, также экранируется Глу-118 (Глу-117 соответственно для ангиогенина человека). Сайт В2, преимущественно связывающий пуриновое кольцо 5-нуклеозида, представлен Глу-109 (Глу-108 для АНГ человека). Не исключено, что с именно этим связаны определенные функциональные особенности сравниваемых белков [10–20].

Перечислим основные свойства ангиогенина:

1. *Отличительная рибонуклеазная активность.* Ангиогенин обладают рибонуклеазной активностью, отличной от действия панкреатической РНКазы А, что выражается, прежде всего, в их субстратной специфичности. При изучении влияния ангиогенина на препарат РНК из опухолевых эпителиальных клеток аденокарциномы толстой кишки человека НТ-29, состоящий, в основном, из 28S и 18S рРНК (-5000 и -2000 нуклеотидов соответственно), с помощью электрофореза в агарозном геле обнаружено, что ангиогенин расщепляет рРНК на продукты, состоящие из 100–500 нуклеотидов, которые образуются уже через 60 мин, и более глубокий гидролиз при увеличении времени инкубации (до 4 ч) не происходит.

2. Проявление антимикробных свойств. Ангиогенин обладает бактериостатическим действием относительно кишечной палочки (E. coli, штамм И-125). Эффект проявляется в физиологических концентрациях, в частности, при концентрации 12,5 мгк/см^3. При концентрации ангиогенина 50 мгк/см 2 через 24 часа культивирования рост бактерий снижается более чем на 2 порядка, а при 100 мгк/см^3 практически полностью подавлялся. Плацентарный ингибитор рибонуклеазы в концентрациях, ингибирующих ферментативную активность ангиогенина, снимает бактериостатический эффект, что указывает на роль рибонуклеазной активности в механизме антимикробного действия ангиогенина.

3. Ингибирование дегрануляции полиморфоядерных лейкоцитов. Полиморфоядерные лейкоциты играют важную роль в поддержании гомеостаза организма, являясь одним из значимых составляющих системы неспецифического иммунитета. Это фагоцитирующие, уничтожающие микроорганизмы клетки, гранулы которых содержат биологически активные белки, такие как миелопироксидаза, лизоцим, кислые гидролазы, белок, связывающий витамин B_{12}. Дегрануляция полиморфоядерных лейкоцитов может быть причиной целого ряда нарушений в организме человека.

4. Влияние на цитокиновое звено иммунитета. В литературе достаточно сведений, позволяющих отнести ангиогенин к факторам, участвующим в механизме регуляции иммунитета в организме животного. Одним из проявлений иммунной функции следует считать влияние ангиогенина на цитокиновое звено иммунитета, что может свидетельствовать об участии этого

белка в механизме воспаления. Выделенный из крови КРС ангиогенин индуцирует синтез провоспалительных цитокинов: интерлейкинов и фактора некроза опухолей. Эффект зависит от концентрации индуктора и времени его контакта с культивируемыми клетками, проявляясь в постконтактный период в условиях замены культуральной среды на свежую, не содержащую ангиогенин.

Об участии ангиогенина в воспалительных процессах in vivo свидетельствует повышение его уровня в крови при острых и хронических артритах.

5. Влияние на кристаллическую структуру сыворотки крови человека. Введение в сыворотку in vitro ангиогенина КРС до конечной концентрации 8 мкг/мл приводит к значительному снижению количества патологических конформационных нарушений в белковом спектре биосреды.

6. Терапевтические проявления. Полифункциональность ангиогенина позволяет рассматривать его в качестве активной основы препаратов широкого спектра терапевтического назначения. Прежде всего, это касается болезней, связанных с нарушением кровообращения в тканях: ишемическая болезнь сердца, инсульты, патология костной и хрящевой ткани, кожные болезни различного генеза и др. С лечебной целью активация ангиогенеза ангиогенином в тканях животного организма может осуществляться либо путем стимуляции его синтеза, либо путем введения экзогенного препарата в место локализации повреждения. Лекарственные формы ангиогенина могут быть представлены в виде растворов, мазей, импрегнированных белком медленно растворяющихся гранул или пленок из биологически нейтральных полимеров, способных медленно его высвобождать.

Представленная информация позволяет сформулировать основные перспективные направления использования ангиогенина в медицине и пищевой промышленности:

1. Индуктор ангиогенеза при патологиях, связанных с недостатком кровоснабжения в тканях. В основе лежит направленная на индукцию развития дополнительной сети сосудов стимуляция ангиогенеза в местах повреждения или введения в них экзогенных факторов ангиогенеза. Прямое положительное влияние ангиогенина установлено в отношении хрящевой и костной ткани животных. За счет индуцирования неоваскуляризации отмечена стимуляция в поврежденных тканях репаративных процессов. Ангиогенин является также ингибитором остеокластной костной резорбции, что также способствует восстановлению ткани.

2. Проявление регенерирующего эффекта при кожных болезнях, включая ожоги, обморожения, трофические язвы. Отмечается стимуляция регенеративных процессов, активация эпитализации, стимуляция местного иммунитета и как результат – ускорение заживления. Положительное влияние ангиогенина получено при лечении гнойных ран и язвенно-эрозийных образований в желудочно-кишечном тракте.

3. Лечение ишемических поражений миокарда и мышц нижних конечностей. Метод терапевтического ангиогенеза с применением ангиогенных факторов для лечения, например, критической ишемии конечностей, считается безопасным и доступным. В последнее время приоритетным направлением в терапии с использованием ангиогенина является внедрение метода генотерапии, суть которого – применение генно-инженерных конструкций с вставкой гена белка с терапевтическим действием. Сконструированы рекомбинантные плазмиды, несущие ген ангиогенина, которые работают в эукариотических организмах, активируя локально ангиогенез.

В настоящее время, разработанные специалистами фармацевтической индустрии препараты на основе ангиогенина, пользуются популярностью.

На кафедре «Технологии и биотехнологии мяса и мясных продуктов» ФГБОУ ВО «МГУПП» разработан полифункциональный модуль, обогащенный ангиогенином.

Используя биомодифицированный ферментолизат рубца крупного рогатого скота в качестве матричной основы для стабилизации структуры и сохранности биологически активных веществ, составили комплекс, обогатив его ангиогенином крови КРС и коптильным препаратом. Разработанный модуль вводили в мясные изделия на основе фаршевых систем, получив готовые продукты с высоким выходом и сбалансированным химическим составом. С целью определения функциональной направленности разработанных продуктов, проводятся исследования in vivo на белых мышах SNK (рисунок 1). Несмотря на то, что опыты еще продолжаются, уже сейчас можно утверждать, что после двухнедельных испытаний, наблюдается ускоренный рост животных и высокая скорость прироста длины хвоста.



(a) (b)

Рисунок 1. Процесс кормления белых мышей колбасными изделиями: (a) контроль (b) опыт

Figure 1. The process of feeding white mice with sausage products (a) control (b) experiment

Фоллистатин

Фоллистатин, также известный как активин-связывающий белок, является аутокринным гликопротеином, который экспрессируется почти во всех тканях высших организмов животных. Основной функцией фоллистатина является связывание и бионейтрализация членов суперсемейства TGF-бета, с особым акцентом на активин, паракринный гормон.

Впервые фоллистатин был синтезирован из жидкости зрелого фолликула, что легло в основу названия данного гликопротеина.

При первоначальной изоляции из фолликулярной жидкости было обнаружено, что вещество ингибирует секрецию фолликулостимулирующего гормона (ФСГ) в передней доли гипофиза. Фоллистатин подавляет белок-мессенджер в организме, одним из которых является миостатин; подавляя миостатиновое ингибирование синтеза белка, фоллистатин способен увеличивать мышечную массу.

Эксперименты на белых мышах показали, что внутримышечные инъекции фоллистатина приводят к наращиванию мышечных объёмов и повышению силовых показателей у здоровых грызунов, а также животных с более низким весом и особей в возрасте.

Значительным минусом при применении фоллистатина, как вещества, блокирующего белок миостатин, является широкая направленность его воздействия, так как фоллистатин также угнетает действие белков-активинов, нормализующих развитие практически каждого типа клеток, в том числе и клеток половых органов, гипофиза и мышечной ткани.

Исследования на приматах, выявили, что регуляция показателей фоллистатина в геноме приносит успехи в возрастании силовых данных и мышечных объёмов.

Подобные выводы сподвигли учёных на мысль о том, что фоллистатин может вызвать увеличение мышечного слоя сердца. Однако последующие исследования опровергли подобные выводы.

Передозировка фоллистатина, особенно через инъекции, имитирует дефицит миостатина, который иначе называется «гипертрофия мышц» и наблюдается, чаще всего, у бельгийских голубых коров.

Представленная информация подтверждает тот факт, что фоллистатин – биологически активное вещество, которое может стать основой для формирования комплексных модулей и последующего их использования в технологии мясных продуктов для спортивного питания.

Гепарин

Синтезируясь в тучных клетках в виде скоплений, гепарин локализуется в печени, лёгких, стенках сосудов и других органах животных. Базофилы крови продуцируют и содержат данное биологически активное вещество, чем и обусловлена их функция в организме.

Гепарин – кислый серосодержащий гликозаминогликан, эффективное средство, направленное на разжижение крови. Действие препарата заключается в блокировке биосинтеза тромбина и уменьшении склеивания тромбоцитов. Кроме того, данное вещество способствует улучшению кровообращения, положительно действия на липемическую плазму, выводит хиломикроны из крови, снижает уровень холестерина. Считаем, что подобное вещество возможно использовать в мясной отрасли аналогично фоллистатину.

Заключение

Представленная информация демонстрирует тот факт, что в сложившихся условиях развития мясной отрасли и тенденциях функционального питания, рассмотренные биологически активные вещества весьма перспективно и актуально использовать при производстве мясных продуктов, ориентированных для людей детерминированных групп населения.

Литература

1 Горелик О.В., Харлап В.С., Голомага В.С. Современные методы переработки и утилизации крови // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2019. Т. 10. № 1. С. 135–138.

2 Антипов С.Т., Овсянников В.Ю., Корчинский А.А. Исследование концентрирования крови крупного рогатого скота // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 76. № 2. doi: 10.20914/2310-1202-2018-2-11-17

3 Литвинова, Е.В., Краснова Е.В., Невзорова М.В. О крови убойных животных как источнике биологически активных веществ // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности: сборник научных статей по итогам второй международной научной конференции, Казань, 28–29 февраля 2020 года. Казань: ООО "Конверт", 2020. С. 120–121.

4 Sheng J., Xu Z. Three decades of research on angiogenin: a review and perspective // Acta Biochim Biophys Sin. 2016. V. 48. №. 5. P. 399-410. doi: 10.1093/abbs/gmv131

5 Luo R., Lu Y., Liu J., Cheng J. et al. Enhancement of the efficacy of mesenchymal stem cells in the treatment of ischemic diseases // Biomedicine & Pharmacotherapy. 2019. V. 109. P. 2022-2034. doi: 10.1016/j.biopha.2018.11.068

6 Yang J., Shi P., Tu M., Wang Y. et al. Bone morphogenetic proteins: Relationship between molecular structure and their osteogenic activity // Food Science and Human Wellness. 2014. V. 3. №. 3-4. P. 127-135. doi: 10.1016/j.fshw.2014.12.002

7 Uzunalli G., Guler M.O. Peptide gels for controlled release of proteins // Therapeutic delivery. 2020. V. 11. №. 3. P. 193-211. doi: 10.4155/tde-2020-0011

8 Bradshaw W.J., Rehman S., Pham T.T., Thiyagarajan N. et al. Structural insights into human angiogenin variants implicated in Parkinson's disease and Amyotrophic Lateral Sclerosis // Scientific reports. 2017. V. 7. №. 1. P. 1-10. doi: 10.1038/srep41996

9 Lyons S.M., Fay M.M., Akiyama Y., Anderson P.J. et al. RNA biology of angiogenin: Current state and perspectives // RNA biology. 2017. V. 14. №. 2. P. 171-178. doi: 10.1080/15476286.2016.1272746

10 Li S., Hu G. F. Emerging role of angiogenin in stress response and cell survival under adverse conditions // Journal of cellular physiology. 2012. V. 227. №. 7. P. 2822-2826. doi: 10.1002/jcp.23051

11 Trouillon R., Kang D.K., Chang S.I., O'Hare D. Angiogenin induces nitric oxide release independently from its RNase activity // Chemical Communications. 2011. V. 47. №. 12. P. 3421-3423. doi: 10.1039/C0CC04527F

12 Wang T., Sun S., Wan Z., Weil M.H. et al. Effects of bone marrow mesenchymal stem cells in a rat model of myocardial infarction // Resuscitation. 2012. V. 83. №. 11. P. 1391-1396. doi: 10.1016/j.resuscitation.2012.02.033

13 Zhang Y., Xia X., Yan J., Yan L. et al. Mesenchymal stem cell-derived angiogenin promotes primodial follicle survival and angiogenesis in transplanted human ovarian tissue // Reproductive Biology and Endocrinology. 2017. V. 15. №. 1. P. 1-12. doi: 10.1186/s12958-017-0235-8

14 Thiyagarajan N., Ferguson R., Subramanian V., Acharya K.R. Structural and molecular insights into the mechanism of action of human angiogenin-ALS variants in neurons // Nature communications. 2012. V. 3. №. 1. P. 1-14. doi: 10.1038/ncomms2126

15 Bah C.S.F., Bekhit A.E.D.A., Carne A., McConnell M.A. Slaughterhouse blood: an emerging source of bioactive compounds // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2013. V. 12. №. 3. P. 314-331. doi: 10.1111/1541-4337.12013

16 Helkar P.B., Sahoo A.K., Patil N.J. Review: Food industry by-products used as a functional food ingredients // International Journal of Waste Resources. 2016. V. 6. №. 3. P. 1-6. doi: 10.4172/2252-5211.1000248

17 Pizzo E., Sarcinelli C., Sheng J., Fusco S. et al. Ribonuclease/angiogenin inhibitor 1 regulates stress-induced subcellular localization of angiogenin to control growth and survival // Journal of cell science. 2013. V. 126. №. 18. P. 4308-4319. doi: 10.1242/jcs.134551

18 Thomas S.P., Hoang T.T., Ressler V.T., Raines R.T. Human angiogenin is a potent cytotoxin in the absence of ribonuclease inhibitor // Rna. 2018. V. 24. №. 8. P. 1018-1027. doi: 10.1261/rna.065516.117

19 Furia A., Moscato M., Calì G., Pizzo E. et al. The ribonuclease/angiogenin inhibitor is also present in mitochondria and nuclei // FEBS letters. 2011. V. 585. №. 4. P. 613-617. doi: 10.1016/j.febslet.2011.01.034

20 Лапшина В.Л., Герасимчук А.А., Краснова Е.В., Невзорова М.В. и др. Кровь убойных животных как источник биологически активных веществ // Мясные технологии. 2019. №. 7. С. 46-49. doi: 10.33465/2308-2941-2019-7-46-49

References

1 Gorelik O.V., Kharlap V.S., Golomaga V.S. Modern methods of processing and disposal of blood. Actual problems of modern science, technology and education. 2019. vol. 10. no. 1. pp. 135–138. (in Russian).

2 Antipov S.T., Ovsyannikov V. Yu., Korchinsky A.A. Blood test of cattle. Proceedings of VSUET. 2018. vol. 76. no. 2. doi: 10.20914/2310-1202-2018-2-11-17 (in Russian).

3 Litvinova E.V., Krasnova E.V., Nevzorova M.V. Blood of slaughter animals a source of biologically active substances. Priority areas of innovative activity in industry: a collection of scientific articles following the results of the second international scientific conference, Kazan, February 28–29, 2020. Kazan, LLC "Envelope", 2020. pp. 120–121. (in Russian).

4 Sheng J., Xu Z. Three decades of research on angiogenin: a review and perspective. Acta Biochim Biophys Sin. 2016. vol. 48. no. 5. pp. 399-410. doi: 10.1093/abbs/gmv131

5 Luo R., Lu Y., Liu J., Cheng J. et al. Enhancement of the efficacy of mesenchymal stem cells in the treatment of ischemic diseases. Biomedicine & Pharmacotherapy. 2019. vol. 109. pp. 2022-2034. doi: 10.1016/j.biopha.2018.11.068

6 Yang J., Shi P., Tu M., Wang Y. et al. Bone morphogenetic proteins: Relationship between molecular structure and their osteogenic activity. Food Science and Human Wellness. 2014. vol. 3. no. 3-4. pp. 127-135. doi: 10.1016/j.fshw.2014.12.002

7 Uzunalli G., Guler M.O. Peptide gels for controlled release of proteins. Therapeutic delivery. 2020. vol. 11. no. 3. pp. 193-211. doi: 10.4155/tde-2020-0011

8 Bradshaw W.J., Rehman S., Pham T.T., Thiyagarajan N. et al. Structural insights into human angiogenin variants implicated in Parkinson's disease and Amyotrophic Lateral Sclerosis. Scientific reports. 2017. vol. 7. no. 1. pp. 1-10. doi: 10.1038/srep41996

9 Lyons S.M., Fay M.M., Akiyama Y., Anderson P.J. et al. RNA biology of angiogenin: Current state and perspectives. RNA biology. 2017. vol. 14. no. 2. pp. 171-178. doi: 10.1080/15476286.2016.1272746

10 Li S., Hu G. F. Emerging role of angiogenin in stress response and cell survival under adverse conditions. Journal of cellular physiology. 2012. vol. 227. no. 7. pp. 2822-2826. doi: 10.1002/jcp.23051

11 Trouillon R., Kang D.K., Chang S.I., O'Hare D. Angiogenin induces nitric oxide release independently from its RNase activity. Chemical Communications. 2011. vol. 47. no. 12. pp. 3421-3423. doi: 10.1039/C0CC04527F

12 Wang T., Sun S., Wan Z., Weil M.H. et al. Effects of bone marrow mesenchymal stem cells in a rat model of myocardial infarction. Resuscitation. 2012. vol. 83. no. 11. pp. 1391-1396. doi: 10.1016/j.resuscitation.2012.02.033

13 Zhang Y., Xia X., Yan J., Yan L. et al. Mesenchymal stem cell-derived angiogenin promotes primodial follicle survival and angiogenesis in transplanted human ovarian tissue. Reproductive Biology and Endocrinology. 2017. vol. 15. no. 1. pp. 1-12. doi: 10.1186/s12958-017-0235-8

14 Thiyagarajan N., Ferguson R., Subramanian V., Acharya K.R. Structural and molecular insights into the mechanism of action of human angiogenin-ALS variants in neurons. Nature communications. 2012. vol. 3. no. 1. pp. 1-14. doi: 10.1038/ncomms2126

15 Bah C.S.F., Bekhit A.E.D.A., Carne A., McConnell M.A. Slaughterhouse blood: an emerging source of bioactive compounds. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2013. vol. 12. no. 3. pp. 314-331. doi: 10.1111/1541-4337.12013

16 Helkar P.B., Sahoo A.K., Patil N.J. Review: Food industry by-products used as a functional food ingredients. International Journal of Waste Resources. 2016. vol. 6. no. 3. pp. 1-6. doi: 10.4172/2252-5211.1000248

17 Pizzo E., Sarcinelli C., Sheng J., Fusco S. et al. Ribonuclease/angiogenin inhibitor 1 regulates stress-induced subcellular localization of angiogenin to control growth and survival. Journal of cell science. 2013. vol. 126. no. 18. pp. 4308-4319. doi: 10.1242/jcs.134551

18 Thomas S.P., Hoang T.T., Ressler V.T., Raines R.T. Human angiogenin is a potent cytotoxin in the absence of ribonuclease inhibitor. Rna. 2018. vol. 24. no. 8. pp. 1018-1027. doi: 10.1261/rna.065516.117

19 Furia A., Moscato M., Calì G., Pizzo E. et al. The ribonuclease/angiogenin inhibitor is also present in mitochondria and nuclei. FEBS letters. 2011. vol. 585. no. 4. pp. 613-617. doi: 10.1016/j.febslet.2011.01.034

20 Lapshina V.L., Gerasimchuk A.A., Krasnova E.V., Nevzorova M.V. et al. Blood of slaughter animals as a source of biologically active substances. Meat technologies. 2019. no. 7. pp. 46-49. doi: 10.33465/2308-2941-2019-7-46-49 (in Russian).

Сведения об авторах

Елена В. Литвинова к.т.н., доцент, кафедра технологии и биотехнологии мяса и мясных продуктов, Московский государственный университет пищевых производств, ул. Талалихина, 33, г. Москва, 109396, Россия, litvinovaev@mgupp.ru
https://orcid.org/0000-0005-5109-7300

Сергей Н. Кидяев к.т.н., доцент, кафедра технологии и биотехнологии мяса и мясных продуктов, Московский государственный университет пищевых производств, ул. Талалихина, 33, г. Москва, 109396, Россия, ser-kidyaev@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-4089-2475

Виктория Л. Лапшина ассистент, кафедра технологии и биотехнологии мяса и мясных продуктов, Московский государственный университет пищевых производств, ул. Талалихина, 33, г. Москва, 109396, Россия, vic.toria.lapshina@inbox.ru
https://orcid.org/0000-0001-6749-7806

Ирина О. Артемьева к.т.н., доцент, кафедра зоотехнии, производства и переработки продукции животноводства, Российский государственный аграрный заочный университет, ш. Энтузиастов, 50, г. Балашиха, Московская область, 143907, Россия, piard@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-3559-2435

Information about authors

Elena V. Litvinova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology and biotechnology of meat and meat products department, Moscow State University of Food Production, Talalikhina St., 33 Moscow, 109396, Russia, litvinovaev@mgupp.ru
https://orcid.org/0000-0005-5109-7300

Sergey N. Kidyaev Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology and biotechnology of meat and meat products department, Moscow State University of Food Production, Talalikhina St., 33 Moscow, 109396, Russia, ser-kidyaev@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-4089-2475

Victoria L. Lapshina assistant, technology and biotechnology of meat and meat products department, Moscow State University of Food Production, Talalikhina St., 33 Moscow, 109396, Russia, vic.toria.lapshina@inbox.ru
https://orcid.org/0000-0001-6749-7806

Irina O. Artemeva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, animal science, production and processing of livestock products department, Russian State Agrarian Correspondence University, Enthusiasts H., 50, Balashikha, 143907, Russia, piard@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-3559-2435

Вклад авторов

Елена В. Литвинова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, оформила рукопись
Сергей Н. Кидяев обзор литературных источников по исследуемой проблеме, выполнил расчёты
Виктория Л. Лапшина обзор литературных источников по исследуемой проблеме
Ирина О. Артемьева обзор литературных источников по исследуемой проблеме

Contribution

Elena V. Litvinova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, designed a manuscript
Sergey N. Kidyaev review of the literature on an investigated problem, performed computations
Victoria L. Lapshina review of the literature on an investigated problem
Irina O. Artemeva review of the literature on an investigated problem

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 12/04/2021 **После редакции** 19/05/2021 **Принята в печать** 02/06/2021

Received 12/04/2021 **Accepted in revised** 19/05/2021 **Accepted** 02/06/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-79-86 Оригинальная статья/Research article
УДК 640 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Сравнительный анализ влияния пищевых добавок на технологию производства и качественные показатели хлеба пшеничного

Мария А. Заикина [1] zaikina.marija@ya.ru 0000-0002-6457-6442
Анна Е. Ковалева [1] a.e.kovaleva@ya.ru 0000-0001-7807-1755
Эльвира А. Пьяникова [1] alia1969@ya.ru 0000-0003-4424-7323
Анастасия С. Рязанцева [1] an.ryazantseva2016@ya.ru

1 Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, Россия

Аннотация. Одним из эффективных и экономически доступных способов обеспечения населения важными пищевыми веществами является обогащение продуктов массового потребления. Хлебобулочные изделия являются продуктами регулярного потребления в рационе питания. Комплексный подход в решении проблемы обеспечивается за счет исследований в области проектирования рецептурных составов и технологий новых видов хлебобулочных изделий, в том числе за счет применения нетрадиционного растительного сырья. Разработаны рецептуры и технология приготовления образцов пшеничного хлеба с яблочными выжимками с заменой части пшеничной муки на гречневую (первый образец хлеба) и рисовую муку (второй образец). Разработаны технологические параметры приготовления хлеба подового, безопарным способом. Исследовано влияние гречневой и рисовой муки на продолжительность технологического процесса приготовления хлеба; определено влияние вводимых пищевых добавок на органолептические и физико-химические показатели качества хлеба; показана сравнительная оценка содержания минеральных компонентов в разработанных и контрольном образцах. Применение вторичного яблочного сырья (свежемороженых яблочных выжимок), муки гречневой и рисовой в качестве нетрадиционных компонентов в технологии хлебобулочных изделий позволяет получить продукт с высокими органолептическими свойствами и богатым минеральным составом. Исследования влияния пищевых добавок на органолептические показатели хлебобулочного изделия позволяют сделать вывод о выраженном влиянии вносимых ингредиентов на внешний вид, цвет и состояние мякиша. Тем не менее, данные добавки не приводят к изменению вкуса и запаха выпеченных изделий. Анализ химического состава разработанных образцов хлеба пшеничного показал, что содержание железа и фосфора в них превышает значение контрольного образца в несколько раз.

Ключевые слова: хлеб пшеничный, гречневая мука, рисовая мука, яблочные выжимки, качественные показатели хлеба, сырьевой состав, анализ

Comparative analysis of the effect of food additives on the production technology and quality indicators of wheat bread

Maria A. Zaikina [1] zaikina.marija@ya.ru 0000-0002-6457-6442
Anna E. Kovaleva [1] a.e.kovaleva@ya.ru 0000-0001-7807-1755
Elvira A. Pyanikova [1] alia1969@ya.ru 0000-0003-4424-7323
Anastasia S. Ryazantseva [1] an.ryazantseva2016@ya.ru

1 South-West State University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia

Abstract. One of the most effective and cost-effective ways to provide the population with important nutrients is the fortification of mass-consumption products. Bakery products are products of regular consumption in the diet. An integrated approach to solving the problem is provided through research in the design of prescription formulations and technologies of new types of bakery products, including through the use of non-traditional vegetable raw materials. Recipes and technology of preparation of samples of wheat bread with apple pomace replacing part of wheat flour with buckwheat (the first sample of bread) and rice flour (the second sample) are developed. The technological parameters of cooking hearth bread, in a non-paired way, have been developed. The influence of buckwheat and rice flour on the duration of the technological process of bread preparation is investigated; the influence of the introduced food additives on the organoleptic and physico-chemical indicators of bread quality is determined; a comparative assessment of the content of mineral compo-nents in the developed and control samples is shown. The use of secondary apple raw materials (fresh-frozen apple pomace), buckwheat and rice flour as non-traditional components in the technology of bakery products allows you to get a product with high organoleptic properties and a rich mineral composition. Studies of the effect of food additives on the organoleptic parameters of the bakery product allow us to make a conclusion about the pronounced effect of the added ingredients on the appearance, color and condition of the crumb. However, these additives do not lead to a change in the taste and smell of baked products. Analysis of the chemical composition of the developed samples of wheat bread showed that the content of iron and phosphorus in them exceeds the value of the control sample by many times.

Keywords: wheat bread, buckwheat flour, rice flour, apple pomace, bread quality indicators, raw material composition, analysis

Введение

Хлеб является основным продуктом питания для большинства групп населения. Хлеб, дополненный фенольными соединениями, привлекает все больше научных интересов в последние годы. Помимо улучшения антиоксидантов в хлебе, добавление фенольных соединений также влияет на физико-химические свойства и качества теста из-за различных взаимодействий с компонентами муки. Кроме того, фенольные соединения могут предотвращать

Для цитирования
Заикина М.А., Ковалева А.Е., Пьяникова Э.А., Рязанцева А.С. Сравнительный анализ влияния пищевых добавок на технологию производства и качественные показатели хлеба пшеничного // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 79–86. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-79-86

For citation
Zaikina M.A., Kovaleva A.E., Pyanikova E.A., Ryazantseva A.S. Comparative analysis of the effect of food additives on the production technology and quality indicators of wheat bread. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 79–86. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-79-86

© 2021, Заикина М.А. и др. / Zaikina M.A. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

образование канцерогенов, таких как акриламид, во время выпечки, тем самым функционируя в качестве антиканцерогенного агента в пищевых системах [1].

Важным источником пищевых волокон, пектина, водорастворимых витаминов, органических кислот, дубильных веществ, эфирных масел, флавоноидов и минеральных веществ [2–4] являются яблоки, занимающие более трети в обороте плодовой продукции. Яблоки, как ценный источник витамина С, обеспечивают до 15 % физиологической потребности человека [5]. Применение продуктов переработки растительного сырья позволяет улучшать качество муки, осуществлять корректировку ее хлебопекарных свойств, а также усиливать функциональную направленность и пищевую ценность готовой продукции за счет добавлении фитопорошков из яблок или яблочных выжимок. Выжимки являются остаточным продуктом при производстве соков прямого отжима [6, 7], что позволяет обеспечивать безотходность производственного цикла. Фактор сезонности можно нивелировать за счет высушивания или замораживания ценного яблочного сырья, а также производства фитопорошков.

Яблочная выжимка является богатым источником углеводов, пектина, сырой клетчатки и минералов, и как таковой является хорошим источником питательных веществ [8]. Ценность пектина определяется возможностью комплексного воздействия на органы желудочно-кишечного тракта, пищеварительной и кровеносной систем, выраженными регенерирующими, вяжущими и противовоспалительными свойствами. Важнейшим фактором для выбора источника пектиновых веществ является наличие сырьевых ресурсов. В местах произрастания яблок или их переработки целесообразно использовать яблочные выжимки.

Между тем, яблочные выжимки служат богатым источником биологически активных веществ – витаминов С, Р, Е, β-каротина, тритерпеновых соединений, витаминов группы В, минеральных элементов (после отжатия сока в выжимках остается почти половина общего количества важнейших минеральных элементов), пищевых волокон, в том числе пектиновых веществ [9]. Пищевые волокна из разных источников используются для замены пшеничной муки при приготовлении хлебобулочных изделий.

Пищевые волокна оказывают большое влияние на технологию приготовления хлеба и его качественные показатели. Пищевые волокна могут улучшать текстуру, сенсорные характеристики и срок годности хлебобулочных изделий, благодаря их способности связывать воду и гелеобразующей способности [10–12].

Цель работы – проведение сравнительного анализа влияния гречневой и рисовой муки на технологию производства и качественные показатели хлеба пшеничного с яблочными выжимками.

Материалы и методы

Содержание всех компонентов в образцах хлеба с добавлением свежемороженых яблочных выжимок рисовой и гречневой муки определялось экспериментально. В ходе исследований при выпекании опытных партий образцов по органолептическим и физико–химическим показателям были установлены оптимальные соотношения компонентов, которые представлены в таблице 1.

Для проведения эксперимента была взята рецептура, рассчитанная на основе унифицированной на хлеб пшеничный. Контрольным образцом служил хлеб из пшеничной муки, приготовленный по унифицированной рецептуре. Рецептуры хлеба представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Рецептуры хлеба

Table 1.

Bread recipe

Сырьевой состав Raw material composition	Образец | Sample		
	Контроль | Control	№ 1	№ 2
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, г High-grade baking wheat flour, g	160	140	140
Мука гречневая, г | Buckwheat flour, g	–	20	–
Мука рисовая, г | Riceflour, g	–	–	20
Дрожжи прессованные, г | Pressed yeast, g	5,5	5,5	5,5
Вода питьевая, мл | Water, ml	110	110	110
Масло растительное, мл | Vegetable oil, ml	10	10	10
Яблочные выжимки, г | Apple pomace, g	–	30	30
Соль поваренная, г | Table salt, g	2,5	2,5	2,5
Сахар, г | Sugar, g	2,5	–	–

При разработке рецептуры хлеба пшеничного с гречневой мукой и яблочными выжимками была использована стандартная технология производства безопарным способом, с некоторыми изменениями.

Выжимки из яблок предварительно размораживали и замачивали в смеси растительного масла и теплой воды (температура воды 28–30 °С). Смесь постоянно перемешивали до однородной консистенции. Затем она выстаивалась в течение 15–20 мин. – для хлеба с добавлением рисовой муки и 5–7 мин. – для хлеба с добавлением гречневой муки. Одновременно замешивались остальные ингредиенты (мука, соль, дрожжи). После этого смесь с выжимками добавлялась в тесто.

После замешивания тесто подвергалось брожению в течение 5–7 мин. При этом температура теста поднималась до 30 °С. Затем производилась обминка, после чего процесс брожения продолжался еще 5–7 мин.

Для повышения кислотности хлеба и сокращения процесса брожения в рецептуру введено яблочное сырье. Это позволило сократить процесс брожения. Затем разливали по формам. Хлеб для расстойки помещали на 20 мин в специальную камеру. Процесс расстойки осуществлялся при температуре 34–35 °С. В результате происходило увеличение теста в объеме. Выпекали хлеб при температуре 195–205 °С. Длительность выпечки составляла 20 мин. Выпеченный хлеб постепенно охлаждали при комнатной температуре.

Для органолептической оценки была разработана шкала бальной оценки качества хлеба, в которой на каждый показатель отводилось максимальное количество баллов – 5, общая сумма баллов составляла 40 баллов [14].

Результаты и обсуждение

Оценки качественных показателей выпеченных образцов хлеба проводилась с использованием экспертного и органолептического методов. Экспертный метод основан на том, что каждый из 5 экспертов, участвующих в опросе, присваивает каждому из критериев определенный балл.

На рисунке 1 представлены образцы хлеба с добавлением свежезамороженных яблочных выжимок, выпеченных по предложенным рецептурам, представленным в таблице 1.



(a) (b) (c)

Рисунок 1. Внешней вид в разрезе выпеченных образцов хлеба: (a) контрольный образец, (b) с гречневой мукой, (c) с рисовой мукой

Figure 1. Appearance in the section of baked bread samples: (a) control sample, (b) with buckwheat flour, (c) with rice flour

Дегустаторы, используя свои органы чувств, провели оценку качества органолептических показателей разработанных образцов хлеба с использованием вторичного яблочного сырья и добавлением рисовой и гречневой муки. Полученные результаты были обработаны и на основе их составлен протокол испытаний. Средние значения органолептических показателей качества образцов хлеба приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Средние значения органолептических показателей качества образцов хлеба

Table 2.

Average values of organoleptic indicators of the quality of bread samples

Образец Samples	Баллы | Points								
	Форма Form	Поверхность Surface	Цвет Color	Пропеченность Bakedgoods	Промес Promes	Пористость Porosity	Вкус Taste	Запах Smell	Сумма баллов Sum of points
Контроль Control	4,6	4,4	4,8	4,6	4,4	4,4	4,6	4,4	36,2
1	4,6	4,8	4,6	5,0	5,0	4,6	4,8	4,8	38,2
2	4,8	4,6	4,8	5,0	5,0	5,0	5,0	4,9	39,1

Из данных таблицы 2 по результатам исследования органолептических показателей качества разработанных образцов хлеба видно, что они превосходят контрольный образец. Лучшим при этом оказался образец с добавлением рисовой муки, набравший 39,1 балла из 40 возможных. Образец хлеба с добавлением гречневой муки уступил ему 0,9 балла, набрав 38,2 баллов по всем показателям.

По показателю «форма» образец № 1 набрал 4,6 балла, образец № 2 – 4,8 балла, что соответствует требованиям ГОСТ: форма – округлая, не расплывчатая, без притисков.

Цвет у образца № 1 был светло-коричневый с равномерным распределением добавки из растительного сырья (он набрал 4,6 балла); у образца № 2 – светло-коричневый; мякиш белого цвета с легким сероватым оттенком.

По показателям «пропеченность» и «промес» оба образца получили по 5 баллов. Мякиш пропеченный, не влажный на ощупь; эластичный, после легкого надавливания пальцами принимал первоначальную форму. Комочков и следов непромеса в образцах не наблюдалось.

По показателю «пористость» образец № 1 набрал 4,6 балла: пористость развитая, без пустот и уплотнений, равномерная, но поры крупнее, чем у контрольного образца. У образца № 2 пористость развитая, без пустот и уплотнений, равномерная.

В образце хлеба № 1 вкус и запах получили по 4,8 балла: они были свойственными данному виду изделия, без постороннего привкуса и запаха. У образца № 2 вкус свойственный данному виду изделия, слегка сладковатый. По данному показателю образец набрал 5 баллов. Запах у данного образца набрал 4,9 балла: он свойственный внесенным вкусовым добавкам, без посторонних запахов.

Полученный готовый хлеб с дозировкой рисовой муки 12,5 % имел хороший внешний вид (цвет мякиша), эластичность, поверхность без трещин и надрывов. При увеличении дозировки рисовой муки в рецептуре наблюдалось ухудшение показателей реологических свойств и эластичности хлеба.

Физико-химические показатели качества продукции характеризуют качество проведения технологических процессов [15–20], поэтому их определение является неотъемлемой частью оценки качества готовой продукции.

Для разработанных образцов хлеба была проведена физико-химическая оценка качества на соответствие ГОСТ 31805–2018. В результате проведения физико-химических испытаний для выпеченных образцов хлеба получили данные, представленные в таблице 3.

Таблица 3.

Результаты проведения физико-химических испытаний для разработанных хлебов

Table 3.

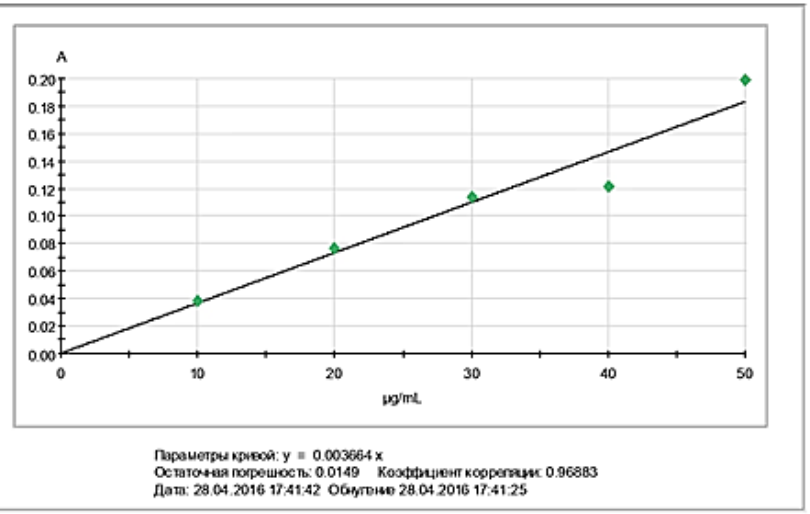
Results of physical and chemical tests for the developed loaves

Показатель Indicator	ГОСТ31805–2018 GOST 31805–2018	Образец | Sample		
		Контроль Control	1	2
Влажность мякиша, % | Humidity of the crumb, %	19–52	25,57	25,98	43,6
Кислотность мякиша, °, < | Acidity of the crumb, °, <	3,5	3,20	3,30	3,4
Пористость, %, > | Porosity, %, >	68	69,25	73,30	73,3

При сравнительном анализе полученных результатов исследуемых образцов по показателям влажность, кислотность и пористость все значения находятся в допустимых пределах и удовлетворяют требованиям. Но следует отметить, что при сравнении образца № 1 с образцом № 2 имеются значительные отклонения по влажности 25,98 % и 43,6 % соответственно. Это связано с тем, что рисовая мука не обладает влагоудерживающей способностью, что сказывается на влажности мякиша хлеба.

Хлеб с добавлением свежемороженных яблочных выжимок и заменой части пшеничной муки на рисовую или гречневую по органолептическим и физико-химическим показателям соответствовал показателям ГОСТ 31805–2018. И между собой образцы хлеба не имели значительных отличий.

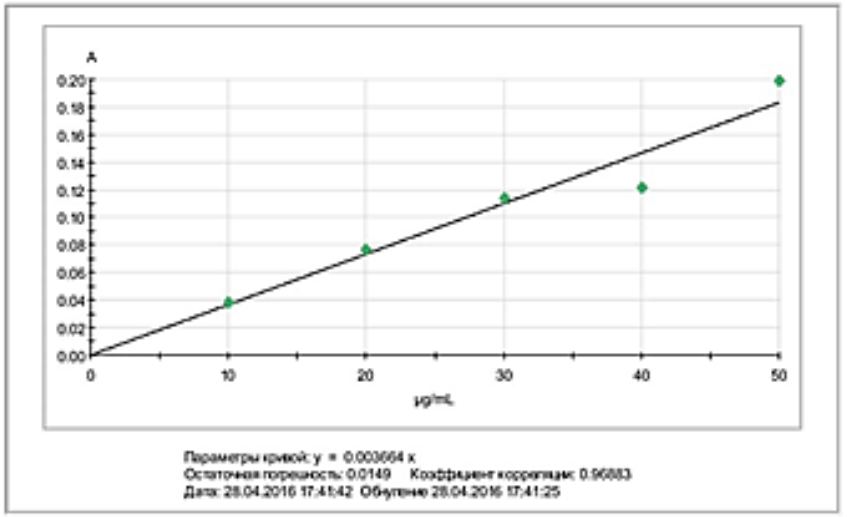
Так как яблочное сырье богато железом, то с использованием спектрофотометра были проведены исследования на определение содержание данного нутриента в разработанных образцах хлеба (рисунки 2 и 3).



Проба	Разведение Фактор	Ордината [A]	Концентрация [µg/mL]
Образец 1	1	0.078	21.21
Образец 2	1	0.069	18.91

Рисунок 3. Содержание железа в образце хлеба с добавлением гречневой муки

Figure 3. Iron content in a sample of bread with the addition of buckwheat flour



Проба	Разведение Фактор	Ордината [A]	Концентрация [µg/mL]
1	1	0.065	17.63
2	1	0.091	24.78
3	1	0.088	24.10
4	1	0.049	13.43
5	1	0.058	15.83
6	1	0.065	17.71

Рисунок 2. Содержание железа в образце хлеба с добавлением рисовой муки

Figure 2. Iron content in a sample of bread with the addition of rice flour

Согласно графиков рисунков 2 и 3 были получены средние значения содержания железа в образцах хлеба: в хлебе с добавлением рисовой муки – 18,9 мг/мл, в хлебе с добавлением гречневой муки – 20,06 мг/мл. Большая концентрация железа в образце хлеба с добавлением гречневой муки обусловлена тем, что гречневая мука в своем составе имеет также значительное содержание железа, по сравнению с рисовой мукой. Но, тем не менее, при сравнительном анализе образцов хлеба по всем исследованным показателям данная разница не так существенна.

Заключение

В ходе проведенного исследования по разработке рецептур хлебобулочных изделий с добавлением яблочного сырья и заменой части пшеничной муки рисовой и гречневой были сделаны следующие выводы:

– замачивание яблочных выжимок в растительном масле перед приготовлением теста позволяет получить хлеб с развитой пористостью и хорошим объемом. Потеря влаги происходит медленнее. Поэтому хлеб по истечении 72 часов остается свежим и не черствеет;

– продолжительность технологического процесса производства хлеба с добавлением рисовой муки увеличивается за счет увеличения продолжительности замачивания яблочных выжимок в растительном масле для лучшей связующей способности в последующем с рисовой мукой и уменьшения влажности теста;

– применение рисовой муки в количестве 12,5 % способствует увеличению автолитической активности пшеничной муки. Для получения хлеба удовлетворительного качества с рисовой мукой необходимо использовать специальные подкисляющие природные добавки. В качестве подкисляющего компонента в рецептуре использовались свежемороженные яблочные выжимки;

– готовый хлеб с добавлением рисовой и гречневой муки имел хороший внешний вид (цвет мякиша), эластичность, поверхность без трещин и надрывов. По показателям «влажность», «кислотность» и «пористость» данные образцы удовлетворяют требованиям нормативной документации;

– предлагаемые рецептуры позволяют расширить ассортимент пшеничных хлебобулочных изделий.

Литература

1 Xu J., Wang W., Li Y. Dough properties, bread quality, and associated interactions with added phenolic compounds: A review // Journal of Functional Foods. 2019. V. 52. P. 629–639. doi: 10.1016/j.jff.2018.11.052

2 Скрипникова М.К., Скрипникова Е.В., Федулова Ю.А. Семечковые культуры средней полосы России – доступный источник биологически активных веществ для обеспечения функционального питания школьников // Вопросы питания. 2014. Т. 83. № S3. С. 197–198.

3 Sardarodiyan M., Sani A.M. Natural antioxidants: sources, extraction and application in foods systems // Nutrition and Food Science. 2016. V. 46. № 3. P. 363–373. doi: 10.1108/NFS-01-2016-0005

4 Быкова Т.О., Макарова Н.В., Азаров О.И., Кузнецов А.А. Химический состав и показатели антиоксидантной активности сортовых яблок Самарской области // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2016. № 2–3. С. 21–24.

5 Тимакова Р.Т. Влияние ионизирующего излучения на изменение антиоксидантного потенциала свежих яблок // Проблемы развития АПК региона. 2019. № 3. С. 250–257.

6 Гайдукова О.П., Сокол Н.В., Чаусов В.М. Растительные сырьевые ресурсы для производства функциональных продуктов питания // Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века: сб. тр. Краснодар: Изд-во Кубанского гос. техн. ун-та, 2009. С. 130–133.

7 Перфилова О.В. Яблочные выжимки как источник биологически активных веществ в технологии продуктов питания // Новые технологии. 2017. № 4. С. 65–71.

8 Shalini R., Gupta D.K. Utilization of pomace from apple processing industries: a review // Journal of Food Science and Technology. 2010. V. 47. P. 365–371. doi: 10.1007/s13197-010-0061-x

9 Chaldaev P.A., Svechnikov A.Y. The use of apple pomace for food production // Food industry. 2014. V. 4. P. 23-28.

10 Tsatsaragkou K., Protonotariou S., Mandala I. Structural role of fibre addition to increase knowledge of non-gluten bread // Journal of Cereal Science. 2016. V. 67. P. 58-67. doi: 10.1016/j.jcs.2015.10.003

11 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. 2019. V. 83. P. 194-202. doi: 10.1016/j.tifs.2018.11.011

12 Föste M., Verheyen C., Jekle M., Becker T. Fibres of milling and fruit processing by-products in gluten-free bread making: A review of hydration properties, dough formation and quality-improving strategies // Food chemistry. 2020. V. 306. P. 125451. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125451

13 Ковалева А.Е., Пьяникова Э.А., Ткачева Е.Д., Рязанцева А.С. Оценка показателей качества хлеба пшеничного, обогащенного вторичным яблочным сырьем // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 3. С. 200–206. doi: 10.20914/2310–1202–2020–3–200–206

14 Ковалева А.Е., Пьяникова Э.А., Ткачева Е.Д. Совершенствование рецептуры и технологии хлеба пшеничного с использованием яблочных выжимок // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 2. С. 61–66. doi: 10.20914/2310–1202–2020–2–61–66.

15 Науменко Н.В., Потороко И.Ю., Калинина И.В., Малинин А.В. и др. Совершенствование технологии производства хлебобулочных изделий, полученных с использованием ингредиентов растительного происхождения // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 2. С. 108–113. doi:10.20914/2310–1202–2019–2–108–113.

16 Matos M.E., Rosell C.M. Quality indicators of rice-based gluten-free bread-like products: relationships between dough rheology and quality characteristics // Food and Bioprocess Technology. 2013. V. 6. №. 9. P. 2331-2341. doi: 10.1007/s11947-012-0903-9

17 Biletska Y., Djukareva G., Nekos A., Husliev A. et al. Investigation of Change of Quality Indicators of Gluten Free Bread During Storage // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. V. 5. №. 11. P. 107. doi: 10.15587/1729-4061.2020.215019

18 Biletska Y., Plotnikova R., Danko N., Bakirov M. et al. Substantiation of the expediency to use iodine-enriched soya flour in the production of bread for special dietary consumption // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. V. 5. №. 11. P. 48-55. doi: 10.15587/1729-4061.2019.179809

19 Morreale F., Garzón R., Rosell C.M. Understanding the role of hydrocolloids viscosity and hydration in developing gluten-free bread. A study with hydroxypropylmethylcellulose // Food Hydrocolloids. 2018. V. 77. P. 629-635. doi: 10.1016/j.foodhyd.2017.11.004

20 Dulova E.V., Kiseleva M.Y., Nasyrova Y.G., Kuzmina S. et al. Quality and consumer properties of bread baked from mixture of rye and wheat flour using iodine-containing additives // BIO Web of Conferences. EDP Sciences, 2020. V. 17. P. 00045. doi: 10.1051/bioconf/20201700045

References

1 Xu J., Wang W., Li Y. Dough properties, bread quality, and associated interactions with added phenolic compounds: A review. Journal of Functional Foods. 2019. vol. 52. pp. 629–639. doi: 10.1016/j.jff.2018.11.052

2 Skripnikova M.K., Skripnikova E.V., Fedulova Yu.A. Pome crops of central Russia - an affordable source of biologically active substances to provide functional nutrition for schoolchildren. Questions of nutrition. 2014. vol. 83. no. S3. pp. 197-198. (in Russian).

3 Sardarodiyan M., Sani A.M. Natural antioxidants: sources, extraction and application in foods systems. Nutrition and Food Science. 2016. vol. 46. no 3. pp. 363–373. doi: 10.1108/NFS-01-2016-0005

4 Bykova T.O., Makarova N.V., Azarov O.I., Kuznetsov A.A. Chemical composition and indicators of antioxidant activity of varietal apples of the Samara region. Proceedings of higher educational institutions. Food technology. 2016. no. 2-3. pp. 21-24. (in Russian).

5 Timakova R.T. The influence of ionizing radiation on the change in the antioxidant potential of fresh apples. Problems of the development of the agro-industrial complex of the region. 2019. no. 3. pp. 250–257. (in Russian).

6 Gaidukova O.P., Sokol N.V., Chausov V.M. Vegetable raw materials for the production of functional food products. Bakery, confectionery and pasta of the XXI century: collection of articles. tr. Krasnodar, Publishing house of the Kuban state. tech. University, 2009. pp. 130–133. (in Russian).

7 Perfilova O.V. Apple pomace as a source of biologically active substances in food technology. New technologies. 2017. no. 4. pp. 65–71. (in Russian).

8 Shalini R., Gupta D.K. Utilization of pomace from apple processing industries: a review. Journal of Food Science and Technology. 2010. vol. 47. pp. 365–371. doi: 10.1007/s13197-010-0061-x

9 Chaldaev P.A., Svechnikov A.Y. The use of apple pomace for food production. Food industry. 2014. vol. 4. pp. 23-28.

10 Tsatsaragkou K., Protonotariou S., Mandala I. Structural role of fibre addition to increase knowledge of non-gluten bread. Journal of Cereal Science. 2016. vol. 67. pp. 58-67. doi: 10.1016/j.jcs.2015.10.003

11 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. 2019. vol. 83. pp. 194-202. doi: 10.1016/j.tifs.2018.11.011

12 Föste M., Verheyen C., Jekle M., Becker T. Fibres of milling and fruit processing by-products in gluten-free bread making: A review of hydration properties, dough formation and quality-improving strategies. Food chemistry. 2020. vol. 306. pp. 125451. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125451

13 Kovaleva A.E., Pyanikova E.A., Tkacheva E.D., Ryazantseva A.S. Assessment of quality indicators of wheat bread, enriched with secondary apple raw materials. Proceedings of VSUET. 2020. vol. 82. no. 3. pp. 200–206. doi: 10.20914/2310–1202–2020–3–200–206 (in Russian).

14 Kovaleva A.E., Pyanikova E.A., Tkacheva E.D. Improving the recipe and technology of wheat bread using apple pomace. Proceedings of VSUET. 2020. vol. 82. no. 2. pp. 61–66. doi: 10.20914 / 2310–1202–2020–2–61–66 (in Russian).

15 Naumenko N.V., Potoroko I.Yu., Kalinina I.V., Malinin A.V. et al. Improving the technology of production of bakery products obtained with the use of ingredients of vegetable origin. Proceedings of VSUET. 2019. vol. 81. no. 2. pp. 108–113. doi: 10.20914 / 2310-1202-2019-2-108-113 (in Russian).

16 Matos M.E., Rosell C.M. Quality indicators of rice-based gluten-free bread-like products: relationships between dough rheology and quality characteristics. Food and Bioprocess Technology. 2013. vol. 6. no. 9. pp. 2331-2341. doi: 10.1007/s11947-012-0903-9

17 Biletska Y., Djukareva G., Nekos A., Husliev A. et al. Investigation of Change of Quality Indicators of Gluten Free Bread During Storag. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. vol. 5. no. 11. pp. 107. doi: 10.15587/1729-4061.2020.215019

18 Biletska Y., Plotnikova R., Danko N., Bakirov M. et al. Substantiation of the expediency to use iodine-enriched soya flour in the production of bread for special dietary consumption. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. vol. 5. no. 11. pp. 48-55. doi: 10.15587/1729-4061.2019.179809

19 Morreale F., Garzón R., Rosell C.M. Understanding the role of hydrocolloids viscosity and hydration in developing gluten-free bread. A study with hydroxypropylmethylcellulose. Food Hydrocolloids. 2018. vol. 77. pp. 629-635. doi: 10.1016/j.foodhyd.2017.11.004

20 Dulova E.V., Kiseleva M.Y., Nasyrova Y.G., Kuzmina S. et al. Quality and consumer properties of bread baked from mixture of rye and wheat flour using iodine-containing additives. BIO Web of Conferences. EDP Sciences, 2020. vol. 17. pp. 00045. doi: 10.1051/bioconf/20201700045

Сведения об авторах

Мария А. Заикина к.т.н., доцент, кафедра товароведения, технологии и экспертизы товаров, Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, Россия, zaikina.marija@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-6457-6442

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@ya.ru
https://orcid.org/0000-0001-7807-1755

Эльвира А. Пьяникова к.т.н., доцент, кафедра товароведения, технологии и экспертизы товаров, Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, alia1969@ya.ru
https://orcid.org/0000-0003-4424-7323

Анастасия С. Рязанцева студент, кафедра товароведения, технологии и экспертизы товаров, Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, an.ryazantseva2016@ya.ru

Information about authors

Maria A. Zaikina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, commodity science, technology and examination of goods department, South-West State University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia, zaikina.marija@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-6457-6442

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@ya.ru
https://orcid.org/0000-0001-7807-1755

Elvira A. Pyanikova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, commodity science, technology and examination of goods department, South-West State University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia, alia1969@ya.ru
https://orcid.org/0000-0003-4424-7323

Anastasia S. Ryazantseva student, commodity science, technology and examination of goods department, South-West State University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia, an.ryazantseva2016@ya.ru

Вклад авторов

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

Contribution

All authors are equally involved 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 15/04/2021	**После редакции** 13/05/2021	**Принята в печать** 01/06/2021
Received 15/04/2021	**Accepted in revised** 13/05/2021	**Accepted** 01/06/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-87-92 Оригинальная статья/Research article
УДК 664.165 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Получение глюкозо-фруктозного сиропа из якона

Татьяна И. Романюк [1] tafursova@yandex.ru 0000-0001-8813-9901
Алла Е. Чусова [1] hycovai@mail.ru 0000-0003-1237-4870
Михаил П. Тарарыков [1] cmitttt@mail.ru
Наталья А. Матвиенко [1] natali25_81@mail.ru 0000-0003-4777-003X

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

Аннотация. Использование инулинсодержащего сырья для получения глюкозо-фруктозного сиропа позволяет значительно уменьшить в нем количество глюкозы, а долю фруктозы увеличить до 97%. В связи с этим целью исследований явилось изучение процесса получения глюкозо-фруктозных сиропов биоконверсией инулинсодержащего сырья якона. Деполимеризацию фруктанов осуществляют ферментом инулиназой, гидролизующей полимер до фруктозы и сахарозы. Объектом исследования служили корнеплоды якона с содержанием инулина 17,3%, ферментный препарат инулиназа из A. awamori 2250. Рациональным режимом гидротермообработки клубней якона является: температура 85 °С, продолжительность 30 мин, гидромодуль 1:0,5. Рациональные режимы осахаривания якона ферментным препаратом инулоаваморин П10х: pH 5,5; дозировка ферментного препарата 14 единиц на 1 инулина якона, температура 50 °С для якона, продолжительность гидролиз 3,5–4 часа. Таким образом, нами подобраны рациональные режимы осахаривания якона ферментным препаратом инулоаваморин П10х: pH 5,5; дозировка ферментного препарата 14 единиц на 1 инулина якона, температура 50 °С для якона, продолжительность гидролиз 3,5–4 часа. Получен фруктозо-глюкозный сироп, представляющий собой вязкую жидкость без осадка и посторонних включений. Цвет от желтого до светло-коричневого различной интенсивности, вкус сладкий без горечи. Запах, как правило, отсутствует, при этом допускается легкий фруктовый или карамельный аромат. По физико-химическим свойствам фруктозо-глюкозный сироп имеет следующие показатели: сухие вещества 70–80%; редуцирующие вещества 88–90% в пересчете на абсолютно сухое вещество; фруктоза 87 89% в пересчете на абс. сухое вещество; глюкоза 1% в пересчете на абс. сухое вещество; остаточное содержание инулина 1–2% в пересчете на абс. сухое вещество; белковые вещества 6–6,5% в пересчете на абс. сухое вещество; содержание золы 4% в пересчете на абс. сухие вещества. Энергетическая ценность фруктозо глюкозного сиропа составляет 315 ккал/100 г.

Ключевые слова: якон, глюко-фруктозный сироп, инулин, инулиназа, биоконверсия

Preparation of glucose-fructose syrup from yacon

Tatiana I. Romanyuk [1] tafursova@yandex.ru 0000-0001-8813-9901
Alla E. Chusova [1] hycovai@mail.ru 0000-0003-1237-4870
Mikhail P. Tararykov [1] cmitttt@mail.ru
Natalya A. Matvienko [1] natali25_81@mail.ru 0000-0003-4777-003X

1 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The use of inulin-containing raw materials for the production of glucose-fructose syrup helps to significantly reduce the amount of glucose in it, and increase the proportion of fructose to 97%. The purpose of the research is to study the process of obtaining glucose-fructose syrups by bioconversion of inulin - containing raw materials-yacon. Depolymerization of fructans is carried out by the enzyme inulinase, which hydrolyzes the polymer to fructose and sucrose. The object of the study was yacon root vegetables with an inulin content of 17.3 %, the enzyme preparation inulinase from A. awamori 2250. The rational mode of hydrothermal treatment of yacon tubers is: temperature-85 C, duration-30 minutes, hydromodule-1: 0.5. Rational modes of saccharification of yacon with the enzyme preparation inuloavamorin P10x: pH 5.5; dosage of the enzyme preparation 14 units per 1 yacon inulin, temperature 50 oC for yacon, duration of hydrolysis 3.5-4 hours. Thus, we have selected rational modes of saccharification of yacon with the enzyme preparation inuloavamorin P10x: pH 5.5; the dosage of the enzyme preparation is 14 units per 1 inulin of yacon, the temperature is 50 oC for yacon, the duration of hydrolysis is 3.5-4 hours. The resulting fructose-glucose syrup, which is a viscous liquid without sediment and foreign inclusions. The color – from yellow to light brown, with varying intensity, the taste is sweet with no bitterness. The smell is usually absent, while a light fruity or caramel flavor is allowed. According to the physical and chemical properties of fructose-glucose syrup has the following indicators: dry substances-70-80 %; reducing substances-88-90% in terms of absolutely dry matter; fructose-87-89% in terms of abs. dry matter; glucose-1% in terms of abs. dry matter; residual inulin content-1-2% in terms of abs. dry matter; protein substances - 6-6. 5% in terms of abs. dry matter; ash content – 4% in terms of abs.dry matter. The energy value of fructose-glucose syrup is 315 kcal/100 g.

Keywords: yacon, gluco-fructose syrup, inulin, inulinase, bioconversion

Введение

В настоящее время происходит интенсивный рост производства заменителей сахара, особенно углеводной группы, в частности, глюкозно-фруктозных сиропов (ГФС). По своему составу и биологической ценности они превосходят сахарозу, обладают хорошей влагоудерживающей способностью, высокой гигроскопичностью. Высокие бактерицидные свойства сиропов характеризуются постоянным химическим составом, низкой вязкостью. ГФС являются перспективными заменителями сахара при выработке хлебобулочных, кондитерских и молочных продуктов, безалкогольных напитков и консервов т. д. [1–2].

Обычно глюкозо-фруктозные сиропы получают кислотным или ферментативным гидролизом крахмала зерновых культур или сахарозы с последующей изомеризацией глюкозы во фруктозу. При кислотном гидролизе образуются побочные продукты (фурфурол,

Для цитирования
Романюк Т.И., Чусова А.Е, Тарарыков М.П., Матвиенко Н.А. Получение глюкозо-фруктозного сиропа из якона // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 87–92. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-87-92

For citation
Romanyuk T.I., Chusova A.E., Tararykov M.P., Matvienko N.A. Preparation of glucose-fructose syrup from yacon. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 87–92. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-87-92

© 2021, Романюк Т.И. и др. / Romanyuk T.I. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

оксиметилфурфурол, гидроксиметилфурфурол), имеющие токсические свойства. Кроме того, сам процесс протекает в довольно жестких условиях и требует нейтрализации кислоты, которая придает сиропам солоноватый привкус. Для улучшения качества ГФС и повышения их биологической ценности, кислотный гидролиз заменяют ферментативным [3, 4].

Перспективным является производство ГФС гидролизом полифруктана инулина, содержащегося в нетрадиционном сельскохозяйственном сырье – яконе [5].

Якон (*Polimnia sonchifolia*) с древних времен разводят в Перу и других латиноамериканских странах, он является дальним родственником подсолнечника и топинамбура, выращивается для получения съедобных корневых клубней. Якон используют для получения сахара, инулина и спирта, а также как кормовое растение. В настоящее время интродуцирован в США, Новой Зеландии, Японии, Западной Европе, России и Молдове. Корневые клубни якона значительно различаются по форме, размеру и сладости. Масса их составляет 100–500 г. Свежие корнеплоды якона содержат 69–83% воды, 0,4–2,2% белка и 20% сахаров, состоящих в основном из инулина. Отмечают высокое содержание в корневых клубнях калия. Якон используют для получения сахара, инулина и спирта, а также как кормовое растение [6–8].

Использование инулинсодержащего сырья для получения глюкозо-фруктозного сиропа позволяет значительно уменьшить в нем количество глюкозы, а долю фруктозы увеличить до 97% [2].

Деполимеризацию фруктанов осуществляют ферментом инулиназой (КФ 3.2.1.7; 2,1-β-D-фруктан-фруктаногидролаза), гидролизующей полимер до фруктозы и сахарозы. Продуцентами, имеющими промышленное значение, являются грибы рода Aspergillus и дрожжи Kluyveromyces. Представляют интерес также бактериальные инулиназы, обладающие высокой термостабильности [9, 10–20].

Цель работы – изучение процесса получения глюкозо-фруктозных сиропов биоконверсией инулинсодержащего сырья – якона.

Материалы и методы

Объектом исследования служили корнеплоды якона с содержанием инулина 17,3%, ферментный препарат инулиназа из A. awamori 2250.

Инулиназную активность определяли, используя в качестве субстрата 2% раствор инулина. Гидролиз проводили при температуре 50 °С, pH 4,7 в течение 20 минут. Об активности фермента судили по накоплению редуцирующих веществ, которые определяли по Бертрану полумикрометодом. За единицу инулиназной активности принимали такое количество фермента, которое катализирует образование 1 мкМ редуцирующих веществ за 1 минуту

Содержание инулина в растительном сырье определяли полумикрометодом Бертрана, определение фруктозы проводили методом Кольтгофа.

Клубни якона предварительно подвергали сортировке и мойке. В связи с действием полифенолоксидазы, находящейся в клубнях, измельченные корнеплоды темнеют, что неблагоприятно сказывается на окраске полученного сиропа. Поэтому для инактивации тирозиназы клубни подвергали бланшировке – обваривали в воде с температурой 85 °С в течение 3 минут, обработанные клубни измельчали до размера частиц 1–3 мм.

Результаты и обсуждение

Существует много способов предварительной подготовки якона к гидролизу с целью наиболее полного выделения инулина. Наиболее приемлемой для промышленных масштабов является гидротермообработка измельченных клубней.

Основными факторами, влияющими на процесс перехода инулина из клубней в раствор, являются: температура, гидромодуль (соотношение измельченных клубней и воды), а также продолжительность обработки.

Исследование влияния температуры на процесс перехода инулина из клубней в раствор проводили в интервале температур 85–100 °С. Измельченные корнеплоды помещали в колбы, содержимое заливали дистиллированной водой в количестве 1:1, проводили тепловую обработку в течение 20 минут, затем исследовали количество инулина, оставшееся в мезге и перешедшее в жидкую фазу.

Экспериментальные данные (рисунок 1) показали, что оптимальной температурой выхода инулина из клубня якона является 85–87 °С. Дальнейшее повышение температуры уменьшает выход полисахарида, а количество сахаров возрастает, по-видимому, это связано с термическим разложением инулина.

Изучение влияния количества воды на переход инулина из клубней якона проводили при температуре 85° С в течение 30 минут.

Экспериментальные данные (рисунок 2) показали, что с увеличением количества добавляемой воды к массе измельченных корнеплодов, увеличивается масса инулина, перешедшего в жидкую фазу. Наибольший выход инулина наблюдался при соотношении измельченных корнеплодов и воды 1:0,5.

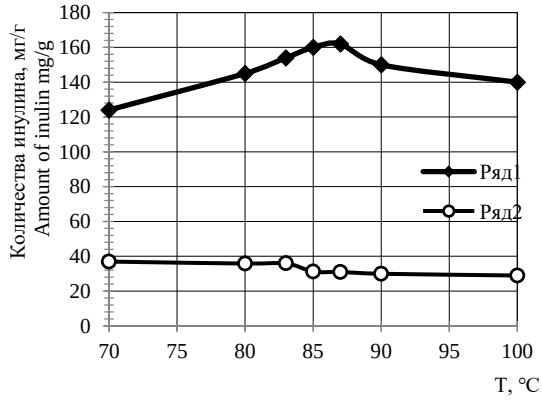


Рисунок 1. Изменение количества инулина в процессе разваривания якона 1 – перешедшее в фильтрат; 2 – остающееся в мезге

Figure 1. Change in the amount of inulin in the process of boiling yacon 1-transferred to the filtrate; 2-remaining in the pulp

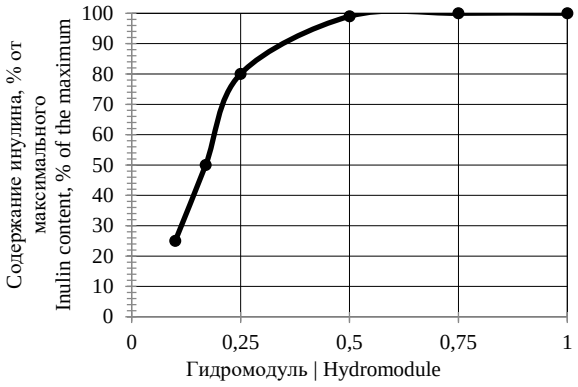


Рисунок 2. Влияние гидромодуля на переход инулина в жидкую фазу при разваривании якона, % от максимального

Figure 2. Effect of the hydromodule on the transition of inulin to the liquid phase during the boiling of the yacon, % of the maximum

Далее было изучено влияние продолжительности гидротермообработки на процесс извлечения инулина из тканей корнеплодов якона. Процесс разваривания осуществляли в интервале времени 15–60 мин при ранее подобранной температуре. На рисунке 3 показано влияние продолжительности разваривания инулинсодержащего сырья на переход инулина в раствор. Как видно из рисунка, минимальное количество инулина, остающееся в мезге якона достигается при продолжительности разваривания 30 мин. При этом практически все сахара переходят в раствор. Таким образом, оптимальной для перехода сахаров в жидкую фазу является продолжительность процесса гидротермообработки 30 мин.

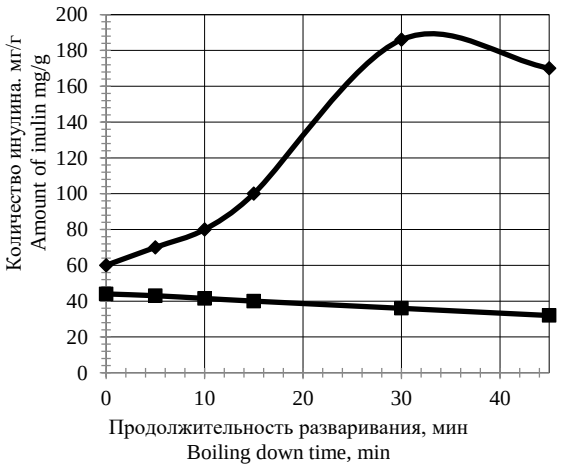


Рисунок 3. Влияние продолжительности разваривания якона на переход инулина в жидкую фазу: 1 – перешедшее в фильтрат, мг; 2 – остающееся в мезге, мг

Figure 3. The effect of the duration of yacon boiling on the transition of inulin to the liquid phase: 1-transferred to the filtrate, mg; 2-remaining in the pulp, mg

Таким образом, рациональным режимом гидротермообработки клубней якона является: температура – 85 °С, продолжительность – 30 мин, гидромодуль – 1:0,5.

Гидролиз инулина – важная технологическая операция при получении фруктозных сиропов и фруктозы из инулина. Исследован процесс ферментативного гидролиза инулина, содержащегося в яконе препаратом инулоаваморин П10х с инулиназной активностью 600 ед./г. Проведенные во Всероссийском научно-исследовательском ветеринарном институте патологии, фармакологии и терапии (НИВИПФиТ) токсикологические испытания показали отсутствие общей токсикологичности у препарата инулоаваморин П10х, что позволит применять его в пищевой промышленности.

Основными факторами, влияющими на процесс осахаривания инулинсодержащего сырья, являются: pH реакционной среды, дозировка ферментного препарата, температура и продолжительность процесса. Оптимальными условиями действия инулоаваморина П10х являются pH среды 5,5, температура 50 °С.

Изучение влияния температуры на процесс ферментативного гидролиза инулинсодержащего сырья проводили при дозировке инулоаваморина 14 единиц на 1 г инулина в интервале температур 40–60 °С.

Динамика гидролиза якона при различных температурах представлена на рисунке 4. Максимальное расщепление инулина (100%) наблюдается через 3,5 ч ферментации якона при температуре 50 °С. Повышение температуры до 60 °С способствует уменьшению активности фермента, а, следовательно, и степени осахаривания инулинсодержащего сырья, что, вероятно, связано с термической инактивацией фермента.

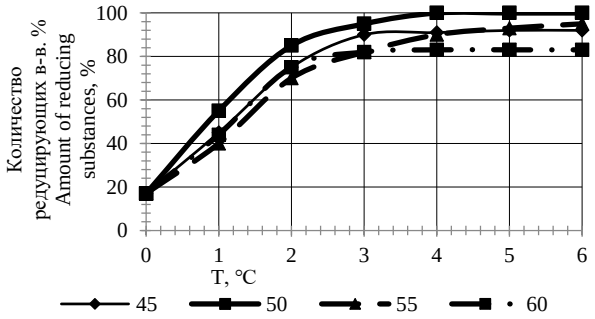


Рисунок 4. Влияние температуры на осахаривание якона при дозировке ферментного препарата 14 ед./г инулина

Figure 4. The effect of temperature on the saccharification of yacon at the dosage of the enzyme preparation 14 u/g inulin

При изучении влияния дозировки инулоаваморина П10х на степень осахаривания инулинсодержащего сырья гидролиз полисахарида осуществляли в мезге при оптимальных условиях действия используемого ферментного препарата, который вносили в количестве 10 – 18 единиц на 1 г инулина.

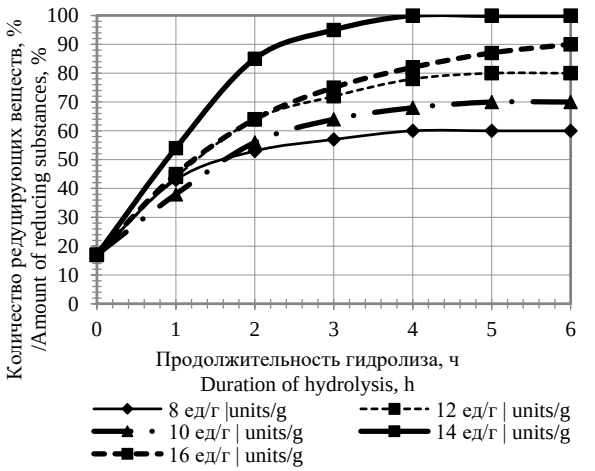


Рисунок 5. Динамика осахаривания якона при различной дозировке ферментного препарата

Figure 5. Dynamics of saccharification of yacon at different dosages of the enzyme preparation

Анализ экспериментальных данных (рисунок 5) показал, что оптимальной дозировкой инулоаваморина при гидролизе инулина, содержащегося в яконе является 14 единиц (максимальное количество редуцирующих веществ 95–100%). При этом продолжительность гидролиза инулина составляет 3,5 – 4 ч. Внесение ферментного препарата в меньших количествах не зависимо от используемого сырья позволяет получить гидролизаты с содержанием редуцирующих веществ не более 70 – 90%. Увеличение дозировки инулоаваморина способствует некоторому снижению скорости реакции при приближении к полному гидролизу инулина. Это вполне логичные результаты, согласующиеся с традиционной обратно пропорциональной зависимостью концентрации фермента и продолжительности процесса.

Таким образом, нами подобраны рациональные режимы осахаривания якона ферментным препаратом инулоаваморин П10х: pH 5,5; дозировка ферментного препарата 14 единиц на 1 инулина якона, температура 50 °С для якона, продолжительность гидролиз 3,5–4 часа.

От полученных гидролизатов прессованием мезгу отделяли, полученный фильтрат осветляли путем пропускания его через адсорбент. В качестве адсорбента служил активированный уголь. Осветленный гидролизат упаривали под вакуумом при температуре 60–70 °С до получения сиропа, содержащего не менее 70% сухих веществ.

Заключение

Полученный фруктозо-глюкозный сироп представляет собой вязкую жидкость без осадка и посторонних включений. Цвет – от желтого до светло-коричневого различной интенсивности, вкус – сладкий без горечи. Запах, как правило, отсутствует, при этом допускается легкий фруктовый или карамельный аромат.

По физико-химическим свойствам фруктозо-глюкозный сироп имеет следующие показатели: сухие вещества 70–80%; редуцирующие вещества 88–90% в пересчете на абсолютно сухое вещество; фруктоза 87–89% в пересчете на абс. сухое вещество; глюкоза 1% в пересчете на абс. сухое вещество; остаточное содержание инулина 1–2% в пересчете на абс. сухое вещество; белковые вещества 6–6,5% в пересчете на абс. сухое вещество; содержание золы 4% в пересчете на абс. сухие вещества. Энергетическая ценность фруктозо глюкозного сиропа составляет 315 ккал/100 г.

Получен фруктозо-глюкозный сироп, который может использоваться в различных отраслях пищевой промышленности.

Литература

1 Маргиева З.З. Использование сиропа якона при производстве кисломолочных напитков // Научные труды студентов Горского государственного аграрного университета «Студенческая наука-агропромышленному комплексу». 2019. С. 308-310.

2 Булавинова О.В. Нетрадиционные растения – заменители сахара при диабете // В сборнике: Образование, наука, производство – 2017. 2017. С. 229–231.

3 Кореяман Я.И., Рудниченко Е.С., Мельникова Е.И., Нифталиев С.И. и др. Экстрагирование физиологически ценных компонентов натурального подсластителя якона // Химическая технология. 2008. Т. 9. № 12. С. 626–627.

4 Adriano L.S., Dionísio A.P., Pinto de Abreu F.A., Ferreira Carioca A.A. et al. Acute postprandial effect of yacon syrup ingestion on appetite: A double blind randomized crossover clinical trial // Food Research International. 2020. V. 137. P. 109648. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109648

5 Холявка М.Г., Ковалева Т.А. Разработка гетерогенного биокатализатора реакции гидролиза инулина для получения фруктозных сиропов // В сборнике: Актуальные вопросы медицинской науки. сборник научных работ студентов и молодых ученых Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 1000-летию г. Ярославля. ГОУ ВПО "Ярославская государственная медицинская академия Федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию", 2010. С. 30–31.

6 Терещенко Ю.В. Трактовка основных показателей вариабельности ритма сердца // Новые медицинские технологии на службе первичного звена здравоохранения: материалы межрегиональной конференции. 2010. С. 3–11.

7 Османьян Р.Г. характеристика корнеплодов якона и продуктов его переработки [использование пюре из якона (polymnia sonchifolia, compositae) при производстве функциональных хлебобулочных изделий] // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. 2009. № 1. С. 42.

8 Кононков П.Ф. Интродукция якона в России. Москва, 2011.

9 Цугкиева В.Б., Гулуева Д.Т., Содержание питательных веществ в биомассе якона // Известия Горского государственного аграрного университета. 2011. Т. 48. № 1. С. 117–118.

10 Шереметова С.Г., Голованева А.М. перспективы использования экстрактов и сиропов стевии и якона в кисломолочных продуктах // Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство: материалы IV Международной заочной научно-технической конференции. Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2017. С. 102–104.

11 Шереметова С.Г., Байдичева О.В., Хрипушин В.В., Рудаков О.Б. и др. Контроль цветности и концентрации сиропов стевии, топинамбура, цикория и якона с применением цифровой фотографии // Современные проблемы технологии производства, хранения, переработки и экспертизы качества сельскохозяйственной продукции: материалы Международной научно-практической конференции. 2007. С. 356–360.

12 Голованева О.М., Шереметова С.Г. Перспективы использования экстрактов и сиропов стевии и якона в кисломолочных продуктах // Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство. 2018. С. 307-310.

13 Дзантиева Л. Б., Цугкиева В. Б., Гулуева Д. Т. Использование якона, интродуцированного в Рсо-Алания, для приготовления мармелада // Инновационные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции. 2019. С. 420-422.

14 Ермоленкова Г.В. Якон-надежда 21 века // Наше сельское хозяйство. 2019. №. 9. С. 78-81.

15 Flores A.C., Morlett J.A., Rodríguez R. Inulin potential for enzymatic obtaining of prebiotic oligosaccharides // Critical reviews in food science and nutrition. 2016. V. 56. №. 11. P. 1893-1902. doi: 10.1080/10408398.2013.807220

16 Ahmed W., Rashid S. Functional and therapeutic potential of inulin: A comprehensive review // Critical reviews in food science and nutrition. 2019. V. 59. №. 1. P. 1-13. doi: 10.1080/10408398.2017.1355775

17 Vogt L., Meyer D., Pullens G., Faas M. et al. Immunological properties of inulin-type fructans // Critical reviews in food science and nutrition. 2015. V. 55. №. 3. P. 414-436. doi: 10.1080/10408398.2012.656772

18 Xu W., Ni D., Zhang W., Guang C. et al. Recent advances in Levansucrase and Inulosucrase: evolution, characteristics, and application // Critical reviews in food science and nutrition. 2019. V. 59. №. 22. P. 3630-3647. doi: 10.1080/10408398.2018.1506421

19 Rawat H.K., Soni H., Treichel H., Kango N. Biotechnological potential of microbial inulinases: recent perspective // Critical reviews in food science and nutrition. 2017. V. 57. №. 18. P. 3818-3829. doi: 10.1080/10408398.2016.1147419

20 Ho Do M., Seo Y.S., Park H.Y. Polysaccharides: bowel health and gut microbiota // Critical reviews in food science and nutrition. 2020. P. 1-13. doi: 10.1080/10408398.2020.1755949

References

1 Margieva Z.Z. The use of yacon syrup in the production of fermented milk drinks. Scientific works of students of the Gorsk State Agrarian University "Student Science for the Agroindustrial Complex". 2019. pp. 308-310. (in Russian).

2 Bulavinova O.V. Non-traditional plants - sugar substitutes for diabetes. In the collection: Education, science, production - 2017. 2017. P. 229–231. (in Russian).

3 Koreyaman Ya.I., Rudnichenko E.S., Melnikova E.I., Niftaliev S.I. et al. Extraction of physiologically valuable components of the natural sweetener yacon. Chemical technology. 2008. vol. 9. no. 12. pp. 626–627. (in Russian).

4 Adriano L.S., Dionísio A.P., Pinto de Abreu F.A., Ferreira Carioca A.A. et al. Acute postprandial effect of yacon syrup ingestion on appetite: A double blind randomized crossover clinical trial. Food Research International. 2020. vol. 137. pp. 109648. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109648

5 Kholyavka M.G., Kovaleva T.A. Development of a heterogeneous biocatalyst for the inulin hydrolysis reaction for the production of fructose syrups. In the collection: Actual problems of medical science. collection of scientific works of students and young scientists of the All-Russian scientific-practical conference with international participation, dedicated to the 1000th anniversary of Yaroslavl. GOU VPO "Yaroslavl State Medical Academy of the Federal Agency for Healthcare and Social Development", 2010. pp. 30–31. (in Russian).

6 Tereshchenko Yu.V. Interpretation of the main indicators of heart rate variability. New medical technologies in the service of primary health care: materials of the interregional conference. 2010. pp. 3–11. (in Russian).

7 Osmanyan R.G. characteristic of yacon root crops and products of its processing [use of yacon puree (polymnia sonchifolia, compositae) in the production of functional bakery products]. Food and processing industry. Abstract journal. 2009. no. 1. pp. 42. (in Russian).

8 Kononkov P.F. Introduction of yacon in Russia. Moscow, 2011. (in Russian).

9 Tsugkieva V.B., Guluyeva D.T., Nutrient content in the biomass of yacon. News of the Mountain State Agrarian University. 2011. vol. 48. no. 1. pp. 117–118. (in Russian).

10 Sheremetova S.G., Golovaneva A.M. Prospects for the use of stevia and yacon extracts and syrups in fermented milk products. Innovative technologies in the food industry: science, education and production: materials of the IV International correspondence scientific and technical conference. Voronezh State University of Engineering Technologies, 2017. pp. 102–104. (in Russian).

11 Sheremetova S.G., Baidicheva O.V., Khripushin V.V., Rudakov O.B. et al. Color control and concentration of stevia, Jerusalem artichoke, chicory and yacon syrups using digital photography. Modern problems of production technology, storage, processing and examination of the quality of agricultural products: materials of the International Scientific and Practical Conference. 2007. pp. 356–360. (in Russian).

12 Golovaneva O.M., Sheremetova S.G. Prospects for the use of stevia and yacon extracts and syrups in fermented milk products. Innovative technologies in the food industry: science, education and production. 2018. pp. 307-310. (in Russian).

13 Dzantieva L.B., Tsugkieva V.B., Guluyeva D.T. The use of yacon introduced in Rso-Alania for the preparation of marmalade. Innovative technologies for the production and processing of agricultural products. 2019. pp. 420-422. (in Russian).

14 Ermolenkova G.V. Yacon-Hope of the 21st Century. Our Agriculture. 2019. no. 9. pp. 78-81. (in Russian).

15 Flores A.C., Morlett J.A., Rodríguez R. Inulin potential for enzymatic obtaining of prebiotic oligosaccharides. Critical reviews in food science and nutrition. 2016. vol. 56. no. 11. pp. 1893-1902. doi: 10.1080/10408398.2013.807220

16 Ahmed W., Rashid S. Functional and therapeutic potential of inulin: A comprehensive review. Critical reviews in food science and nutrition. 2019. vol. 59. no. 1. pp. 1-13. doi: 10.1080/10408398.2017.1355775

17 Vogt L., Meyer D., Pullens G., Faas M. et al. Immunological properties of inulin-type fructans. Critical reviews in food science and nutrition. 2015. vol. 55. no. 3. pp. 414-436. doi: 10.1080/10408398.2012.656772

18 Xu W., Ni D., Zhang W., Guang C. et al. Recent advances in Levansucrase and Inulosucrase: evolution, characteristics, and application. Critical reviews in food science and nutrition. 2019. vol. 59. no. 22. pp. 3630-3647. doi: 10.1080/10408398.2018.1506421

19 Rawat H.K., Soni H., Treichel H., Kango N. Biotechnological potential of microbial inulinases: recent perspective. Critical reviews in food science and nutrition. 2017. vol. 57. no. 18. pp. 3818-3829. doi: 10.1080/10408398.2016.1147419

20 Ho Do M., Seo Y.S., Park H.Y. Polysaccharides: bowel health and gut microbiota. Critical reviews in food science and nutrition. 2020. pp. 1-13. doi: 10.1080/10408398.2020.1755949

Сведения об авторах

Татьяна И. Романюк к.т.н., доцент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, tafursova@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0001-8813-9901

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
https://orcid.org/0000-0003-1237-4870

Михаил П. Тарарыков студент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, cmitttt@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
https://orcid.org/0000-0003-4777-003X

Information about authors

Tatiana I. Romanyuk Cand. Sci. (Engin.), associate professor, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, tafursova@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0001-8813-9901

Alla E. Chusova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, hycovai@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-1237-4870

Mikhail P. Tararykov student, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, cmitttt@mail.ru

Natalya A. Matvienko associate professor, Department of fermentation and sugar production technology, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia ,natali25_81@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-4777-003X

Вклад авторов

Татьяна И. Романюк обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, написала рукопись

Алла Е. Чусова выполнила расчёты, консультация в ходе исследования

Михаил П. Тарарыков корректировал рукопись её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Наталья А. Матвиенко предложил методику проведения эксперимента

Contribution

Tatiana I. Romanyuk review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Alla E. Chusova performed calculations, consultation in the course of the study

Mikhail P. Tararykov corrected the manuscript before submitting it to the editor and is responsible for plagiarism

Natalya A. Matvienko proposed a scheme of the experiment

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 12/04/2021	**После редакции** 17/05/2021	**Принята в печать** 01/06/2021

Received 12/04/2021	**Accepted in revised** 17/05/2021	**Accepted** 01/06/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-93-101 Оригинальная статья/Research article
УДК 663.433 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Подбор оптимальных условий получения солода из гречихи

Алла Е. Чусова [1] hycovai@mail.ru 0000-0003-1237-4870
Татьяна И. Романюк [1] tafursova@yandex.ru 0000-0001-8813-9901
Геннадий В. Агафонов [1] gvagafonov@mail.ru 0000-0002-2133-5606
Михаил П. Тарарыков [1] cmitttt@mail.ru
Наталья В. Зуева [1] nataspirt30@yandex.ru 0000-0003-2840-398X

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

Аннотация. Для расширения ассортимента отечественного рынка специализированных продуктов (в том числе лечебного и профилактического характера) для категории потребителей, страдающих непереносимостью глютена может использоваться гречиха. В промышленных масштабах гречишный солод в России не производят, его закупают в европейских странах. Для производства гречишного солода необходимо знать параметры переработки отечественных сортов гречихи. С помощью математических методов планирования проводили прогнозирование влияние основных факторов проращивания гречихи на активность ее гидролитических ферментов для получения солода с высокой ферментативной способностью. Исследовали гречиху сорта Дикуль. Замачивание гречихи проводили воздушно-водяным способом при температуре 15–16 °С в водопроводной воде до относительной влажности 46–50 %, причём воздушные и водяные паузы чередовали каждые 4 часа. Проращивание проводили в течение 6–7 суток при температуре 15–16 °С до достижения максимальной активности гидролитических ферментов амилолитического и протеолитического действия. Пророщенное зерно подвергали ферментации, для чего оставляли в покое на 12–24 часа до тех пор, пока температура в среднем слое не повысится до 50–55 °С, ворошили и продували кондиционированным воздухом с такой интенсивностью, чтобы влажность солода была 50–52 %, а температура во всех слоях 67–68 °С в течение 5 суток. Сушку проводили с постепенным увеличением температуры от 67–68 °С до 74–75 °С в течение 16 ч до достижения величины влажности 5–6 %. Прогнозировали, как влияют основные факторы проращивания гречихи на активность ее гидролитических ферментов. Основные факторы, влияющие на активность ферментов при проращивании: температура солодоращения, °С; влажность солодоращения, %; продолжительность солодоращения, сут. Критерием оценки влияния выбранных параметров служили способности, ед/г сухих веществ: амилолитическая, осахаривающая, и протеолитическая. Для статистической обработки данных исследования применяли центральное ротатабельное униформпланирование, которое позволяло в ходе 20 экспериментов в 3-х кратной повторности получить уравнение регрессии адекватно описывающее процесс проращивания гречихи. Для оценки адекватности математической модели был проведен дисперсионный анализ (ANOVA) эксперимента в программе Design Expert (Stat-EaseInc.). Получены следующие значения выходных параметров, ед/г сухих веществ – амилолитическая способность 326,7, осахаривающая способность 40,9 и протеолитическая способность 381,9 ед./г. при соответствующих входных: температура 15 °С; влажность 48%; продолжительность солодоращения 6 сут.

Ключевые слова: гречиха, гречишный солод, безглютеновое питание, амилолитическая способность, осахаривающая способность.

Selection of optimal conditions for obtaining malt from buckwheat

Alla E. Chusova [1] hycovai@mail.ru 0000-0003-1237-4870
Tatiana I. Romanyuk [1] tafursova@yandex.ru 0000-0001-8813-9901
Gennady V. Agafonov [1] gvagafonov@mail.ru 0000-0002-2133-5606
Mikhail P. Tararykov [1] cmitttt@mail.ru
Natalia V. Zueva [1] nataspirt30@yandex.ru 0000-0003-2840-398X

1 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. Buckwheat can be used to expand the range of specialized products on the domestic market (including therapeutic and prophylactic ones) for the category of consumers suffering from gluten intolerance. Buckwheat malt is not produced on an industrial scale in Russia. It is bought in European countries. The processing parameters of domestic buckwheat varieties need to be known for the production of buckwheat malt. Prediction of the influence of the buckwheat germination main factors on the activity of its hydrolytic enzymes to obtain malt with a high enzymatic capacity was carried out with mathematical planning methods. Buckwheat variety Dikul was examined. Buckwheat was soaked in an air-water way at a temperature of 15–16 ° C in tap water to a relative humidity of 46–50%, with air and water pauses alternating every 4 hours. Germination was carried out for 6–7 days at a temperature of 15–16 ° C until the maximum activity of hydrolytic enzymes of amylolytic and proteolytic action was reached. The sprouted grain was fermented. To do this, it was left still for 12–24 hours until the temperature in the middle layer rose to 50–55 ° C. Then the malt was agitated and blown with conditioned air with such intensity so that its moisture content was 50–52%, and the temperature in all its layers was 67–68 ° C for 5 days. Drying was carried out with a gradual increase in temperature from 67–68 ° C to 74–75 ° C for 16 h until the moisture content of 5–6% was reached. The influence of the main factors of buckwheat germination on the activity of its hydrolytic enzymes was predicted. The main factors influencing the activity of enzymes during germination are malting temperature, ° C; malting humidity,%; malting duration, days. The criterion for assessing the selected parameters influence was the ability, unit / g of dry matter: amylolytic, saccharifying, and proteolytic. Central rotatable uniform planning was applied to statistically process the survey data. It became possible to obtain a regression equation that adequately describes the process of buckwheat germination, in the course of 20 experiments in triple repetitions. Analysis of variance (ANOVA) of the experiment in the Design Expert program (Stat-Ease Inc.) was carried out to assess the mathematical model adequacy. The following values of the output parameters, U / g of dry matter were obtained: amylolytic capacity 326.7, saccharifying capacity 40.9 and proteolytic capacity 381.9 U / g. with appropriate input parameters: temperature 15 ° C; humidity 48%; duration of malting 6 days

Keywords: buckwheat, buckwheat malt, gluten-free nutrition, amylolytic ability, saccharifying ability

Введение

В настоящее время на российском рынке солода отмечается значительное превышение объемов импорта над объемами экспорта. В основном рынок сформирован поставками зарубежного солода, который представлен большим разнообразием злаков [1–3].

Традиционные виды солода – это ячменный, ржаной и пшеничный. К нетрадиционным видам солода относят солод из зерна гречихи. Гречишный солод в России в промышленных масштабах не производят, его закупают в европейских странах [4, 5].

Для цитирования
Чусова А.Е., Романюк Т.И., Агафонов Г.В., Тарарыков М.П., Зуева Н.В. Подбор оптимальных условий получения солода из гречихи // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 93–101. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-93-101

For citation
Chusova A.E., Romanyuk T.I., Agafonov G.V., Tararykov M.P., Zueva N.V. Selection of optimal conditions for obtaining malt from buckwheat. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 93–101. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-93-101

© 2021, Чусова А.Е.. и др. / Chusova A.E. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Все чаще среди населения встречаются люди, которые страдают непереносимостью глютена. Этим больным запрещается употреблять продукты, произведенные из традиционного зернового сырья, так как доля глютеновых белков в них составляет почти 80%. Таким образом, ассортимент пищевых продуктов у данной категории населения сильно ограничен, что не может не сказываться на качестве их жизни [6, 7].

Физико-химические показатели зерен гречихи уступают показателям зерен ржи (таблица 1). Абсолютная масса гречихи ниже абсолютной массы ржи на 27,8%, а способность прорастания практически имеет один уровень с зерном ржи. Содержание крахмала у гречихи ниже на 10,2% содержания крахмала у ржи. Рожь превышает гречиху по экстрактивности на 12,9%, по содержанию белка на 20%, и на 10% по содержанию крахмала [2, 7, 8]

Таблица 1.

Качественные показатели зерна

Table 1.

Grain quality indicators

Показатель | Indicator	Гречиха Buckwheat	Рожь Rye
Абсолютная масса 1000 зерен, г Absolute weight of 1000 grains, g	23,3	32,3
Содержание белка, % СВ Protein content, % dry substances	12,0	15,0
Содержание крахмала, % СВ Starch content, % dry substances	52,5	58,5
Экстрактивность, в% на ВСВ Extractivity, in% on dry substances	67,5	77,5
Способность прорастания, % The ability of germination, %	92,8	94,3

Фракционный же состав белка зерна гречихи представлен в основном глобулинами и альбуминами (таблица 2), при почти полном отсутствии проламинов и глютелинов. В то время как в составе белка ржи, традиционного сырья для производства кваса и хлеба, наоборот преобладают проламины и глютелины.

Таблица 2.

Фракционный состав белка зерна гречихи и ржи [9–11]

Table 2.

Fractional composition of buckwheat and rye grain protein

Фракция, % от общего содержания белка Fraction, % of total protein content	Зерно | Grain	
	Гречиха Buckwheat	Рожь Rye
Альбумины | Albumins	21–24	0,4–0,5
Глобулины | Globulins	42–45	1,7–2,2
Проламины | Prolamins	1,1–1,2	37,2–41,6
Глютелины | Glutelin	10–12	26,6–41,9

Поэтому гречиха может быть использована для расширения ассортимента отечественного рынка специализированных продуктов (в том числе лечебного и профилактического характера) для категории потребителей, страдающих непереносимостью глютена [7].

Для создания продуктов из зерен гречихи необходимо знать параметры ее переработки. В связи с этим целью наших исследований является применение математических методов планирования для переработки гречихи на солод с высокой ферментативной способностью.

Материалы и методы

Материалами исследования являлись рожь сорта Восток 2 (контроль) и гречиха сорта Дикуль (опыт). Амилолитическую способность (АС) солода определяли колориметрическим йодометрическим методом, осахаривающую способность ($ОС_п$) – поляриметрическим методом, протеолитическую (ПС) – рефрактометрическим методом (по Петрову), влажность исследуемых образцов определяли на влагомере термографическом инфракрасном FD-610. Экстрактивность, кислотность и цветность ферментированного солода определяли согласно (ГОСТ Р 52061–2003).

Замачивание гречихи и ржи проводили воздушно-водяным способом при температуре 15–16 °С в водопроводной воде до относительной влажности 46–50%, причём воздушные и водяные паузы чередовали каждые 4 часа. Проращивание проводили в течение 6–7 суток при температуре 15–16 °С до достижения максимальной активности гидролитических ферментов амилолитического и протеолитического действия. Пророщенное зерно подвергали ферментации, для чего оставляли в покое на 12–24 часа до тех пор, пока температура в среднем слое не повысится до 50–55 °С, ворошили и продували кондиционированным воздухом с такой интенсивностью, чтобы влажность солода была 50–52%, а температура во всех слоях 67–68 °С в течение 5 суток. Сушку проводили с постепенным увеличением температуры от 67–68 °С до 74–75 °С в течение 16 ч до достижения величины влажности 5–6% [5].

Результаты и обсуждение

Прогнозировали, как влияют основные факторы проращивания гречихи на активность ее гидролитических ферментов.

Основные факторы, влияющие на активность ферментов при проращивании: x_1 – температура солодоращения, °С; x_2 – влажность солодоращения, %; x_3 – продолжительность солодоращения, сут. Критерием оценки влияния выбранных параметров служили способности: амилолитическая (y_1, ед./г. СВ), осахаривающая (y_2, ед./г. СВ) и протеолитическая (y_3, ед./г. СВ) [12].

Для статистической обработки данных исследования применяли центральное ротатабельное униформпланирование, которое позволяло в ходе 20 экспериментов в 3-х кратной повторности получить уравнение регрессии адекватно описывающее процесс проращивания гречихи [13, 14–20].

Математическая модель изучаемого процесса представляется в виде полинома второй степени:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^{n} b_i x_i + \sum_{i=1}^{n} b_{ii} x_i^2 + \sum_{i \le j}^{n} b_{ij} x_i x_j \qquad (1)$$

где b_0 – свободный член уравнения, равный средней величине отклика при условии, что рассматриваемые факторы находятся на средних, «нулевых» уровнях; x – масштабированные значения факторов, которые определяют функцию отклика и поддаются варьированию; b_{ij} – коэффициенты двухфакторных взаимодействий, показывающие, насколько изменяется степень влияния одного фактора при изменении величины другого; b_{ii} – коэффициенты квадратичных эффектов, определяющие нелинейность выходного параметра от рассматриваемых факторов; i, j – индексы факторов; n – число факторов в матрице планирования.

Матрица планирования представлена в таблице 3. Пределы изменения исследуемых факторов приведены в таблице 4.

Таблица 3.

Матрица планирования эксперимента

Table 3.

Experiment planning matrix

x_1, °C	x_2, %	x_3, сут (day)	y_1, ед./г.	y_2, ед./г (units/g)	y_3, ед./г (units/g)
-1	-1	-1	137,2	16,6	163,9
-1	1	-1	137,6	19,3	190,6
1	-1	-1	136,9	20,6	181
1	1	-1	153,5	20,6	202,9
-1	-1	1	246,08	33,1	325,2
-1	1	1	312,6	39,1	356,7
1	-1	1	298,9	37,5	330,2
1	1	1	264,3	35,46	349,3
-1,682	0	0	196,8	25,4	260,1
1,682	0	0	259,8	33,2	341,6
0	-1.682	0	223,2	30	320,4
0	1.682	0	257,8	32,7	338,9
0	0	-1,682	34,8	8,9	96,1
0	0	1,682	318,7	41,3	360,7
0	0	0	289,3	34,9	345,6
0	0	0	286,3	34,5	341,8
0	0	0	292,8	35,2	348,6
0	0	0	288,4	34,9	344,3
0	0	0	287,1	34,7	342,3
0	0	0	289,4	38,4	345,8

Таблица 4.

Основные характеристики плана эксперимента

Table 4.

Main characteristics of the experiment plan

Условия планирования Planning conditions	Пределы изменения факторов Limits of changes in factors		
	x_1, °C	x_2, %	x_3, сут. (day)
Нулевой уровень (0) Zero level	15	48	4
Верхний уровень (+1) The upper level	16	51	6
Нижний уровень (-1) The lower level	13	45	2
Верхняя «звездная» точка (+1,682) + "star" point	17	53	7
Нижняя «звездная» точка (-1,682) – "star" point	12	43	1

Для оценки адекватности математической модели был проведен дисперсионный анализ (ANOVA) эксперимента в программе Design Expert (Stat-EaseInc.) и получены следующие уравнения регрессии:

$$y_1 = 288,88 + 11,34x_1 + 5,73x_2 + 75,72x_3 - 10,61x_1x_2 + 1,87x_1x_3 - \\ -1,39x_2x_3 - 21,38x_1^2 - 17,07x_2^2 - 39,61x_3^2 \qquad (2)$$

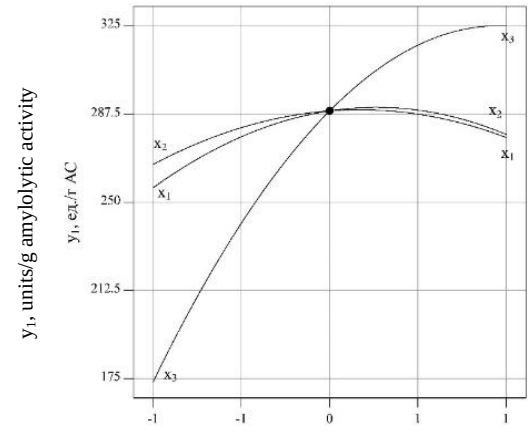
$$y_2 = 35,45 + 1,45x_1 + 0,77x_2 + 8,97x_3 - 1,34x_1x_2 + 0,15x_1x_3 - \\ -0,56x_2x_3 - 2,25x_1^2 - 1,52x_2^2 - 3,73x_3^2 \qquad (3)$$

$$y_3 = 345,39 + 17,30x_1 + 4,26x_2 + 78,20x_3 - 2,15x_1x_2 + 0,25x_1x_3 - \\ -3,98x_2x_3 - 19,79x_1^2 - 9,61x_2^2 - 45,41x_3^2 \qquad (4)$$

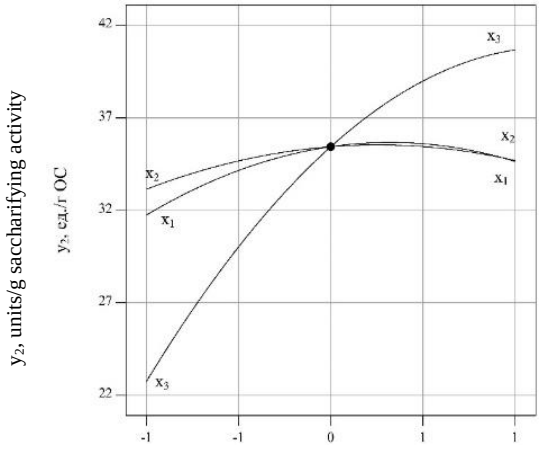
Анализ уравнений (2)–(4) позволяет выделить факторы, наиболее влияющие на рассматриваемый процесс. На биосинтез ферментов наибольшее влияние оказывают как температура, так и продолжительность проращивания. При этом знак «плюс» перед коэффициентом при линейных членах указывает на то, что при увеличении значения параметра значение выходного параметра возрастает, знак «минус» – убывает. Обращает на себя большое внимание значения коэффициентов квадратичных эффектов, что указывает на существенную нелинейность выходных параметров от рассматриваемых факторов.

Оценка степени влияния входных параметров X_I на выходные y_i приведена на рисунке 1. Анализ данных уравнений позволяет выделить факторы, наиболее влияющие на рассматриваемый процесс (рисунки 1–3).

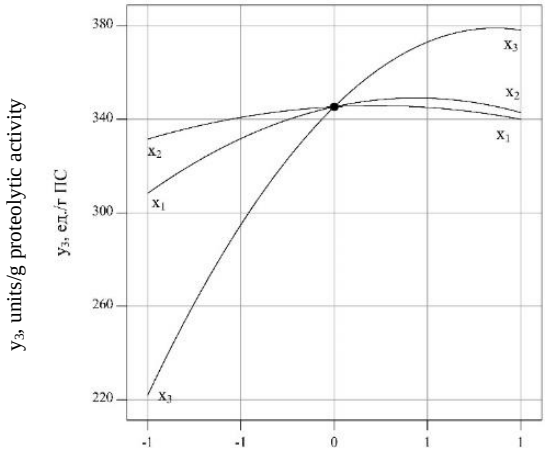
Графическая интерпретация уравнений (2)–(4) представлена кривыми равных значений для входных параметров в интервале [-1,682… +1,682] (рисунки 4–6). Данные графики несут смысл номограмм и имеют практическую значимость. Зная величину параметров, можно прогнозировать процесс солодоращения гречихи.



(a)



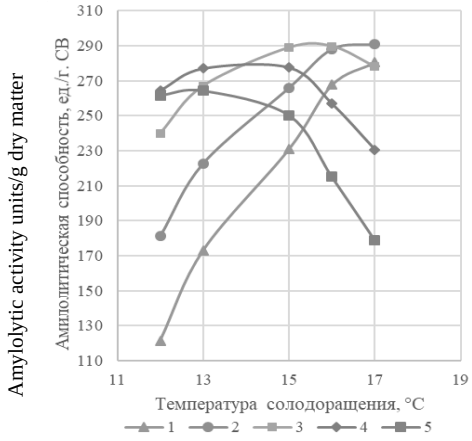
(b)



(c)

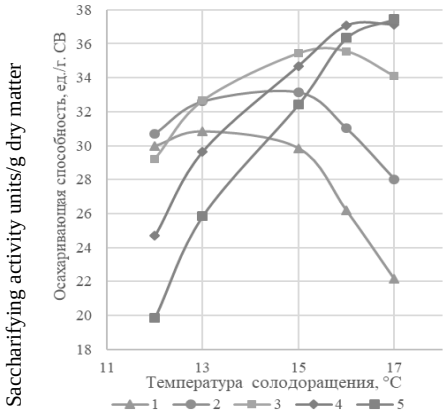
Рисунок 1. Влияние входных параметров X_I на выходные y_j: (a) – для амилолитической способности, ед./г; (b) – для осахаривающей способности, ед./г; (c) – для протеолитической способности, ед./г

Figure 1. Influence of input parameters XI on output parameters yj: (a) – for amylolytic capacity, units/g; (b) – for saccharifying capacity, units/g; (c) – for proteolytic capacity, units/g



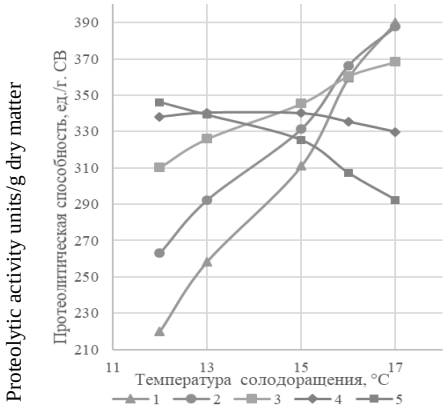
The temperature of malting, ºC

(a)



The temperature of malting, ºC

(b)

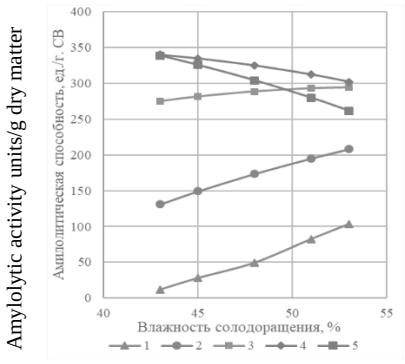


The temperature of malting, ºC

(c)

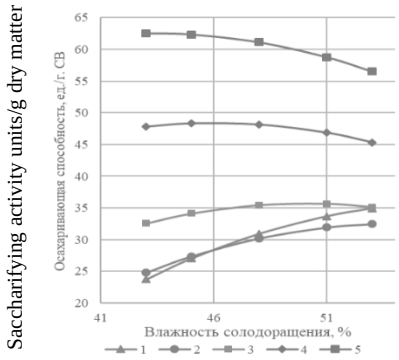
Рисунок 2. Зависимость способности: (a) амилолитической, ед./г; (b) осахаривающей, ед./г; (c) протеолитической, ед./г от температуры солодоращения, °С при влажности солодоращения, %: 1–43; 2 – 45; 3–48; 4–51; 5–53

Figure 2. Dependence of the ability: (a) amylolytic, units/g; (b) saccharifying, units/g; (c) proteolytic, units / g on the malting temperature, °C at the malting humidity, %: 1–43; 2 – 45; 3–48; 4–51; 5–53



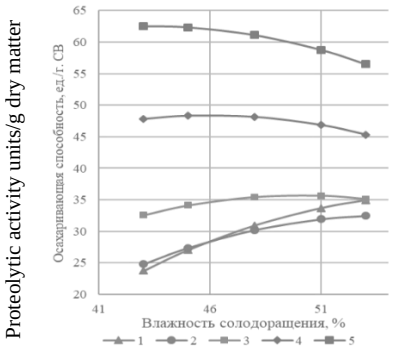
Humidity of malting, %

(a)



Humidity of malting, %

(b)

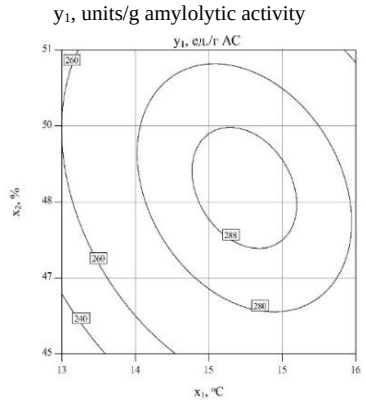


Humidity of malting, %

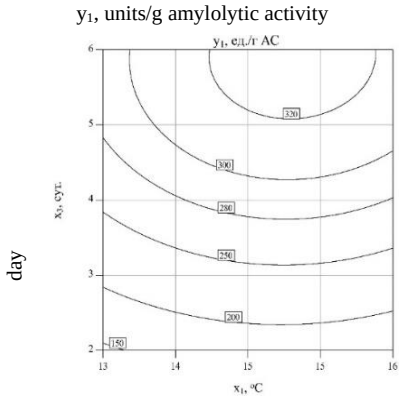
(c)

Рисунок 3. Зависимость способности: (a) амилолитической, ед./г; (b) осахаривающей, ед./г; (c) протеолитической, ед./г от влажности солодоращения, % при продолжительности солодоращения, сут.: 1–1; 2–2; 3–4; 4–6; 5–7

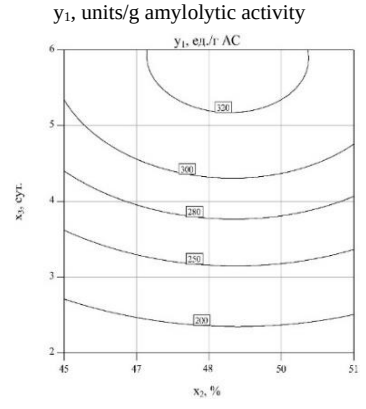
Figure 3. Dependence of the ability: (a) amylolytic, units/g; (b) saccharifying, units / g; (c) proteolytic, units/g on the humidity of malting, % for the duration of malting, day.: 1–1; 2–2; 3–4; 4–6; 5–7



(a)



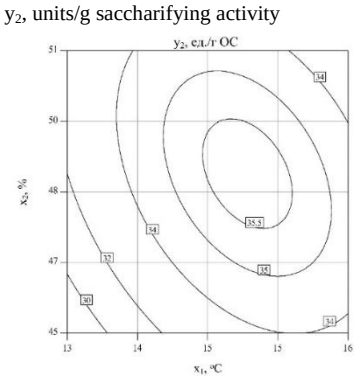
(b)



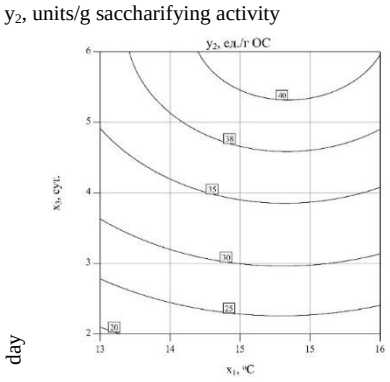
(c)

Рисунок 4. Кривые равных значений зависимости амилолитической способности, ед./г от: (a) температуры солодоращения, °C и продолжительности солодоращения, сут.; (b) температуры солодоращения, °C и влажности солодоращения, %; (c) влажности солодоращения, % и продолжительности солодоращения, сут.

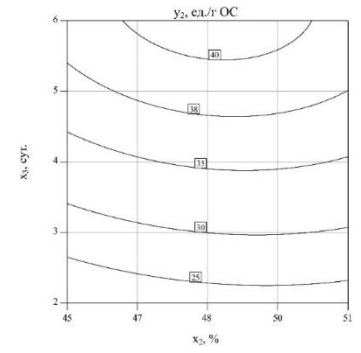
Figure 4. Curves of equal values of the dependence of amylolytic capacity, units/g on: (a) malting temperature, °C and malting duration, day; (b) malting temperature, °C and malting humidity, %; (c) malting humidity, % and malting duration, day



(a)



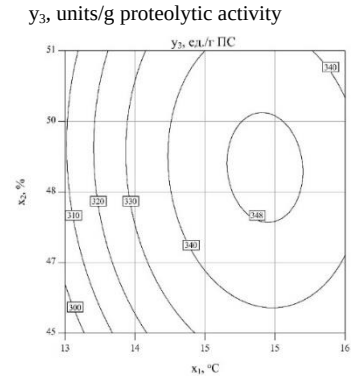
(b)



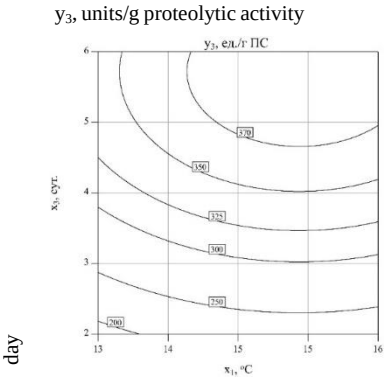
(c)

Рисунок 5. Кривые равных значений зависимости осахаривающей способности, ед./г от: (a) температуры солодоращения, °C и продолжительности солодоращения, сут.; (b) температуры солодоращения, °C и влажности солодоращения, %; (c) влажности солодоращения, % и продолжительности солодоращения, сут

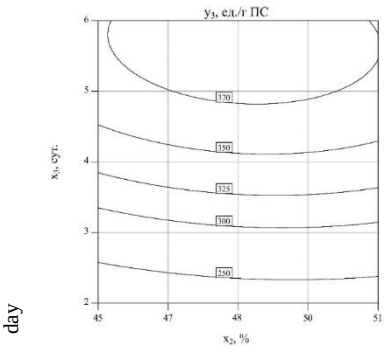
Figure 5. Curves of equal values of the dependence of the saccharifying capacity, units/g on: (a) malting temperature, °C and duration of malting, day.; (b) malting temperature, °C and humidity of malting, %; (c) humidity of malting, % and duration of malting, day.



(a)



(b)



(c)

Рисунок 6. Кривые равных значений зависимости протеолитической способности, ед./г от: (a) температуры солодоращения, °C и продолжительности солодоращения, сут.; (b) температуры солодоращения, °C и влажности солодоращения, %; (c) влажности солодоращения, % и продолжительности солодоращения, сут.

Figure 6. Curves of equal values of the dependence of the proteolytic capacity, units/g on: (a) malting temperature, °C and duration of malting, day.; (b) malting temperature, °C and humidity of malting, %; (c) humidity of malting, % and duration of malting, day

Предложена численная и графическая процедуры оптимизации для прогнозирования оптимального уровня входных факторов и получения соответствующих максимальных значений ферментных активностей, ед./г.

Общая математическая постановка задачи оптимизации представлена в виде следующей модели: $y_i\left(x_i \ldots x_j\right) \to \max$.

Таблица 5.

Решения задачи оптимизации

Table 5.

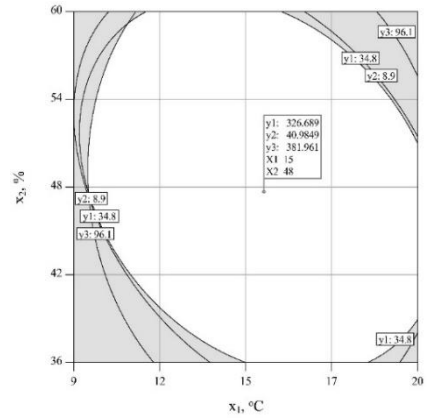
Solutions to the optimization problem

№	x_1, °C	x_2, %	x_3, сут day	y_1, ед./г	y_2, ед./г units/g	y_3, ед./г units/g	D
1	15,081	47,689	6	326,691	40,985	381,963	1,000
2	15,082	47,703	6	326,706	40,985	381,972	0,999
3	15,077	47,714	6	326,728	40,985	381,967	0,9985
4	15,094	47,661	6	326,635	40,985	381,968	0,998
5	15,095	47,696	6	326,677	40,985	381,987	0,9975
6	15,068	47,685	6	326,703	40,985	381,939	0,997
7	15,068	47,715	6	326,742	40,985	381,953	0,9965
8	15,061	47,746	6	326,787	40,984	381,951	0,996
9	15,103	47,654	6	326,609	40,984	381,978	0,9955
10	15,094	47,752	6	326,740	40,984	382,010	0,995
…							

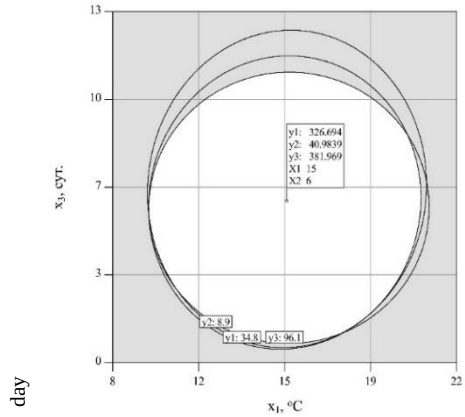
При решении задачи оптимизации определяли значение функции желательности ($D \to 1,0$) для нахождения интервалов оптимальных значений входных параметров, получено > 20 решений, приведем первые 10:

Из таблицы определим оптимальные интервалы входных параметров для достижения максимальных значений способности ферментов: x_1 = 15,0–15,1 °C; x_2 = 47,6–47,7%; x_3 = 6 сут.

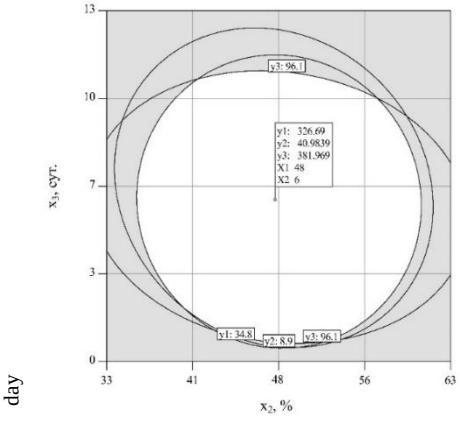
Накладывая полученные интервалы друг на друга получим область пересечения оптимального решения (белая зона) при заданных критериях оптимизации (рисунок 7).



(a)



(b)



(c)

Рисунок 7. Область решения задачи оптимизации в интервале [-1,682… + 1,682] ,

Figure 7. Area of solving the optimization problem in the interval [-1,682… + 1,682]

Окончательно получим следующие значения выходных параметров – амилолитическая способность y_1 = 326,7 ед./г СВ, осахаривающая способность y_2 = 40,9 ед./г. СВ и протеолитическая способность y_3 = 381,9 ед./г. СВ, при соответствующих входных: x_1 = 15 °C; x_2 = 48%; x_3 = 6 сут.

Для проверки правильности выбора оптимальных условий процесса солодоращения гречихи был поставлен ряд параллельных экспериментов. Сопоставление опытных и расчетных данных показало достаточную сходимость результатов. Все полученные данные лежали в пределах рассчитанных доверительных интервалов параметров оптимизации. Средняя квадратичная ошибка не превышала 2,3%.

Заключение

Получены значения выходных параметров солодоращения гречишного солода, позволяющие получить солод с наибольшими осахаривающей и протеолитической способностями

Литература

1 Фараджева Е.Д., Чусова А.Е. Интенсификация технологии ферментированного солода // Пиво и напитки. 2010. № 6. С. 8–9.

2 Харрис М.О., Елисеев М.Н. Вопросы идентификации зернового состава пива // Пиво и напитки. 2018. № 2. С. 46–51.

3 Троценко А.С., Танашкина Т.В., Корчагин В.П., Приходько Ю.В. и др. Влияние режимов сушки на амилолитическую активность гречишного солода // Хранение и переработка сельхозсырья. 2012. №. 5. С. 34-37.

4 Кунце В. Технология солода и пива. СПб.: Профессия, 2011. 912 с.

5 Бак В. Практическое руководство по технологии пивоварения: пер. с нем. Бремен, 2013. 427 с.

6 Троценко А.С., Танашкина Т.В., Корчагин В.П., Медведева А.А. и др. Особенности технологии свежепроросшего гречишного солода // Хранение и переработка сельхозсырья. 2012. №. 4. С. 10-13.

7 Коротких Е.А., Востриков С.В. Получение гречишного солода для производства солодовых экстрактов // Пиво и напитки. 2010. № 6. С. 36–37.

8 Vojtíšková P., Kmentová K., Kubáň V., Kráčmar S. Chemical composition of buckwheat plant (Fagopyrumesculentum) and selected buckwheat products // Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences. 2012. № 1. P. 1011–1019.

9 Танашкина Т.В., Семенюта А.А., Троценко А.С., Клыков А.Г. Безглютеновые слабоалкогольные напитки из светлого и томленого гречишного солода // Техника и технология пищевых производств. 2017. Т. 45. №. 2.

10 Бутенко Л.И., Лигай Л.В. Исследования химического состава пророщенных семян гречихи, овса, ячменя и пшеницы // Фундаментальные исследования. 2013. № 4–5. С. 1128–1133

11 Molinari R., Costantini L., Timperio A.M., Lelli V. et al. Tartary buckwheat malt as ingredient of gluten-free cookies // Journal of Cereal Science. 2018. V. 80. P. 37-43. doi: 10.1016/j.jcs.2017.11.011

12 Deng Y., Lim J., Lee G.H., Nguyen T.T.H. et al. Brewing rutin-enriched lager beer with buckwheat malt as adjuncts // Journal of microbiology and biotechnology. 2019. V. 29. №. 6. P. 877-886. doi: 10.4014/jmb.1904.04041

13 Агафонов Г.В., Чусова А.Е., Зеленькова А.В., Сапунова Е.С. Применение математических методов планирования и прогнозирования ферментативной активности овсяного солода // Хранение и переработка сельхозсырья. 2018. № 2. С. 80–84.

14 Deželak M., Zarnkow M., Becker T., Košir I.J. Processing of bottom-fermented gluten-free beer-like beverages based on buckwheat and quinoa malt with chemical and sensory characterization // Journal of the Institute of Brewing. 2014. V. 120. №. 4. P. 360-370. doi: 10.1002/jib.166

15 Terpinc P., Cigić B., Polak T., Hribar J. et al. LC–MS analysis of phenolic compounds and antioxidant activity of buckwheat at different stages of malting // Food Chemistry. 2016. V. 210. P. 9-17. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.04.030

16 Agu R.C., Chiba Y., Goodfellow V., Mackinlay J. et al. Effect of germination temperatures on proteolysis of the gluten-free grains rice and buckwheat during malting and mashing // Journal of agricultural and food chemistry. 2012. V. 60. №. 40. P. 10147-10154. doi: 10.1021/jf3028039

17 Giménez-Bastida J.A., Piskuła M., Zieliński H. Recent advances in development of gluten-free buckwheat products // Trends in Food Science & Technology. 2015. V. 44. №. 1. P. 58-65. doi: 10.1016/j.tifs.2015.02.013

18 Zhao X., Li C., Jiang Y., Wang M. et al. Metabolite fingerprinting of buckwheat in the malting process // Journal of Food Measurement and Characterization. 2021. V. 15. №. 2. P. 1475-1486. doi: 10.1007/s11694-020-00737-1

19 Duliński R., Zdaniewicz M., Pater A., Poniewska D. et al. The Impact of Phytases on the Release of Bioactive Inositols, the Profile of Inositol Phosphates, and the Release of Selected Minerals in the Technology of Buckwheat Beer Production // Biomolecules. 2020. V. 10. №. 2. P. 166. doi: 10.3390/biom10020166

20 Starowicz M., Koutsidis G., Zieliński H. Sensory analysis and aroma compounds of buckwheat containing products—a review // Critical reviews in food science and nutrition. 2018. V. 58. №. 11. P. 1767-1779. doi: 10.1080/10408398.2017.1284742

References

1 Faradzheva E.D., Chusova A.E. Intensification of fermented malt technology. Beer and drinks. 2010. no. 6. pp. 8–9. (in Russian).

2 Harris M.O., Eliseev M.N. Issues of identification of the grain composition of beer. Beer and drinks. 2018. no. 2. pp. 46–51. (in Russian).

3 Trotsenko A.S., Tanashkina T.V., Korchagin V.P., Prikhodko Yu.V. et al. Influence of drying regimes on amylolytic activity of buckwheat malt. Storage and processing of agricultural raw materials. 2012. no. 5. pp. 34-37. (in Russian).

4 Kuntse V. Technology of malt and beer. SPb, Professiya, 2011. 912 p. (in Russian).

5 Bak V. Practical guidance on brewing technology. Bremen, 2013. 427 p. (in Russian).

6 Trotsenko A.S., Tanashkina T.V., Korchagin V.P., Medvedeva A.A. and other Features of the technology of freshly sprouted buckwheat malt. Storage and processing of agricultural raw materials. 2012. no. 4. pp. 10-13. (in Russian).

7 Korotkikh E.A., Vostrikov S.V. Obtaining buckwheat malt for the production of malt extracts. Beer and drinks. 2010. no. 6. pp. 36–37. (in Russian).

8 Vojtíšková P., Kmentová K., Kubáň V., Kráčmar S. Chemical composition of buckwheat plant (Fagopyrumesculentum) and selected buckwheat products. Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences. 2012. no. 1. pp. 1011–1019.

9 Tanashkina T.V., Semenyuta A.A., Trotsenko A.S., Klykov A.G. Gluten-free low-alcohol drinks from light and stewed buckwheat malt. Technics and technology of food production. 2017. vol. 45. no. 2. (in Russian).

10 Butenko L.I., Ligay L.V. Studies of the chemical composition of germinated seeds of buckwheat, oats, barley and wheat. Fundamental research. 2013. no. 4-5. pp. 1128-1133. (in Russian).

11 Molinari R., Costantini L., Timperio A.M., Lelli V. et al. Tartary buckwheat malt as ingredient of gluten-free cookies. Journal of Cereal Science. 2018. vol. 80. pp. 37-43. doi: 10.1016/j.jcs.2017.11.011

12 Deng Y., Lim J., Lee G.H., Nguyen T.T.H. et al. Brewing rutin-enriched lager beer with buckwheat malt as adjuncts. Journal of microbiology and biotechnology. 2019. vol. 29. no. 6. pp. 877-886. doi: 10.4014/jmb.1904.04041

13 Agafonov G.V., Chusova A.E., Zelenkova A.V., Sapunova E.S. Application of mathematical methods for planning and predicting the enzymatic activity of oat malt. Storage and processing of agricultural raw materials. 2018. no. 2. pp. 80–84. (in Russian).

14 Deželak M., Zarnkow M., Becker T., Košir I.J. Processing of bottom-fermented gluten-free beer-like beverages based on buckwheat and quinoa malt with chemical and sensory characterization. Journal of the Institute of Brewing. 2014. vol. 120. no. 4. pp. 360-370. doi: 10.1002/jib.166

15 Terpinc P., Cigić B., Polak T., Hribar J. et al. LC–MS analysis of phenolic compounds and antioxidant activity of buckwheat at different stages of malting. Food Chemistry. 2016. vol. 210. pp. 9-17. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.04.030

16 Agu R.C., Chiba Y., Goodfellow V., Mackinlay J. et al. Effect of germination temperatures on proteolysis of the gluten-free grains rice and buckwheat during malting and mashing. Journal of agricultural and food chemistry. 2012. vol. 60. no. 40. pp. 10147-10154. doi: 10.1021/jf3028039

17 Giménez-Bastida J.A., Piskuła M., Zieliński H. Recent advances in development of gluten-free buckwheat products. Trends in Food Science & Technology. 2015. vol. 44. no. 1. pp. 58-65. doi: 10.1016/j.tifs.2015.02.013

18 Zhao X., Li C., Jiang Y., Wang M. et al. Metabolite fingerprinting of buckwheat in the malting process. Journal of Food Measurement and Characterization. 2021. vol. 15. no. 2. pp. 1475-1486. doi: 10.1007/s11694-020-00737-1

19 Duliński R., Zdaniewicz M., Pater A., Poniewska D. et al. The Impact of Phytases on the Release of Bioactive Inositols, the Profile of Inositol Phosphates, and the Release of Selected Minerals in the Technology of Buckwheat Beer Production. Biomolecules. 2020. vol. 10. no. 2. pp. 166. doi: 10.3390/biom10020166

20 Starowicz M., Koutsidis G., Zieliński H. Sensory analysis and aroma compounds of buckwheat containing products—a review. Critical reviews in food science and nutrition. 2018. vol. 58. no. 11. pp. 1767-1779. doi: 10.1080/10408398.2017.1284742

Сведения об авторах

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
https://orcid.org/0000-0003-1237-4870

Татьяна И. Романюк к.т.н., доцент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, tafursova@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0001-8813-9901

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
https://orcid.org/0000-0002-2133-5606

Михаил П. Тарарыков студент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, cmitttt@mail.ru

Наталья В. Зуева к.т.н., доцент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных тех-нологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, nataspirt30@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0003-2840-398X

Information about authors

Alla E. Chusova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, hycovai@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-1237-4870

Tatiana I. Romanyuk Cand. Sci. (Engin.), associate professor, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, tafursova@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0001-8813-9901

Gennady V. Agafonov Dr. Sci. (Engin.), professor, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, gvagafonov@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-2133-5606

Mikhail P. Tararykov student, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, cmitttt@mail.ru

Natalia V. Zueva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, nataspirt30@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0003-2840-398X

Вклад авторов

Алла Е. Чусова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, написала рукопись
Татьяна И. Романюк выполнила расчёты
Геннадий В. Агафонов консультация в ходе исследования
Михаил П. Тарарыков несет ответственность за плагиат
Наталья В. Зуева предложил методику проведения эксперимента и организовал производственные испытания

Contribution

Alla E. Chusova review of literature sources on the problem under study, conducted an experiment, wrote a manuscript
Tatiana I. Romanyuk completed the calculations
Gennady V. Agafonov consultation during the study
Mikhail P. Tararykov is responsible for plagiarism
Natalia V. Zueva proposed a scheme of the experiment and organized production trials

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 19/04/2021	**После редакции** 13/05/2021	**Принята в печать** 31/05/2021
Received 19/04/2021	**Accepted in revised** 13/05/2021	**Accepted** 31/05/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-102-107 Оригинальная статья/Research article
УДК 637 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Применение заквасок на молоке и молокосодержащих смесях

Елена В. Иванова [1] fedja06@mail.ru 0000-0002-3590-104X
Наталья В. Романова [2] romanovanv0403@ya.ru 0000-0001-9198-1657
Ольга Ю. Ильина [1] ilinaolja2018olga@ya.ru 0000-0001-9117-074X

1 Смоленская государственная сельскохозяйственная академия, ул. Большая Советская, 10/2, г. Смоленск, 214000, Россия
2 Российский государственный аграрный заочный университет, ш. Энтузиастов, д.50, Московская область, г. Балашиха, 143907, Россия

Аннотация. Молокосодержащие продукты занимают большое место в ассортименте востребованной продукции. Замена молочного жира или белка на растительный может снизить биологическую ценность продукта и его органолептические свойства. Действие заквасок прямого внесения на сырье в котором используются функционально необходимые ингредиенты (структурообразователи, соль, сахар и т. д.), пищевые добавки (загустители, стабилизаторы, консерванты и пр.) и разнообразные немолочные компоненты (немолочные жиры, немолочные белки, мясные продукты, фрукты, овощи, специи, зелень, орехи и др.) неоднозначно. В работе рассмотрены вопросы использования однородных и комбинированных заквасок при производстве кисломолочных продуктов из натурального и нормализованного молока и молокосодержащих смесей с заменителем молочного жира. Введение в продукт компонентов растительного происхождения приводит к снижению содержания молочного белка в смесях, что в свою очередь приводит к образованию сгустков с неоднородной консистенцией. Медленное кислотообразования в молокосодержащих смесях говорит о снижении молочного сахара в них при данном виде нормализации по жиру, относительно нормализованного по классической технологии молока. Эта закономерность выявлена, как при применении заквасок на молочнокислом термофильном стрептококках, так и на комбинированных заквасках. В работе предложено использовать в заквасках для молокосодержащих смесей Streptococcus salivarius subsp. thermophilus штамм СТ-95. Введение в состав заквасок штамма СТ-95 позволило получить из молокосодержащей смеси кисломолочный продукт с хорошо выраженными органолептическими свойствами, устойчивой структурой сгустка и достаточно высокими вкусовыми свойствами. Наибольший положительный эффект получен на комбинированных заквасках.

Ключевые слова: закваска, технология, молочные продукты, молокосодержащие продукты, термофильный стрептококк

Application of starter cultures on milk and milk-containing mixtures

Elena V. Ivanova [1] fedja06@mail.ru 0000-0002-3590-104X
Natalia V. Romanova [2] romanovanv0403@ya.ru 0000-0001-9198-1657
Olga Yu. Ilina [1] ilinaolja2018olga@ya.ru 0000-0001-9117-074X

1 Smolensk State Agricultural Academy, Bolshaia Sovetskaia street, 10/2, Smolensk, 21400
2 Russian State Agrarian Correspondence University, sh. Enthusiasts, 50, Moscow region, Balashikha, 143907, Russia

Abstract. Milk-containing products occupy a large place in the range of popular products. Replacing milk fat or protein with vegetable fat can reduce the biological value of the product and its organoleptic properties. the effect of direct application starter cultures on raw materials that use functionally necessary ingredients (structure-forming agents, salt, sugar, etc.), food additives (thickeners, stabilizers, preservatives, etc.) and a variety of non-dairy components (non-dairy fats, non-dairy proteins, meat products, fruits, vegetables, spices, herbs, nuts, etc.) is ambiguous. The paper deals with the use of homogeneous and combined starter cultures in the production of fermented milk products from natural and normalized milk and milk-containing mixtures with a substitute for milk fat. The introduction of components of plant origin into the product leads to a decrease in the content of milk protein in the mixtures, which in turn leads to the formation of clots with a non-uniform consistency. Slow acid formation in milk-containing mixtures indicates a decrease in milk sugar in them with this type of normalization in fat, relative to the normalized milk according to the classical technology. This pattern was revealed both when using starter cultures on lactic acid thermophilic streptococci, and on combined starter cultures. In this paper, it is proposed to use Streptococcus salivarius subsp in ferments for milk-containing mixtures. thermophilus strain ST-95. The introduction of the ST-95 strain into the starter culture made it possible to obtain from the milk-containing mixture a fermented milk product with well-pronounced organoleptic properties, a stable clot structure and sufficiently high taste properties. The greatest positive effect was obtained on combined ferments.

Keywords: starter culture, technology, dairy products, milk-containing products, thermophilic streptococcus

Введение

Современные концепции рационального питания предусматривают разработку и внедрение технологий новых пищевых продуктов, содержащих физиологически активные ингредиенты растительного сырья, которые повышают не специфическую резистентность организма к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды и характеризуются общеукрепляющими эффектами, а также антиоксидантными свойствами [1]. К наиболее перспективной ассортиментной группе для обогащения этими дефицитными нутриентами относятся молокосодержащие напитки. Благодаря большому разнообразию всевозможных комбинаций

Для цитирования

Иванова Е.В., Романова Н.В., Ильина О.Ю. Применение заквасок на молоке и молокосодержащих смесях // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 102–107. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-102-107

For citation

Ivanova E.V., Romanova N.V., Ilina O.Yu. Application of starter cultures on milk and milk-containing mixtures. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 102–107. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-102-107

© 2021, Иванова Е.В.. и др. / Ivanova E.V. et al.

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

ингредиентов, возможно создание разнообразных линий продукции, подходящих разным категориям населения. Напитки обеспечивают высокую усвояемость физиологически ценных компонентов [2–5].

В связи с тем, что при производстве молочных и молокосодержащих продуктов используются функционально необходимые ингредиенты (ферментные препараты, бактериальные концентраты, соли-плавители, структурообразователи, соль, сахар и т. д.), пищевые добавки (загустители, стабилизаторы, консерванты и пр.) и разнообразные немолочные компоненты (немолочные жиры, не-молочные белки, мясные продукты, фрукты, овощи, специи, зелень, орехи и др.), то действие заквасок прямого внесения на такое сырье неоднозначно. Это необходимо учитывать при производстве из такого молока кисломолочных продуктов, так как возможны отклонения действий заквасок с заранее заданными характеристиками. Разница может прослеживаться как во вкусе, так и во внешнем виде [6–10].

Пожалуй, наиболее популярный и востребованный кластер функциональной продукции в нашей стране – это кисломолочные продукты. За счет высокого титра содержания живых молочнокислых микроорганизмов кисломолочные продукты обладают безусловным функциональным потенциалом. А при использовании определенных заквасок достигается возможность наделить продукт пробиотическими свойствами [11, 12]. Кроме того, основная масса молочнокислых бактерий, используемых в качестве заквасочной микрофлоры, являются обитателями организма человека. И при регулярном приеме в пищу могут оздоровлять ЖКТ [13–15]. Зачастую в качестве заквасочных микроорганизмов наряду с молочнокислыми используют бифидобактерии, лактобациллы, стрептококки. В последнее время наибольшую популярность приобретают пребиотики линии Nutrish. Это пробиотические культуры одноштаммовые и симбиотические для производства широкого ассортимента биопродуктов. Серия отобранных пробиотических культур, содержащих *Bifidobacteria* и *L.acidophilus* по отдельности либо в комбинации с другими термофильными или мезофильными культурами *St.thermophilus, Lactoc.lactis, Lactobacillus delbrueskii subsp. bulgaricus*. Применение симбиозов и консорциумов позволяет расширить ассортимент, облагородить органолептические характеристики, придать продукту дополнительные свойства за счет продуктов метаболизма используемых микроорганизмов [16–20].

Материалы и методы

Исследования проводились на трех образцах: образец № 1 – Молоко не нормализованное, не гомогенизированное, пастеризованное; образец № 2 – Молоко нормализованное, гомогенизированное, пастеризованное с массовой долей жира 3,2%; образец № 3 – Молокосодержащая смесь с заменителем молочного жира, произведенная по технологии питьевого молока, пастеризованная, массовая доля жира 3,2%, молочного жира в жировой фазе не менее 50%.

Для ферментации исследуемых образцов использовались 2 вида заквасок: «закваска 1» состоящая из Streptococcus thermophilus и «закваска 2» включающая Bifidobacterium bifidum, молочнокислых палочки и Streptococcus thermophilus

Образцы молока и молокосодержащего напитка были подвергнуты пастеризации при температуре 92 °С в течение 2 минут с последующим охлаждением до температуры культивирования: для закваски «закваска 1» – (42 ± 2) °С, для закваски «закваска 2» – (37 ± 2) °С.

По прошествии 8 часов в результате сквашивания было получено 6 образцов сгустков, у которых были исследованы физико-химические и органолептические показатели.

Органолептические исследования проводились по ГОСТ Р ИСО 22935–2–2011. Массовую долю белка в молоке определяли методом Кьельдаля по ГОСТ Р 53951–2010. Титруемую кислотность определяли по ГОСТ 3624, методом титрования. Массовую долю жира определяли по ГОСТ Р ИСО 2446–2011 (метод Гербера). Плотность молока определялась с помощью ареометра (ГОСТ 3625–71).

Результаты

В ходе исследования изучаемые образцы молока и молокосодержащего напитка подверглись органолептической проверке. По внешнему виду, запаху, цвету и консистенции молоко натуральное и нормализованное соответствовали всем нормативным показателям, предъявляемым к данному виду продукции. У молокосодержащей смеси органолептические показатели несколько уступали по общепринятым критериям, но для данного вида продукции соответствовали нормативной документации.

Следующим этапом исследования, было рассмотрение физико-химических показателей. При определении плотности молока и молокосодержащей смеси было выявлено, что она соответствует стандартам у образцов № 1 и № 2.

У образца № 3 (молокосодержащая смесь, жирностью 3,2%) плотность была ниже нормы установленной для нормализованного молока жирностью 3,2%, она составила 1,022 г./см^3 (таблица 1).

Таблица 1.

Физико-химические показатели молока и молокосодержащей смеси

Table 1.

Physical and chemical parameters of milk and milk-containing mixture

Показатели Indicators	Образец | Sample		
	1	2	3
Кислотность, °Т Acidity.°T	17	18	16
Плотность, кг/м^3 Density, kg/m^3	1027,6	1030	1022
Массовая доля белка, % Mass fraction of protein, %	3,4	3,4	2,7
Массовая доля жира, % Mass fraction of fat, %	3,6	3,2	3,2

Массовая доля жира в исходном молоке 3,6% (образец № 1), оно так же служило сырьем для производства нормализованного молока жирностью 3,2% и молокосодержащей смеси жирностью 3,2%, с содержанием молочного жира в жировой фазе 51%.

Массовая доля белка в образце № 3 снижена до 2,7% от нормативных – 3,4%.

Показатели титруемой кислотности увеличиваются при нормализации молока обезжиренным молоком и снижаются при использовании растительного сырья для составления молокосодержащей смеси.

В образцы, после термической обработки и охлаждения до температур оптимальных для развития молочнокислых культур, вносили закваску из расчета 3% от объема заквашиваемой смеси.

В процессе ферментации определяли кислотность начальную образца сразу после внесения заквасочной культуры и через 8 часов сквашивания (таблица 2).

У образцов № 1 и № 2 кислотность образования сгустка была достигнута через 8 часов. У образца № 3 рост титруемой кислотности изначально был незначительным как в случае применения закваски «закваска 2», так и в случае применения закваски «закваска 1». Внесение дополнительных компонентов (растительных в данном случае) в молоко-сырье существенно влияет на интенсивность процесса сквашивания и далеко не лучшим образом.

Из-за комбинированного состава образца № 3, применяемые закваски не смогли выполнить весь свой потенциал за предоставленное время. Именно поэтому у обогащенного образца, по сравнению с традиционными, отмечалось низкая кислотность.

Однако, в образце № 3 продление времени культивирования заквасочной микрофлоры, позволило достигнуть кислотности образования сгустка. Закваски, вносимые в образцы молока и молокосодержащей смеси, несмотря на различный состав, одинаково повлияли на сквашиваемость полученных образцов. Наши результаты исследований, а именно, органолептические и физико-химические показатели полученных образцов позволяют говорить о том что, именно сырье существенно влияет на получение продукта с необходимыми характеристиками.

Таблица 2.

Изменения кислотности образцов после внесения закваски

Table 2.

Changes in the acidity of the samples after applying the starter culture

Образец Sample	закваска 2 sourdough 2			закваска 1 sourdough 1		
	0 ч	8 ч	24 ч	0 ч	8 ч	24 ч
1	17	83	–	17	80	–
2	18	90	–	18	85	–
3	16	56	80	16	52	78

Более того, хотелось бы отметить, что состав обеих заквасок входят культуры термофильного стрептококка и мы полагаем, что именно эти микроорганизмы дают предпосылки для развития закваски в процессе сквашивания.

Сквашивание молока ненормализованного (образец № 1) закваской «закваска 2» позволило получить ненарушенный сгусток с плотной однородной консистенцией и с чистым кисломолочным слегка кисловатым вкусом и приятным характерным для продукта запахом. При ферментации этого молока закваской «закваска 1» у сгустка наблюдалась густая, но неплотная консистенция с ненарушенной структурой без отделения сыворотки, с неярко выраженным молочным вкусом.

Плотный и ровный сгусток без отделения сыворотки мы получили при применении обеих заквасок на нормализованном по содержанию жира молоке, но продукт, полученный с применением закваски «закваска 2» имеет более ароматный и приятный вкус с ярко выраженной кислотностью.

Применение комбинированной закваски на молокосодержащей смеси привело к получению продукта с неплотной слизистой однородной консистенцией, с ненарушенным сгустком. Запах сгустка был чистый кисломолочный, вкус кисловатый, но нерезкий. Использование гомогенная закваска на молочнокислых термофильных стрептококках на молокосодержащей смеси привело к получению продукта с нарушенным сгустком жидкой неоднородной консистенцией, с отделением сыворотки и выпадением хлопьев белка.

Для исправления недостатков образования сгустка в молокосодержащих смесях, мы рассмотрели возможность применения в составе заквасок штамма термофильного стрептококка СТ-95 обладающего высокой β-галактозидазной активностью.

По мнению многих авторов, β-галактозидаза термофильного стрептококка более активно осуществляет гидролиз лактозы молока. Она проявляет высокую активность и стабильность при pH молока (6,6), причём концентрация катионов молока оказывает стимулирующее воздействие на активность этого фермента.

В наших исследованиях под термином «β-галактозидазная активность» подразумевали способность штамма термофильного стрептококка к сбраживанию лактозы в молоке через 5 часов культивирования при температуре 37^0 С и дозе инокуляции 3%. Косвенным признаком β-галактозидазной активности молочнокислых бактерий является их кислотообразующая активность в молоке.

По данным одного из авторов Е.В. Ивановой (2001–2003 год) Streptococcus salivarius subsp. thermophilus штамм СТ-95 представляет собой грамположительные, факультативно-анаэробные, неспорообразующие, неподвижные, каталазо-отрицательные кокки. Клетки располагаются парами (диплококки). При выращивании в жидком гидролизованном молоке давал рост по всей высоте объёма, а на стерильном обезжиренном молоке – образовывал равномерный по всему столбику молока молочный сгусток с отделением на поверхности сыворотки. На поверхности плотных питательных сред (гидролизованное молоко с агаром и сахарозой) образовывал мелкие колонии округлой формы с зернистой структурой, глубинные колонии имели чечевицеобразную форму.

Содержание ГЦ в ДНК составляло 39,9 мол.%, что подтверждает его таксономическую принадлежность к роду Streptococcus. Штамм не имеет плазмидной ДНК, что свидетельствует о его способности стабильно сохранять характерные для него признаки и свойства.

При развитии в молоке нормального состава образовывал сгусток средней плотности с отделением сыворотки, обладающий чистым вкусом без посторонних привкусов и запахов. Отличительной особенностью штамма СТ-95 является природная способность к продуцированию достаточно высокого количества фермента ß-галактозидазы: индивидуальный индекс лактозосбраживающей активности – 1,0.

Мы применили данный вид бактерии в составе исследуемых заквасок при их использовании на молокосодержащей смеси.

В результате, активировалось кислотообразование как закваски «закваска 1», так и закваски «закваска 2». Через 8 часов сквашивания модифицированными по составу заквасками получили сгусток с титруемой кислотностью 78 и 81 °Т соответственно.

Заключение

В ходе исследований найден способ улучшения органолептических показателей молокосодержащих продуктов с использованием растительных компонентов. Предложен путь обогащения используемых заквасок штаммами культур с повышенной способностью выработки экзополисахаридов, обладающих повышенной «β-галактозидазной активностью» Установлено, что получаемые продукты отличаются с улучшенным вкусом без посторонних привкусов и запахов, а также и более равномерной консистенцией сгустка без расслоения отделения сыворотки.

Литература

1 Родионова Н.С., Щетилина И.П., Короткова К.Г., Шолин В.А. и др. Перспективы применения зернобобовых в инновационных технологиях функциональных продуктов питания // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 3 (85). С. 153–163. doi: 10.20914/2310-1202-2020-3-153-163

2 Долматова О.И., Медко Ю.Г., Лемешева В.С. Молокосодержащий десерт функциональной направленности // Пищевая промышленность. 2017. № 10. С. 32–34.

3 Долматова О.И., Зыгалова Е.И. Биотехнология творожного продукта с компонентами растительного происхождения // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 1. С. 129–132.

4 Долматова О.И., Лемешева В.С., Заднепровская Л.А. Молокосодержащий продукт с заменителем молочного жира, произведенный по технологии сметаны с увеличенным сроком годности // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 110–116. doi:10.20914/2310–1202–2020–1–110–116

5 Шаймерденова Д.А., Чаканова Ж.М., Искакова Д.М., Сарбасова Г.Т. и др. Кисломолочные продукты с экструдированными зерновыми основами // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 4. С. 179–187. doi:10.20914/2310–1202–2020–4–179–187

6 Злобина Е.Ю., Серова О.П., Шибаева М.И., Сложенкина А.А. Разработка рецептуры и изучение потребительских свойств йогурта с использованием нетрадиционного растительного сырья // Пищевая промышленность. 2018. № 9. С. 58–60.

7 Пилипенко Т.В., Рогинская Е.О. Разработка молочного десерта, обогащенного функциональными растительными добавками // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2018. Т. 6. № 1. С. 40–48.

8 Sukhikh S.A., Astakhova L.A., Golubcova Yu.V., Lukin A.A. et al. Functional dairy products enriched with plant ingredients // Foods and Raw Materials. 2019. V. 7. № 2. P. 428–438. doi: 10.21603/2308–4057–2019–2–428–438

9 Polyanskikh S.V., Ilyina N.M., Grebenshchikov A.V., Danyliv M.M. et al. Products of animal origin with vegetable components // Indian Journal of Science and Technology. 2016. V. 9. № 39. P. 103431.

10 Egorova E.Yu., Khmelev V.N., Morozhenko Yu. V., Reznichenko I. Yu. Production of vegetable “milk” from oil cakes using ultrasonic cavitation // Foods and Raw Materials. 2017. V. 5. № 2. P. 24–35.

11 Terpou A., Gialleli A. – I., Bekatorou A., Dimitrellou D. et al. Sour milk production by wheat bran supported probiotic biocatalyst as starter culture // Food Bioprod. Process. 2017. V. 101. P. 184–192. doi: 10.1016/j.fbp.2016.11.007.

12 Голубева Л.В., Долматова О.И., Пожидаева Е.А., Гребенкина А.Г. и др. Новый кисломолочный продукт со вкусовыми компонентами растительного происхождения // Пищевая промышленность. 2016. № 12. С. 18–20.

13 Осадченко И.М., Горлов И.Ф., Мосолова Н.И., Харченко О.В. и др. Интенсивная технология проращивания семян как компонентов для пищевых целей // Пищевая промышленность. 2016. № 2. С. 44–46.

14 Меренкова С.П., Андросова Н.В. Актуальные аспекты производства напитков на растительном сырье // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2018. Т. 6. № 3. С. 57–67.

15 Пат. № 1741730, RU, A23J1/14. Способ получения белка из растительного сырья / Крылова В.Б., Ступин В.Э.; заявитель и патентообладатель: Воронежский технологический институт и Московский мясокомбинат. № 4879083/13; Заявл. 01.11.90; Опубл. 23.06.92, Бюл. № 23.

16 Свириденко Г.М. Шухалова О.М. Кислотообразующая активность заквасочных микроорганизмов – основной критерий подбора культур в состав бактериальных заквасок для ферментируемых молочных продуктов // Научные подходы к решению актуальных вопросов в области переработки молока: сборник конференции, Углич 05–06 сентября 2019 года. С. 209–215. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp? id=41156233. 7

17 Yadav M., Khangwal I., Gupta G.K., Shukla P. Omics of Lactic Acid Bacteria for Fermented Food Production // Foodomics. 2020.P. 271-288. doi: 10.1039/9781839163005-00271

18 Rodrigues D., Almeida D., Gomes A.M., Freitas A.C. Application of Omics in Dairy Science // Foodomics. 2020. P. 289-313. doi: 10.1039/9781839163005-00289

19 Найдюк О.М., Головач О.С., Бабицкая М.А., Жабанос Н.К. и др. Подбор термофильных микроорганизмов в состав поливидовых заквасок для производства ферментированных молочных продуктов // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. 2018. № 12. С. 55–61.

20 Свириденко Г.М., Шухалова О.М., Сорокина Н.П., Кучеренко И.В. Особенности процесса кислотообразования лактококков // Молоко и молочная продукция: актуальные вопросы производства: материалы международной научно-практической конференции. 2018. С. 155–159.

References

1 Rodionova N.S., Shchetilina I.P., Korotkova K.G., Sholin V.A. et al. Prospects for the use of legumes in innovative technologies of functional food products. Proceedings of VSUET. 2020. vol. 82. no. 3 (85). pp. 153-163. doi: 10.20914/2310-1202-2020-3-153-163 (in Russian).

2 Dolmatova O.I., Medko Yu.G., Lemesheva V.S. Functional milk-containing dessert. Food Industry. 2017. no. 10. pp. 32–34. (in Russian).

3 Dolmatova O.I., Zygalova E.I. Biotechnology of curd product with components of plant origin. Proceedings of VSUET. 2018. vol. 80. no. 1. pp. 129–132. (in Russian).

4 Dolmatova O.I., Lemesheva V.S., Zadneprovskaya L.A. Milk-containing product with milk fat substitute, produced using sour cream technology with an extended shelf life. Proceedings of VSUET. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 110–116. doi: 10.20914/2310–1202–2020–1–110–116(in Russian).

5 Shaimerdenova D.A., Chakanova Zh.M., Iskakova D.M., Sarbasova G.T. et al. Fermented milk products with extruded grain bases. Proceedings of VSUET. 2020. vol. 82. no. 4. pp. 179–187. doi: 10.20914/2310–1202–2020–4–179–187 (in Russian).

6 Zlobina E.Yu., Serova O.P., Shibaeva M.I., Slozhenkina A.A. Formulation development and study of consumer properties of yoghurt using non-traditional plant raw materials. Food Industry. 2018. no. 9. pp. 58-60. (in Russian).

7 Pilipenko T.V., Roginskaya E.O. Development of a dairy dessert enriched with functional herbal additives. Bulletin of SUSU. Food and Biotechnology Series. 2018. vol. 6. no. 1. pp. 40–48. (in Russian).

8 Sukhikh S.A., Astakhova L.A., Golubcova Yu.V., Lukin A.A. et al. Functional dairy products enriched with plant ingredients. Foods and Raw Materials. 2019. vol. 7. no. 2. pp. 428–438. doi: 10.21603/2308–4057–2019–2–428–438

9 Polyanskikh S.V., Ilyina N.M., Grebenshchikov A.V., Danyliv M.M. et al. Products of animal origin with vegetable components. Indian Journal of Science and Technology. 2016. vol. 9. no. 39. pp. 103431.

10 Egorova E.Yu., Khmelev V.N., Morozhenko Yu. V., Reznichenko I. Yu. Production of vegetable “milk” from oil cakes using ultrasonic cavitation. Foods and Raw Materials. 2017. vol. 5. no. 2. pp. 24–35.

11 Terpou A., Gialleli A. – I., Bekatorou A., Dimitrellou D. et al. Sour milk production by wheat bran supported probiotic biocatalyst as starter culture. Food Bioprod. Process. 2017. vol. 101. pp. 184–192. doi: 10.1016/j.fbp.2016.11.007

12 Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Pozhidaeva E.A., Grebenkina A.G. and other New fermented milk product with flavoring components of plant origin. Food industry. 2016. no. 12. pp. 18–20. (in Russian).

13 Osadchenko I.M., Gorlov I.F., Mosolova N.I., Kharchenko O.V. et al. Intensive technology of seed germination as components for food purposes. Food industry. 2016. no. 2. pp. 44–46. (in Russian).

14 Merenkova S.P., Androsova N.V. Actual aspects of beverage production based on vegetable raw materials. Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. 2018. vol. 6. no. 3.pp. 57–67. (in Russian).

15 Krylova V.B., Stupin V.E. Method of obtaining protein from vegetable raw materials. Patent RF, no. 1741730, 1992.

16 Sviridenko G.M. Shukhalova O.M. Acid-forming activity of starter microorganisms - the main criterion for the selection of cultures in the composition of bacterial starter cultures for fermentable dairy products. Scientific approaches to solving topical issues in the field of milk processing: conference collection, Uglich September 05–06, 2019. pp. 209-215. Available at: https://www.elibrary.ru/item.asp? id = 41156233. 7 (in Russian).

17 Yadav M., Khangwal I., Gupta G.K., Shukla P. Omics of Lactic Acid Bacteria for Fermented Food Production. Foodomics. 2020. pp. 271-288. doi: 10.1039/9781839163005-00271

18 Rodrigues D., Almeida D., Gomes A.M., Freitas A.C. Application of Omics in Dairy Science. Foodomics. 2020. pp. 289-313. doi: 10.1039/9781839163005-00289

19 Naydyuk O.M., Golovach O.S., Babitskaya M.A., Zhabanos N.K. et al. Selection of thermophilic microorganisms in the composition of multi-species starter cultures for the production of fermented dairy products. Actual problems of processing meat and milk raw materials. 2018. no. 12. pp. 55–61. (in Russian).

20 Sviridenko G.M., Shukhalova O.M., Sorokina N.P., Kucherenko I.V. Features of the process of acid formation of lactococci. Milk and dairy products: topical issues of production: materials of the international scientific and practical conference. 2018.pp. 155-159. (in Russian).

Сведения об авторах

Елена В. Иванова к.т.н., кафедра технологии переработки сельскохозяйственной продукции, Смоленская государственная сельскохозяйственная академия, ул. Большая Советская, 10/2, г. Смоленск, 214000, Россия, fedja06@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-3590-104X

Наталья В. Романова к.с.-х.н., доцент, Научный центр изучения проблем сельских территорий, Российский государственный аграрный заочный университет, ш. Энтузиастов, д.50, Московская область, г. Балашиха, 143907, Россия, romanovanv0403@ya.ru
https://orcid.org/0000-0001-9198-1657

Ольга Ю. Ильина студент, кафедра технологии переработки сельскохозяйственной продукции, Смоленская государственная сельскохозяйственная академия, ул. Большая Советская, 10/2, г. Смоленск, 214000, Россия, ilinaolja2018olga@ya.ru
https://orcid.org/0000-0001-9117-074X

Information about authors

Elena V. Ivanova Cand. Sci. (Engin.), agricultural processing technology department, Smolensk State Agricultural Academy, Bolshaia Sovetskaia street, 10/2, Smolensk, 214000, Russia, fedja06@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-3590-104X

Natalia V. Romanova Cand. Sci. (Agric.), associate professor, Scientific Center for Studying the Problems of Rural Areas, Russian State Agrarian Correspondence University, sh. Enthusiasts, 50, Moscow region, Balashikha, 143907, Russia, romanovanv0403@ya.ru
https://orcid.org/0000-0001-9198-1657

Olga Yu. Ilina student, agricultural processing technology department, Smolensk State Agricultural Academy, Bolshaia Sovetskaia street, 10/2, Smolensk, 214000, Russia, ilinaolja2018olga@ya.ru
https://orcid.org/0000-0001-9117-074X

Вклад авторов

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

Contribution

All authors are equally involved 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 19/04/2021	**После редакции** 12/05/2021	**Принята в печать** 02/06/2021
Received 19/04/2021	**Accepted in revised** 12/05/2021	**Accepted** 02/06/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-108-115 Оригинальная статья/Research article
УДК 640 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Использование вторичных ресурсов переработки семян подсолнечника для создания новых ПАВ натурального происхождения

Василий Е. Тарасов [1] tarasov@kubstu.ru 0000-0001-9586-8563
Сусанна С. Коробко [2] korobko_ss@avnt.ru 0000-0002-4391-6719

1 Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская 2, г. Краснодар, 350072, Россия
2 АО «Аванта», ул. Воронежская 38, г. Краснодар, 350001, Россия

Аннотация. В настоящее время перспективным направлением является разработка экологически чистой биологически разлагаемой продукции, которая бы не загрязняла окружающую среду, в том числе косметико-гигиенические моющие средства и товары бытовой химии. Одними из главных компонентов рецептур данных продуктов, являются поверхностно-активные вещества (ПАВ). Разработка новых видов биологически разлагаемых ПАВ, получаемых из возобновляемого растительного сырья, актуальна, так как позволяет увеличить ассортимент выпуска биоразлагаемой продукции. Цель работы: разработка технологии получения алкилполиглюкозида с улучшенными свойствами на основе альтернативного растительного сырья, полученного при переработке подсолнечника. В процессе работы были проанализированы существующие технологии производства алкилполиглюкозида и выявлены их недостатки. Алкилполиглюкозид в данных технологиях получают при взаимодействии глюкозы или водного сиропа глюкозы со спиртом С10-С16. Источниками крахмала, из которого в дальнейшем получают глюкозу, выступают рис, кукуруза, картофель, или пшеница. Это продукты, которые не являются отходами и имеют достаточно высокую себестоимость. Жирные спирты получают из импортируемого пальмового или кокосового масла. Предложенная нами новая технология предусматривает применение доступного и дешевого сырья. Сироп глюкозы получается методом гидролиза целлюлозы лузги подсолнечника, а жирные кислоты - из производственного цикла переработки подсолнечника на стадии щелочной рафинации растительного масла, содержащих С16-С18 атомов. Проведен анализ органолептических, физико-химических показателей и оценка потребительских свойств полученного алкилполиглюкозида. Определено, что предложенный способ позволяет получить неионогенный ПАВ с улучшенными свойствами моющей (ККМ) и пенообразующей способности (пенное число, устойчивость пены), а также обладает мягким дерматологическим воздействием.

Ключевые слова: ПАВ, жирные кислоты, подсолнечное масло, лузга подсолнечника, глюкоза, алкилполиглюкозид

Using secondary resources of sunflower seed processing to create new natural origin surfactants

Vasiliy Ye. Tarasov [1] tarasov@kubstu.ru 0000-0001-9586-8563
Susanna S. Korobko [2] korobko_ss@avnt.ru 0000-0002-4391-6719

1 Kuban State Technological University, Moskovskaya Street, 2, Krasnodar, 350072, Russia
2 Avanta JSC, Voronezhskaya Street, 38, Krasnodar, 350001, Russia

Abstract. Today great attention is paid to development of advanced technologies for production of ecologically safe, nonpolluting and biodegradable products, including without limitation cosmetic-hygiene detergents and household products. One of the main ingredients in formulation of such products is surfactants. For the purpose of widening of the assortment of such products it is essential to create new types of biodegradable surfactants derived from renewable, as a rule, plant raw materials. The object of this paper is development of technology for production of non-ionic surfactant, alkyl polyglycoside (APG), with improved characteristics on the basis of the alternative plant raw material, sunflower husks, being the waste by-product of sunflower processing, which is the most commonly available raw material in our country. The output of sunflower processing aiming at sunflower oil production is growing year by year and takes the leading place in the oil-and-fat industry, therefore processing of the waste product in the form of husks is of particular interest now. In the course of work the existing technologies of APG production were studied and their shortcomings were identified. According to such technologies alkyl polyglycoside is produced by combining glucose or aqueous syrupy solution of glucose with C10- C16 alcohol. As the sources of starch, from which glucose is produced further, there are used rice, corn, potatoes or wheat. Such products represent no wastes and have rather high production cost. Fatty alcohols are produced from imported palm or coconut oil. The new technology suggested by us is based on usage of the available and cheap raw materials. Glucose syrup is made with the help of the method of hydrolysis of sunflower husks cellulose, and fatty acids are derived from the sunflower processing cycle at the stage of alkali refining of sunflower oil, comprising C16-C18 atoms. Analysis of organoleptic, physical-and-chemical characteristics and evaluation of consumer properties of the resulting alkyl polyglycoside were performed. It was established that according to the suggested method it is possible to produce a non-ionic surfactant with improved detergent (CCM) and foaming power (foam height, foam stability), and also having soft dermatological action. The alkyl polyglycoside, created and produced with the help of our technology, can be used as an alternate substitute of expensive foreign non-ionic surfactants, can be helpful for extension of the assortment of biodegradable foam detergents, nonpolluting and safe for the environment.

Keywords: surfactants, fatty acids, sunflower oil, sunflower husk, glucose, alkylpolyglucoside

Для цитирования
Тарасов В.Е., Коробко С.С. Использование вторичных ресурсов переработки семян подсолнечника для создания новых ПАВ натурального происхождения // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 108–115. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-108-115

For citation
Tarasov V.Ye., Korobko S.S. Using secondary resources of sunflower seed processing to create new natural origin surfactants. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 108–115. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-108-115

© 2021, Тарасов В.Е. и др. / Tarasov V.Ye. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

За последние годы наблюдается значительный рост потребительского спроса на экологически чистую продукцию в сегменте косметико-гигиенических моющих средств и товаров бытовой химии. Это явление связано с растущим осознанием экологических и медицинских последствий использования химических веществ, действие которых на организм человека зачастую не до конца изучено, и, кроме того, может наносить непоправимые негативные последствия окружающей среде. Высокий уровень конкуренции на рынке косметических продуктов и бытовой химии вынуждает производителей искать альтернативу синтетическому сырью среди натуральных природных источников.

Основным компонентом косметико-гигиенических моющих средств и товаров бытовой химии являются поверхностно-активные вещества. Перспективным направлением в разработке экологически чистой продукции является применение ПАВ с «зеленым» имиджем – продуктов, получаемых из возобновляемого, как правило, растительного сырья [1–4].

Все большую популярность приобретают зеленые ПАВ, получаемые из отходов сельскохозяйственного сырья, так как производители все чаще стремятся уйти от продуктов, полученных при синтезе нефти. Так, например, производитель Clariant (Швейцария) производит линейку ПАВ на основе сахаров и пальмового и кокосового масел. Компания BASF(Германия) выпустила на рынок ПАВ продукт, полученный путем контролируемого процесса ферментации из масел микроводорослей, применяемых в сельском хозяйстве [1,5].

С каждым годом наблюдается все больший рост ассортимента «зеленых» материалов. На сегодняшний день проводятся различные исследования, которые демонстрируют, что эффективность некоторых «зеленых» материалов превосходит эффективность обычных ПАВ [1, 6].

Неионогенные «зеленые» ПАВ на современном косметическом рынке и рынке бытовой химии представлены различными соединениями: алкилполиглюкозидами (АПГ), растительными сапонинами, производными аминокислот и бетаинами [7].

Цель работы – разработка способа получения алкилполиглюкозида с улучшенными свойствами на основе альтернативного растительного сырья, полученного при переработке подсолнечника.

Материалы и методы

Неионогенное поверхностно-активное вещество алкилполиглюкозид в промышленности получают химической реакцией с участием глюкозы и жирных спиртов растительного происхождения. Глюкозу чаще всего получают из кукурузного крахмала, а жирные спирты из пальмового масла [8–9].

Также известна технология получения модифицированного алкилполиглюкозида при взаимодействии глюкозы или водного сиропа глюкозы со спиртом С10-С16 в присутствии кислотного катализатора. Здесь источниками крахмала, из которого в дальнейшем получают глюкозу, выступают рис, картофель или пшеница, а жирные спирты получают также из пальмового или кокосового масла [10].

Применение жирных спиртов ряда С10-С16 приводит к снижению пенообразующей способности алкилполиглюкозида, и к тому же получение жирных спиртов является достаточно затратной и энергоемкой технологией [11].

Известны способы получения алкилполиглюкозида реакцией глюкозного сиропа с жирными кислотами, которые и составляют вторую часть молекулы ПАВ. Пример получения АПГ из сиропа глюкозы и стеариновой жирной кислоты приведен на рисунке 1.

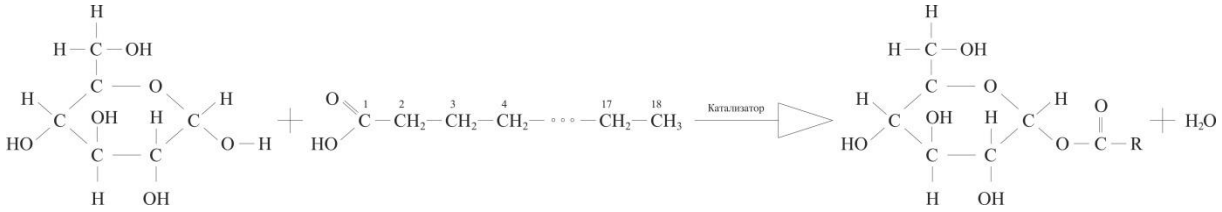


Рисунок 1. Структурная схема получения алкилполиглюкозида

Figure 1. Schematic structure of the preparation of alkyl polyglucoside

После проведенного анализа наиболее доступного растительного сырья в нашей стране особое внимание привлекли отходы переработки подсолнечника в виде лузги в масложировой промышленности, которая с каждым годом наращивает объемы производства.

В 2020 г. (по информации из сайта Министерства СХ РФ) подсолнечник обмолочен с площади 8,3 млн га, намолочено 13,3 млн тонн (отходы в виде лузги составляют 20% от общего количества подсолнечника – 2,66 млн тон).

Валовый сбор подсолнечника за период с 2010 по 2019 год вырос в России втрое. Если рассматривать посевные площади подсолнечника в разрезе регионов, то большая часть полей находится в Южном и Приволжском (69%) регионах страны [12].

Это наглядно демонстрирует потенциальные возможности в части сырьевой базы Краснодарского края и Поволжья, так как именно здесь сосредоточено более половины объема всего производимого в стране подсолнечного масла.

В процессе производства масложировой продукции на различных стадиях образуются многочисленные отходы и побочная продукция (жмых, шрот, лузга, соапсток светлых масел, погоны дезодорации, фосфатиды, кальциевые соли жирных кислот).

Лузга подсолнечника представляет собой плодовую оболочку, которая окружает масличные семена. В процессе переработки семян, в случае не отделения лузги, из оболочек в масло переходят воскоподобные и другие вещества, увеличивающие кислотное число и цветность масел. При этом ухудшается вкус, запах, и снижается стойкость при хранении готового продукта. Поэтому при выработке высококачественных масел, шротов и жмыхов важной и необходимой технологической операцией является качественное отделение лузги от семян (обрушивание и выделение из рушанки оболочек семян) [13].

В лузге подсолнечника содержится 1,4% богатого углеродом чрезвычайно устойчивого пигмента фитомелана. Средний размер частиц лузги колеблется в пределах: длина – 4,8 мм, ширина – от 1,5 до 3 мм, объемная масса 85 – 145 кг/м'1; гигроскопическая влажность лузги – около 16%. Соотношение массы ядра и лузги в семенах подсолнечника колеблется в широких пределах в зависимости от его сорта. Так, в семенах низкомасличного подсолнечника содержание оболочки (лузжистость) составляет более 40% массы семян. В высокомасличных семенах подсолнечника с содержанием масла до 50% (на сухое вещество) лузжистость семян в 1,5 – 2 раза ниже, чем в семенах старых сортов, и составляет 20–30%. [14].

Традиционно лузга используется в качестве кормовой добавки в животноводстве, но процент ее использования невысок. Наиболее распространенный способ утилизации лузги это ее сжигание, что наносит ущерб окружающей среде и свидетельствует о неэффективном расходовании отходов.

Результаты и обсуждения

По результатам анализа наиболее доступного и дешевого растительного сырья в нашей стране, было принято решение о разработке технологии получения алкилполиглюкозида на основе лузги подсолнечника, которая является отходом в масло жировой промышленности. Лузга подсолнечника служит источником глюкозы, необходимой для получения алкилполиглюкозида, которую можно получать гидролизом целлюлозы лузги.

При гидролизе целлюлозы лузги семян подсолнечника образуются остатки глюкозы, представленные в уравнении химической реакции (1).

$$\left(C_6H_{10}O_5H\right)_n + nH_2O \xrightarrow{t,\,H_2SO_4} nC_6H_{12}O_6 \quad (1)$$

Изменением параметров процесса можно моделировать структуру производных глюкозы, т. е. к гидрофобной части молекулы присоединять атомы углерода, а к гидрофильной – различные функциональные группы с целью удлинения цепи молекулы, повышая гидрофильно-липофильный баланс. Возможные продукты гидролиза целлюлозы лузги – это глюкоза и дисахарид целлобиоза, структурные формулы, которых приведены на рисунках 2,3.

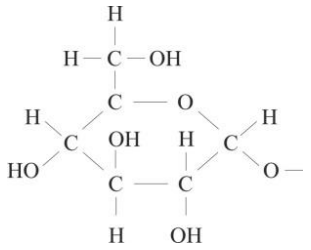


Рисунок 2. Структурная формула глюкозы

Figure 2. Structural formula of glucose

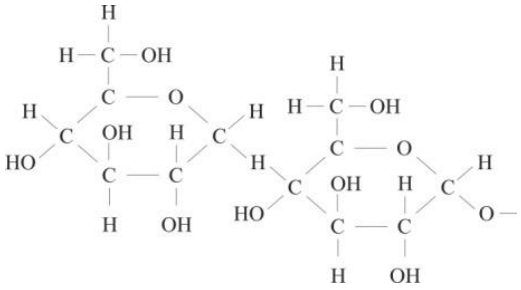


Рисунок 3. Структурная формула дисахарида целлобиоза

Figure 3. Structural formula of cellobiose disaccharide

Таким образом, в результате гидролиза лузги получается сироп глюкозы, используемый в дальнейшем для получения АПГ.

Применяемые жирные кислоты, содержащие С16-С18 атомов, способствуют увеличению пенообразующей способности алкилполиглюкозида за счет увеличения числа оксиэтиленовых групп в неионогенных ПАВ. В производственном цикле переработки подсолнечника при щелочной рафинации образуются отходы С16-С18 жирные кислоты, которые целесообразно использовать в качестве доступного сырья [11].

Молекула АПГ полученная на основе глюкозы с С16-С18 жирными кислотами обладает рядом преимуществ. За счет расположения гидрофильной группы в середине молекулы, проявляет хорошую смачивающую способность. Структурная схема полученного алкилполиглюкозида представлена ниже на рисунке 4.

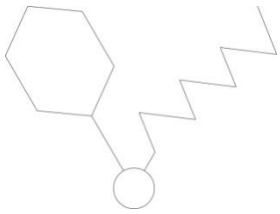


Рисунок 4. Структурная схема алкилполиглюкозида
Figure 4. Schematic structure of alkyl polyglucoside

Технология производства алкилполиглюкозида включает в себя следующие технологические операции:

1. Измельчение лузги подсолнечника до размера частиц 0,1–1,6 мм;
2. Обработка лузги раствором, содержащим 20–30% уксусной кислоты, 2–5% пероксида водорода и 1,5–2,0% серной кислоты, при температуре 110–120 °С и гидромодуле 5 в течение 2–3 часов;
3. Гидролиз обработанной лузги 80%–ной серной кислотой при температуре 22–24 °С при гидромодуле 3–5 в течение 1–2 часа, на выходе получают сироп глюкозы.
4. Приготовление в реакторе смеси жирных кислот С16-С18 (0,75 моль) в присутствии катализатора, в качестве катализатора используют алкилполиалкоксикарбоновую кислоту (0,01 моль);
5. Нагрев смеси при перемешивании до температуры 90 °С и добавление катализатора, сильной органической кислоты (0,0025 моль) и сиропа глюкозы (0,5 моль);
6. Вакуумирование при температуре 90–100 °С в течение 3–4 часов при интенсивном перемешивании реакционной массы, до полного удаления реакционной воды.

По окончании процесса катализатор нейтрализуют щелочью [11].

Для подтверждения заявленных свойств получаемого алкилполиглюкозида проведен анализ водных 0,5%-ных водных растворов образцов. Результаты исследований алкилполиглюкозида представлены в таблице 1.

Таблица 1.
Органолептические и физико-химические показатели алкилполиглюкозида

Table 1.
Organoleptic and physico-chemical parameters of alkyl polyglucoside

Показатель Indicator	Результат Result
Внешний вид | Appearance	Паста | Paste
Цвет | Colour	От белого до светло-кремового White to light cream
Запах | Odor	Отсутствие неприятного запаха Without unpleasant smell
pH	7,5–8,0
ГЛБ (Гидрофильно-липофильный баланс) GLB (Hydrophilic-lipophilic balance)	14–18
Пенообразующая способность: *Foaming:* пенное число, мм, >; *foam number, mm, >* устойчивость пены, >. *foam stability, >*	 70 0,7

Дополнительно проведена визуальная оценка пенообразующей способности (объем и высота, кремнистость пены) алкилполиглюкозида, полученного по предложенному способу. Образцами являлись 10% р-р ПАВ. Результаты представлены на рисунках 5 и 6.

Из приведенных данных видно, что предложенный способ получения алкилполиглюкозида позволяет получить неионогенный ПАВ с улучшенными свойствами моющей ККМ (Критическая Концентрация Мицеллобразования) и пенообразующей способности (пенное число, устойчивость пены).

Для определения потребительских свойств алкилполиглюкозида, как компонента косметико-гигиенических моющих средств и композиций для ручного мытья посуды была проведена методика экспертных оценок. В качестве потребительских характеристик были выбраны показатели раздражающего и стягивающего эффекта, а также ощущение сухости на коже после применения.

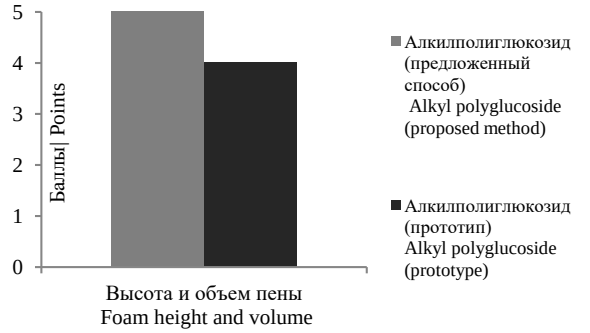


Рисунок 5. Диаграмма визуальной оценки высоты и объема пены двух образцов водных растворов ПАВ

Figure 5. Diagram of the visual assessment of the height and volume of the foam of two samples of aqueous surfactant solutions

Оценка проводилась по пятибалльной шкале, где 0 – отсутствие пены, 5 – большой объем и высота пены.

The assessment was carried out on a five-point scale, where 0 – no foam, 5-a large volume and height of foam.

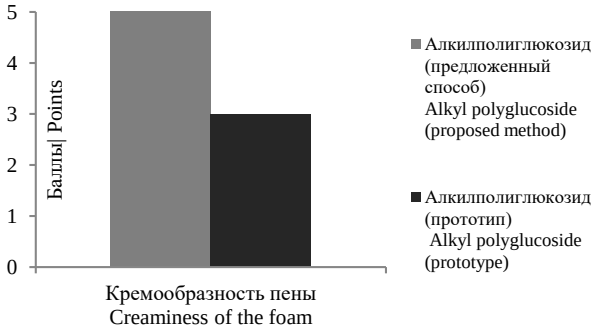


Рисунок 6. Диаграмма визуальной оценки кремнистости пены двух образцов водных растворов ПАВ

Figure 6. Diagram of the visual assessment creaminess of the foam of two samples of aqueous surfactant solutions

Оценка проводилась по пятибалльной шкале, где 0 – отсутствие кремнистости пены, 5 – отличная кремнистость пены.

The evaluation was carried out on a five – point scale, where 0 – no creaminess of foam, 5-excellent creaminess of foam.

Приготовленный образец 10%–го водного раствора наносили на кожу рук респондентов, хорошо растирали в течение 1 минуты, смывали проточной водой, после чего оценивали ощущения респондентов по пятибалльной шкале. Проведенная оценка потребительских свойств подтвердила, что алкилполиглюкозид может эффективно использоваться в рецептурах косметических средств и бытовой химии, контактирующей с кожей человека, т. к. ПАВ не обладает раздражающим и стягивающим кожу эффектом, а также после применения не оставляет ощущения сухости на коже.

Разработанный нами алкилполиглюкозид, являясь неионогенным поверхностно-активным веществом, проявляет хорошие очищающие и моющие свойства. Мягкое дерматологическое воздействие позволяет применять алкилполиглюкозиды в рецептурах косметико-гигиенических моющих средств, а также композициях для ручного мытья посуды. В сочетании с анионактивными ПАВ алкилполиглюкозид положительно влияет на объем и стабилизацию пены в растворах. Кроме того, алкилполиглюкозид, обладает загущающей способностью, и введение данного ПАВ регулирует необходимую вязкость растворов, а также легко растворяется в сточных трубах [15–20].

По имеющейся теоретической и практической информации разберем механизм работы полученного алкилполиглюкозида при применении в косметико-гигиеническом моющем средстве (рисунок 7). АПГ за счет своей структуры обладает низкой ККМ и прекрасной смачивающей способностью, что позволяет эффективно очищать поверхность кожи и при этом обладать мягкими дерматологическими свойствами. В сочетании с анионактивными ПАВ алкилполиглюкозид положительно влияет на объем и стабилизацию пены в растворах. На рисунке 7 показано, как ПАВ адсорбируется на поверхности загрязнений, обволакивают их, отделяя от поверхности, и стабилизируют в моющем растворе.

Моющее действие ПАВ обусловлено комплексом коллоидно-химических процессов, включающим в себя следующие стадии:

— смачивание, является начальным этапом не только моющего действия, но и других аспектов применения ПАВ. В присутствии ПАВ снижается поверхностное натяжение на границе «загрязнение – раствор», что способствует смачиванию, преодолению сил адгезии между очищаемой поверхностью и загрязнением и отрыву загрязнения от поверхности (рисунок 7);

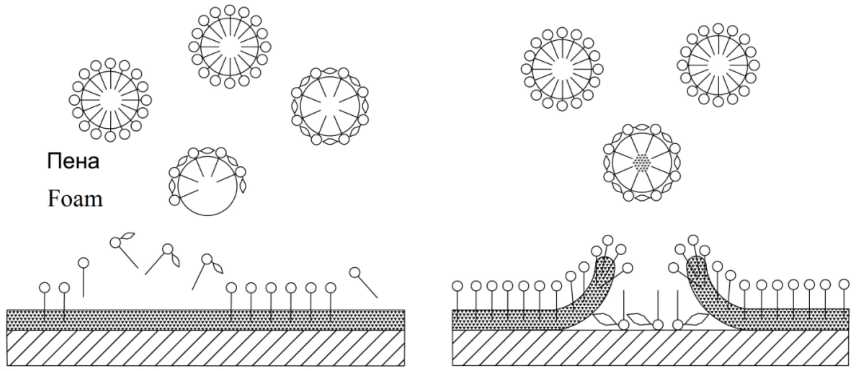
— диспергирование загрязнений происходит при пептизации крупных частиц твердой фазы (пыли, грязи) и эмульгировании нерастворимых в воде жидкостей;

— эмульгирование жидких загрязнений обычно сопровождается их солюбилизацией – растворением в мицеллах ПАВ. Нерастворимые в воде органические вещества, такие как жиры, солюбилизируются в водных растворах коллоидных ПАВ.

Неполярные углеводородные молекулы загрязнения закрепляются во внутренней неполярной части мицеллы за счет возникающих между ними гидрофобных взаимодействий; размер мицеллы при этом несколько увеличивается.

При солюбилизации полярных загрязнений их молекулы встраиваются в мицеллу ПАВ или закрепляются на ее поверхности.

Адсорбция ПАВ на поверхности твердых загрязнений придает им агрегативную устойчивость и препятствует повторному оседанию загрязнений на отмываемую поверхность.



Соединение пены с ПАВ и загрязнения в водном растворе ПАВ

Compound of foam with surfactant and contamination in an aqueous surfactant solution

Отрыв загрязнения в водном растворе ПАВ от поверхности кожи

Separation of contamination in an aqueous surfactant solution from the skin surface

Рисунок 7. Схема процесса очищения кожи при использовании предложенного алкилполиглюкозида в косметико-гигиеническом моющем средстве.

Figure 7. Scheme of the skin cleansing process when using the proposed alkyl polyglucoside in detergent

Заключение

Предложенный способ получения алкилполигликозида позволяет:

– разрабатывать и получать мягкие, совершенно безопасные, доступные по цене, ПАВ натурального происхождения с улучшенными характеристиками;

– расширять ассортимент доступных по цене мягких, безопасных пеномоющих продуктов с улучшенными потребительскими характеристиками (очищающие свойства, пенообразующей способности, пенное число, устойчивость пены, плотность и кремнистость), как в косметике, так и в бытовой химии.

– получать значительный экономический эффект за счет использования вторичных продуктов переработки подсолнечника и повышать рентабельность масложировых предприятий;

– частично решить проблему утилизации отходов масложировой отрасли (полностью биоразлагаем), тем самым улучшить экологическую обстановку.

– сертифицировать как натуральное сырье в различных органических стандартах.

Литература

1 Плетнев М.Ю. Поверхностно-активные вещества с зеленым, натуральным имиджем // Сырье и упаковка для косметики парфюмерии и бытовой химии. 2012. № 8. URL: https://cosmetic-industry.com/poverxnostno-aktivnye-veshhestva-s-zelenym-naturalnym-imidzhem.html

2 Karthick A., Roy B., Chattopadhyay P. Comparison of zero-valent iron and iron oxide nanoparticle stabilized alkyl polyglucoside phosphate foams for remediation of diesel-contaminated soils // Journal of environmental management. 2019. V. 240. P. 93-107. doi: 10.1016/j.jenvman.2019.03.088

3 Gonçalves V.S.S., Rodríguez-Rojo S., De Paz E., Mato C. et al. Production of water soluble quercetin formulations by pressurized ethyl acetate-in-water emulsion technique using natural origin surfactants // Food Hydrocolloids. 2015. V. 51. P. 295-304. doi: 10.1016/j.foodhyd.2015.05.006

4 Pantelic I. Alkyl Polyglucosides: From Natural-origin Surfactants to Prospective delivery systems. Woodhead publishing series in biomedicine. 2014. 187 p.

5 Гогинян В. Микроводоросли: возможности применения. «МосТ» – научно-популярное приложение к газете «Голос Армении». 2016. URL: http://mostga.am/laboratoriya/mikrovodorosli-vozmozhnosti-primeneniya-979.html/

6 Будущее зеленых ПАВ в новых технологиях // Сырье и упаковка для косметики парфюмерии и бытовой химии. URL: https://cosmetic-industry.com/budushhee-zelenyx-pav-v-novyx-texnologiyax.html/

7 Петренко А.В., Тарасов В.Е. Использование новых видов пав для расширения функциональных свойств современных косметико-гигиенических моющих средств // Austria Science. 2018. №. 14-1. С. 32-35.

8 Общество с ограниченной ответственностью НПК "СОЖ Синтез". URL: http://nn.sojsintez.ru/product/alkilpoliglikozid_s8–10.html/

9 De S., Malik S., Ghosh A., Saha R. et al. A review on natural surfactants // RSC advances. 2015. V. 5. №. 81. P. 65757-65767. doi: 10.1039/C5RA11101C

10 Пат. № 2488588, RU, C07H 1/06, Способ получения модифицированного алкилполиглюкозида / А.И. Чебаксаров, Л.В. Чебаксарова, Л.В. Гурбанова, № 2012121415/04; Заявл. 24.05.2012; Опубл. 27.07.2013.

11 Пат. № 2655917, RU, C07H 15/04, Способ получения алкилполиглюкозида / В.Е. Тарасов, Н.В. Лосева, С.С. Коробко, Е.Г. Ерофеева, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет», № 2017125911; Заявл. 18.07.2017; Опубл. 30.05.2018. Бюл. № 16.

12 Сайт Министерства СХ. URL: https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-rastenievodstva-mekhanizatsii-khimizatsii-i-zashchity-rasteniy/industry-information/

13 Nitschke M., Silva S.S.E. Recent food applications of microbial surfactants // Critical reviews in food science and nutrition. 2018. V. 58. №. 4. P. 631-638. doi: 10.1080/10408398.2016.1208635

14 Farias C.B.B., Almeida F.C., Silva I.A., Souza T.C. et al. Production of green surfactants: Market prospects // Electronic Journal of Biotechnology. 2021. doi: 10.1016/j.ejbt.2021.02.002

15 Пучкова Т.В., Самуйлова Л.В., Деев А.И., Федотова Е.А. Основы косметической химии: Базовые ингредиенты. Том 1. М.: Москва, ООО «Школа косметических химиков», 2017. 304 с.

16 Pantelic I., Cuckovic B. Alkyl Polyglucosides: An emerging class of sugar surfactants // Alkyl Polyglucosides. Woodhead Publishing, 2014. P. 1-19. doi: 10.1533/9781908818775.1

17 Daz G., Rashmi T. Alkyl Poly Glucosides (APGs) Surfactants and Their Properties: A Review // Tenside Surfactants Detergents. 2012. V. 49. № 5. P. 417–427. doi:10.3139/113.110212

18 Jahan R., Bodratti A.M., Tsianou M., Alexandridis P. Biosurfactants, natural alternatives to synthetic surfactants: physicochemical properties and applications // Advances in colloid and interface science. 2020. V. 275. P. 102061. doi: 10.1016/j.cis.2019.102061

19 Lukic M., Pantelic I., Savic S. An overview of novel surfactants for formulation of cosmetics with certain emphasis on acidic active substances // Tenside Surfactants Detergents. 2016. V. 53. №. 1. P. 7-19. doi: 10.3139/113.110405

20 Lukic M., Pantelic I., Daniels R., Müller-Goymann C. et al. Moisturizing emulsion systems based on the novel long-chain alkyl polyglucoside emulsifier // Journal of thermal analysis and calorimetry. 2013. V. 111. №. 3. P. 2045-2057. doi: 10.1007/s10973-012-2263-0

References

1 Pletnev M.Yu. Surfactants with a green, natural image. Raw materials and packaging for cosmetics, perfumery and household chemicals. 2012. no. 8. Available at: https://cosmetic-industry.com/poverxnostno-aktivnye-veshhestva-s-zelenym-naturalnym-imidzhem.html (in Russian).

2 Karthick A., Roy B., Chattopadhyay P. Comparison of zero-valent iron and iron oxide nanoparticle stabilized alkyl polyglucoside phosphate foams for remediation of diesel-contaminated soils. Journal of environmental management. 2019. vol. 240. pp. 93-107. doi: 10.1016/j.jenvman.2019.03.088

3 Gonçalves V.S.S., Rodríguez-Rojo S., De Paz E., Mato C. et al. Production of water soluble quercetin formulations by pressurized ethyl acetate-in-water emulsion technique using natural origin surfactants. Food Hydrocolloids. 2015. vol. 51. pp. 295-304. doi: 10.1016/j.foodhyd.2015.05.006

4 Pantelic I. Alkyl Polyglucosides: From Natural-origin Surfactants to Prospective delivery systems. Woodhead publishing series in biomedicine. 2014. 187 p.

5 Goginyan V. Microalgae: application possibilities. "MosT" is a popular science supplement to the "Golos Armenii" newspaper. 2016. Available at: http://mostga.am/laboratoriya/mikrovodorosli-vozmozhnosti-primeneniya 979.html/ (in Russian).

6 The future of green surfactants in new technologies. Raw materials and packaging for cosmetics, perfumery and household chemicals. Available at: https://cosmetic-industry.com/budushhee-zelenyx-pav-v-novyx-texnologiyax.html/ (in Russian).

7 Petrenko A.V., Tarasov V.E. The use of new types of surfactants to expand the functional properties of modern cosmetic and hygienic detergents. Austria Science. 2018. no. 14-1. pp. 32-35. (in Russian).

8 Limited Liability Company NPK SOZH Sintez. Available at: http://nn.sojsintez.ru/product/alkilpoliglikozid_s8–10.html/ (in Russian).

9 De S., Malik S., Ghosh A., Saha R. et al. A review on natural surfactants. RSC advances. 2015. vol. 5. no. 81. pp. 65757-65767. doi: 10.1039/C5RA11101C

10 Chebaksarov A.I., Chebaksarova L.V., Gurbanov L.V. Method of obtaining modified alkylpolyglucoside. Patent RF, no. 2488588, 2013.

11 Tarasov V.E., Loseva N.V., Korobko S.S., Erofeeva E.G. Method of producing alkylpolyglucoside. Patent RF, no. 2655917, 2018.

12 Site of the Ministry of Art. Available at: https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-rastenievodstva-mekhanizatsii-khimizatsii-i-zashchity-rasteniy/industry-information/ (in Russian).

13 Nitschke M., Silva S.S.E. Recent food applications of microbial surfactants. Critical reviews in food science and nutrition. 2018. vol. 58. no. 4. pp. 631-638. doi: 10.1080/10408398.2016.1208635

14 Farias C.B.B., Almeida F.C., Silva I.A., Souza T.C. et al. Production of green surfactants: Market prospects. Electronic Journal of Biotechnology. 2021. doi: 10.1016/j.ejbt.2021.02.002

15 Puchkova T.V., Samuylova L.V., Deev A.I., Fedotova E.A. Fundamentals of Cosmetic Chemistry: Basic Ingredients. vol. 1. Moscow, Moscow, LLC School of Cosmetic Chemists, 2017. 304 p. (in Russian).

16 Pantelic I., Cuckovic B. Alkyl Polyglucosides: An emerging class of sugar surfactants. Alkyl Polyglucosides. Woodhead Publishing, 2014. pp. 1-19. doi: 10.1533/9781908818775.1

17 Daz G., Rashmi T. Alkyl Poly Glucosides (APGs) Surfactants and Their Properties: A Review. Tenside Surfactants Detergents. 2012. vol. 49. no. 5. pp. 417–427. doi:10.3139/113.110212

18 Jahan R., Bodratti A.M., Tsianou M., Alexandridis P. Biosurfactants, natural alternatives to synthetic surfactants: physicochemical properties and applications. Advances in colloid and interface science. 2020. vol. 275. pp. 102061. doi: 10.1016/j.cis.2019.102061

19 Lukic M., Pantelic I., Savic S. An overview of novel surfactants for formulation of cosmetics with certain emphasis on acidic active substances. Tenside Surfactants Detergents. 2016. vol. 53. no. 1. pp. 7-19. doi: 10.3139/113.110405

20 Lukic M., Pantelic I., Daniels R., Müller-Goymann C. et al. Moisturizing emulsion systems based on the novel long-chain alkyl polyglucoside emulsifier. Journal of thermal analysis and calorimetry. 2013. vol. 111. no. 3. pp. 2045-2057. doi: 10.1007/s10973-012-2263-0

Сведения об авторах

Василий Е. Тарасов д.т.н., профессор, кафедра технологии жиров, косметики, товароведения, процессов и аппаратов, Кубанский Государственный Технологический Университет, ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Россия, tarasov@kubstu.ru
https://orcid.org/0000-0001-9586-8563

Сусанна С. Коробко ведущий инженер-технолог, научно-технологический комплекс, АО «Аванта», ул. Воронежская, 38, г. Краснодар, 350001, Россия, korobko_ss@avnt.ru
https://orcid.org/0000-0002-4391-6719

Information about authors

Vasiliy Ye. Tarasov Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of fat, cosmetics, commodity science, processes and devices department, Kuban State Technological University, Moskovskaya Street, 2, 350072, Russia, tarasov@kubstu.ru
https://orcid.org/0000-0001-9586-8563

Susanna S. Korobko leading engineer-technologist, scientific-technological complex, Avanta JSC, Voronezhskaya Street, 38, Krasnodar, 350001, Russia, korobko_ss@avnt.ru
https://orcid.org/0000-0002-4391-6719

Вклад авторов

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

Contribution

All authors are equally involved 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 22/04/2021	**После редакции** 14/05/2021	**Принята в печать** 03/06/2021

Received 22/04/2021	**Accepted in revised** 14/05/2021	**Accepted** 03/06/2021

Original article
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-116-120

Исследование содержания карбонильных соединений и специфических нитрозаминов табака в сигаретном дыме и в аэрозоле системы нагревания табака

Evgenia V. Gnuchih [1] gnu20072007@ya.ru
Marina V. Shkidyuk [1] tabak.technolog@rambler.ru
Sergey V. Kalashnikov [1] kalashnikovs-82@mail.ru
Olga A. Zhabentsova [1] zhabentsova_olga@mail.ru

1 All-Russian Scientific Research Institute of Tobacco, Makhorka and Tobacco Products, 42 Moskovskaya st., Krasnodar, 350072, Russia

Abstract. Investigation of some toxic compounds concentrations in aerosol of new class of tobacco products - tobacco heating systems and comparing their levels with regular cigarettes aerosol is an important step in understanding whether these products are low-risk, as some manufacturers claim. Three popular in Russia cigarette brands, reference cigarette 3R4F and new heated tobacco products (HTP) were tested for levels of emissions of some harmful and potentially harmful constituents (HPHC). Aerosols of these products were collected under the ISO intense smoking regime and quantified for levels of N'-nitrosonornicotine, 4-(methylnitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone, acrolein, acetaldehyde, formaldehyde. Levels of above mentioned HPHCs were measured by the high-performance liquid chromatography / mass spectrometry (HPLC/MS-MS). The results demonstrate that highest levels of measured HPHCs are obtained for reference cigarette 3R4F. As for popular in Russia cigarette brands their levels vary greatly and for some compounds can be very close to levels of 3R4F aerosol. Levels of all measured HPHCs in aerosol of HTP were significantly lower compared to all cigarettes. This can be explained by specific mechanism of HTPs aerosol formation without pyrolytic and pyrosynthetic reactions which are typical to all combustive tobacco products due to their high temperature of the process.

Keywords: innovative tobacco product, heated tobacco, electric tobacco heating system, stick, aerosol, toxic components, specific nitrosamines, nitrosonornicotine, acetaldehyde, acrolein

Introduction

Cigarette smoking is an established cause of serious health diseases including cardiovascular diseases, chronic obstructive pulmonary diseases (COPD), and cancer. Although smoking prevalence has declined over the last decade, tobacco products continue to be consumed on a global scale [1]. The actual worldwide policy of tobacco harm reduction recommends the necessity to put in place less harmful products available to smokers who would otherwise continue smoking. This strategy is promoted by various stakeholders, including regulators, public health organizations, healthcare professionals, and tobacco industry [2]. Increasing alternatives to tobacco products have been introduced by various industry players in the global market. These products include Electronic Nicotine Delivery Systems (ENDS, also called e-cigarettes) that heats a nicotine-containing solution [3] and electronically Heat-not-Burn (HNB) products also referred as Heated Tobacco Products (HTPs) which heats a tobacco mixture without combustion or burning process [4].

These new classes of products are gaining popularity among smokers who are looking for alternatives to quit smoking or to potentially reduce harms caused by toxicants emitted by conventional cigarettes [5]. Philip Morris International launched iQOS as a novel HTP. Other tobacco companies launched similar HTPs and HTP hybrids products British American Tobacco (BAT) and Japan Tobacco Inc. (JTI) marketed Glo, Glo iFuse and Ploom Tech [6].

Unlike cigarettes, where combustion is the principle of operation leading to smoke generation, ENDS and HTPs form an aerosol without combustion [7]. This is achieved by heating a substrate – either a tobacco mixture or a liquid, to evaporate aerosol forming compounds such as glycerine and propylene glycol, along with nicotine and flavour compounds. The condensation of the aerosol formers leads to an aerosol capable of reaching the consumers' lungs, which is necessary to achieve nicotine pharmacokinetic profiles similar to those of cigarettes [8, 9]. When comparing of components in the HTP's mainstream aerosol with standard tobacco reference cigarette (3R4F) smoke, the tobacco industry stated that levels of HPHCs in HTPs

Для цитирования

Гнучих Е.В., Шкидюк М.В., Калашников С.В, Жабенцова О.А. Исследование содержания карбонильных соединений и специфических нитрозаминов табака в сигаретном дыме и в аэрозоле системы нагревания табака // Вестник ВГУИТ. 2021. Т 83. № 2. С. 116–120. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-116-120

For citation

Гнучих Е.В., Шкидюк М.В., Калашников С.В, Жабенцова О.А. Исследование содержания карбонильных соединений и специфических нитрозаминов табака в сигаретном дыме и в аэрозоле системы нагревания табака. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83 no. 2. pp. 116–120.. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-116-120

© 2021, Гнучих Е.В. и др. / Gnuchih E.V. et al.

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

accounted to about 10% to what is found in conventional cigarettes [10]. This 90% reduction is related to the device mode of operation which heats the tobacco substrate to a relatively low temperature (200–350 °C) [11]. The iQOS device, for example, heats the tobacco unit to a maximum temperature of 350 °C via an electronically controlled heating blade. This temperature zone prevents tobacco from combustion process which occurs generally at temperatures reaching 900 °C [12]. Combustion process in conventional cigarettes results in complex chemical reactions – combination of burning, pyrolysis, pyrosynthesis, distillation, sublimation, and condensation processes [12]. As a consequence, more than 7000 chemical compounds of various classes are released into tobacco smoke [13] many of which are present in insignificant amounts. About 150 of them are considered toxic and pose a health hazard. About half of the Hoffmann list [14] of substances is present directly in tobacco; other compounds are formed during combustion processes.

The positioning of HTPs as a promising alternative to continued tobacco smoking determines the need for independent studies comparing the composition of aerosol inhaled by consumers of these products to cigarette smoke. The first consideration when evaluating the health and safety of tobacco-containing products is the presence of toxic and harmful compounds and their relative concentrations [15].

Materials and methods

Test products samples: tobacco heating system iQOS from Philip Morris Products S.A.; tobacco heating system Glo from British American Tobacco; The University of Kentucky 3R4F cigarettes (standard reference cigarette), designed and manufactured in accordance with ISO 16055:2012 (Tobacco and Tobacco Products, Monitor Test Sample, Requirements and Use) were used as a reference samples for research, method validation, comparative tests, monitoring the correctness of the tests during routine analyses; three commercially available cigarettes from the Russian market were used for comparison.

Test subjects (tobacco sticks and conventional cigarettes) were conditioned according to ISO 3402. Smoking of all cigarette samples and heated tobacco sticks was carried out using a 5-channel Cerulean SM 405 linear smoking machine. For the analysis of TSNAs the cigarette mainstream smoke and HTP aerosol was trapped on Cambridge filter pads. For the analysis of carbonyls, the smoke and aerosol were trapped in 2 consecutive impingers containing a dinitrophenyl hydrazine solution.

The ISO 20778:2018 intense smoking regime (55 ml puff volume, 2 s puff duration, 30 s puff interval, bell-shaped puff profile and 100% ventilation blocking) was applied to generate cigarette smoke and HTP aerosol.

A high performance liquid chromatograph coupled with tandem mass spectrometer (HPLC-MS/MS) TSQ Quantiva (Thermo Scientific, USA) was used to quantify N-nitrosonornicotine (NNN) and 4-(methyl-nitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone (NNK). The same instrument was used for the determination of formaldehyde, acetaldehyde, and acrolein. Descriptive statistics was performed using Microsoft Office Excel software.

Results and discussions

A wealth of literature discusses prioritization of toxicants in cigarette smoke. In particular, the World Health Organization (WHO) proposed a list of priority toxicants that adversely affect human health due to high toxicity [16].

This list includes carbonyls such as formaldehyde, acetaldehyde and acrolein, and TSNAs. Formaldehyde is a very toxic compound, hazard class 2 (highly hazardous). Acetaldehyde is a carcinogen that can cause mutations and damage DNA. Acrolein is a strong lacrimator that irritates the mucous membranes of the eyes and upper respiratory tract, and has a general toxic effect. TSNAs are present in both the tobacco and cigarette smoke in contrast with several HPHCs. The most abundant TSNAs are N-nitrosonornicotine (NNN), 4-(methyl-nitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone (NNK), N-nitrosoanabasine (NAB) and N-nitrosoanatabine (NAT). They are formed from tobacco alkaloids and transferred to the mainstream smoke in the particulate phase of tobacco smoke from a combination of direct distillation, pyrosynthesis and pyrolysis.

There are a number of published analytical methods for the constituents selected in the present study. Various approaches in assessing these constituents in tobacco – and nicotine-containing products exist and each of them has methodological difficulties. In an analytical review of available scientific data evaluating chemicals in electronic cigarettes and in their aerosols [17], it was noted that inconsistent levels of aerosols compounds were associated with the absence of standardized methodologies for the generation of aerosols and the subsequent quantification of those compounds. The amount of carbonyl compounds in e-cigarette aerosols varied from trace amounts to very high levels, due, at least in part, to different aerosol generation conditions on the analytical smoking machine [18].

Analysis of the existing methods applied by ISO, CORESTA, various tobacco manufacturers, and independent laboratories for the determination of TSNAs and/or carbonyl compounds (formaldehyde, acetaldehyde, and acrolein) in cigarette mainstream smoke and heated tobacco products aerosol showed both similarities and differences.

The purpose of this work is to provide an independent analysis of the levels of priority toxicants in aerosol of novel tobacco products, as it is an important and necessary step to establish criteria for product differentiation, and to support regulatory and standardization activities. Smokers and nonsmokers need accurate information about products' emissions from independent sources beyond tobacco industry. The selected compounds are part of existing list of priority constituents in cigarette mainstream smoke [16].

Products' physical characteristics, such as product length, filter length; product diameter and net tobacco weight are summarized in table 1.

Table 1.

Physical characteristics of tobacco sticks and cigarettes

Parameter	Tobacco sticks				Cigarettes			
	iQOS		Glo		sample1	sample 2	sample 3	3R4F
	sample 1	sample 2	sample 1	sample 2				
Product length, mm	45	45	83	83	98	83	83	84
Filter length, mm	33	33	41	41	27	27	27	27
Product diameter, mm	7,18	7,26	5,44	5,42	6,80	7,82	6,68	7,95
Net tobacco weight, g	0,291	0,299	0,269	0,262	0,588	0,602	0,535	0,746

Table 2.

Levels of analytes in the HTP aerosol, the smoke of 3R4F and commercial cigarettes

Test sample	Content of aerosol components									
	NNN ng/pc		NNK ng/pc		Formaldehyde µg/pc		Acetaldehyde µg/pc		Acrolein µg/pc	
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
Tobacco sticks (iQOS)										
Sample 1	10,8	0,47	13,9	0,67	2,05	0,40	149,9	2,51	9,2	0,69
Sample 2	7,2	0,34	10,2	0,46	2,58	0,44	169,6	2,24	12,8	0,61
Tobacco sticks (Glo)										
Sample 1	16,98	0,71	5,71	0,61	8,96	0,66	102,1	2,67	3,70	0,36
Sample 2	16,01	0,79	5,67	0,62	6,61	0,62	79,4	2,74	3,06	0,11
Cigarettes										
3R4F	292,86	14,37	226,31	13,52	66,57	6,54	1509,91	26,38	170,14	3,49
Sample 1	110.86	4.51	61.89	3.36	63.28	3.88	885.19	10, 13	116.51	13.48
Sample 2	171.11	10.20	150.75	6.08	65.61	2.33	1 139.68	51.03	134.02	5.57
Sample 3	86.51	5.97	44.37	3.05	66.86	1.01	791.36	29.29	97.69	7.04
SD – standard deviation										

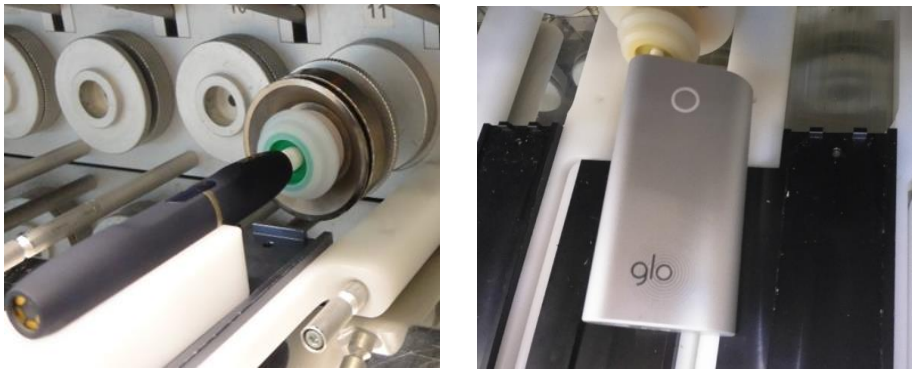


Figure 1. Collecting aerosol EHTP

In this study, we analyzed the levels of carbonyls (formaldehyde, acetaldehyde and acrolein) and two major TSNAs (NNN and NNK) in the aerosol of a reference cigarette 3R4F, 2 varieties of iQOS tobacco sticks, 2 varieties of Glo tobacco sticks and 3 varieties of commercial cigarettes (ISO Intense) [19].

The figure 1 shows the collection of aerosol of tobacco heating system iQOS / Glo.

The yields of analytes in the smoke of 3R4F, commercial cigarettes, and in the iQOS / Glo aerosol are summarized in Table 2 (Mean values ± SD are provided).

The results demonstrate that highest levels of measured HPHCs are obtained for reference cigarette 3R4F. As for popular in Russia cigarette brands their levels vary greatly and for some compounds can be very close to levels of 3R4F aerosol.

Statistical processing of the results (number of replicates n = 4), also presented in Table 2, indicate slight dispersion of single determinations.

It is evident that the levels of tobacco specific nitrosamines and carbonyl compounds in the HTP aerosol were significantly lower as compared to the levels in the smoke of 3R4F and commercial cigarettes. This can be explained by specific mechanism of HTPs aerosol formation without pyrolytic and pyrosynthetic reactions which are typical to all combustive tobacco products due to their high temperature of the process.

Heated tobacco products substantially differ from traditional tobacco products since they do not produce smoke, but a nicotine-containing aerosol, that was claimed by the manufacturers to contain significantly lower levels of harmful and potentially harmful constituents [10, 20]. This reduction was confirmed by several independent laboratories for selected compounds [15, 21]. TSNA and carbonyl yields found in the present study are in line with the results of studies by tobacco industry and independent laboratories. We observe significant reductions (87% and more) of yields of the five analyzed compounds (NNN, NNK, formaldehyde, acetaldehyde and acrolein) in HTP aerosol compared to 3R4F cigarette smoke and similar magnitude of reductions when compared to commercial cigarettes.

Conclusion

Chemical composition of aerosol of novel tobacco – and nicotine-containing products requires a systematic study, being a starting point in assessing the level of risk to consumers. Carbonyl compounds and tobacco-specific nitrosamines are included in the lists of priority tobacco smoke toxicants by WHO and various public health organizations, so their quantification in aerosols of novel products is an important step in determining both the absolute and relative (compared to cigarette smoking) product risk, taking into account mode of consumption and design features of these products. The results of the present study demonstrate that the levels of formaldehyde, acetaldehyde, acrolein, N'-nitrosonornicotine (NNN), and 4-(methylnitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone (NNK) in the aerosol of the tested samples of heated tobacco product are significantly lower than in 3R4F cigarette smoke, as well as compared to commercially available cigarettes. The applied analytical methods demonstrated good intra-laboratory reproducibility, and the obtained results are in line with findings from the studies conducted by product manufacturers and independent laboratories.

References

1 US Department of Health and Human Services et al. Reducing tobacco use: a report of the Surgeon General. 2000.

2 Shapiro H. No fire, no smoke: the global state of tobacco harm reduction 2018. London: Knowledge-Action // Change. 2018. Available at: https://gsthr.org/report/full-report

3 McNeill A., Brose L.S., Calder R. et al. E-cigarettes: an evidence update. A report commissioned by Public Health England // Public Health England. 2015. V. 111. P. 14-15. Available at: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/733022

4 Simonavicius E., McNeill A., Shahab L. et al. Heat-not-burn tobacco products: a systematic literature review // Tobacco control. 2019. V. 28. №. 5. P. 582-594. doi: 10.1136/tobaccocontrol-2018–054419

5 Farsalinos K.E., Le Houezec J. Regulation in the face of uncertainty: the evidence on electronic nicotine delivery systems (e-cigarettes) // Risk Manag Health Policy. 2015. V. 8. P. 157–167. doi:10.2147/RMHP.S62116

6 Mirgorodskaya A.G., Shkidyuk M.V. et al. Research toxic components: carbonyls compounds and tsna in cigarette smoke and in aerosol nicotine delivery systems. Global studies of tobacco, tobacco products, and innovative nicotine-containing products: status and perspectives: collection of scientific papers International scientific conference (November 17, 2020). Krasnodar: Enlightenment-South, 2020. 78 p. Available at: http://www.vniitti.ru/conf/conf2020/Conf_2020.pdf

7 Gnuchih E.V., Shkiduk M.V., Mirgorodskaya A.G., et al. Modern methods for regulation nicotine containing products // Proceedings of VSUET. 2019. V. 81. № 2. P. 196–201. doi: 10.20914/2310–1202–2019–2–196–201 (in Russian).

8 Fearon I.M., Eldridge A.C., Gale N. et al. Nicotine pharmacokinetics of electronic cigarettes: A review of the literature // Regul Toxicol Pharmacol. 2018. V. 100. P. 25–34. doi: 10.1016/j.yrtph.2018.09.004

9 Brossard P., Weitkunat R., Poux V. et al. Nicotine pharmacokinetic profiles of the Tobacco Heating System 2.2, cigarettes and nicotine gum in Japanese smokers // Regul Toxicol Pharmacol. 2017. V. 89. P. 193–199. doi: 10.1016/j.yrtph.2017.07.032

10 Schaller J.P., Keller D., Poget L. et al. Evaluation of the Tobacco Heating System 2.2. Part 2: Chemical composition, genotoxicity, cytotoxicity, and physical properties of the aerosol // Regul Toxicol Pharmacol. 2016. V. 81. № 2: P. 27–47. doi: 10.1016/j.yrtph.2016.10.001

11 Eaton D., Jakaj B., Forster M. et al. Assessment of tobacco heating product THP1.0. Part 2: Product design, operation and thermophysical characterization // Regul Toxicol Pharmacol. 2018. V. 93. P. 4–13. doi: 10.1016/j.yrtph.2017.09.009

12 Smith M.R., Clark B., Lüdicke F. et al. Evaluation of the Tobacco Heating System 2.2. Part 1: Description of the system and the scientific assessment program // Regul Toxicol Pharmacol. 2016. V. 81. № 2. P. 17–26. doi: 10.1016/j.yrtph.2016.07.006

13 Rodgman A., Green C.R. Toxic chemicals in cigarette mainstream smoke – hazard and hoopla // Beitr Tabakforschung/Int Contrib Tob Res. 2014. V. 20. № 8. P. 481–545. doi: 10.2478/cttr-2013–0764

14 Hoffmann D., Hoffmann I. The changing cigarette, 1950–1995 // Journal of Toxicology and Environmental Health. 1997. V. 50. № 4. P. 307–364. doi: 10.1080/009841097160393

15 Mallock N., Böss L., Burk R. et al. Levels of selected analytes in the emissions of "heat not burn" tobacco products that are relevant to assess human health risks // Archives of Toxicology. 2018. V. 92. P. 2145–2149. doi: 10.1007/s00204–018–2215-y

16 World Health Organization. WHO study group on tobacco product regulation: report on the scientific basis of tobacco product regulation: fifth report of a WHO study group. World Health Organization, 2015. V. 989.

17 Cheng T. Chemical evaluation of electronic cigarettes // Tobacco Control. 2014. V. 23. № 2. P. 11–17. doi: 10.1136/tobaccocontrol-2013–051482

18 Gnuchikh E.V., Shkidyuk M.V., Mirgorodskaya A.G. Studies of innovative product – electronic system for nicotine delivery // Proceedings of VSUET. 2018. V. 80. № 3. P. 265–271. doi: 10.20914/2310–1202–2018–3–265–271 (in Russian).

19 Results of scientific work «Preparation of proposals and recommendations for the establishment of safety requirements for nicotine-containing products circulated on the territory of the Eurasian Union» Available at: http://www.eurasiancommission.org/ru/

20 Forster M., Fiebelkorn S., Yurteri C. et al. Assessment of novel tobacco heating product THP1.0. Part 3: Comprehensive chemical characterisation of harmful and potentially harmful aerosol emissions // Regul Toxicol Pharmacol, 2018. V. 93. P. 14–33. doi: 10.1016/j.yrtph.2017.10.006

21 Salman R., Talih S., El-Hage R. et al. Free-Base and Total Nicotine, Reactive Oxygen Species, and Carbonyl Emissions From IQOS, a Heated Tobacco Product // Nicotine Tob Res. 2018. doi: 10.1093/ntr/nty235

Information about authors

Evgenia V. Gnuchih Dr. Sci. (Engin.), deputy director of science and innovation, All-Russian Research Institute of Tobacco, Makhorka and Tobacco Products, Moskovskaya St, 42, Krasnodar, 350072, Russia, gnu20072007@ya.ru

Marina V. Shkidyuk senior researcher, laboratory of technologies for manufacturing tobacco products, All-Russian Research Institute of Tobacco, Makhorka and Tobacco Products, Moskovskaya St, 42, Krasnodar, 350072, Russia, tabak.technolog@rambler.ru

Sergey V. Kalashnikov researcher, laboratory of technologies for manufacturing tobacco products, All-Russian Research Institute of Tobacco, Makhorka and Tobacco Products, Moskovskaya St, 42, Krasnodar, 350072, Russia, kalashnikovs-82@mail.ru

Olga A. Zhabentsova senior researcher, laboratory of technologies for manufacturing tobacco products, All-Russian Research Institute of Tobacco, Makhorka and Tobacco Products, Moskovskaya St, 42, Krasnodar, 350072, Russia, zhabentsova_olga@mail.ru

Contribution

All authors were equally involved in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 4.12.2021

Accepted 6.3.2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-121-125 Оригинальная статья/Research article
УДК 637.04 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Влияние фульвовой кислоты в кормовых добавках на изменение белка и молочную продуктивность коров

Ангелина В. Кузьменкова [1] angel.kuz19@ya.ru 0000-0003-0201-0539
Елена А. Денисюк [1] kafedratsiapp@ya.ru 0000-0001-8174-5722
Рубен В. Гиноян [1] r.ginojan@ya.ru 0000-0003-1501-1821
Наталья Я. Дмитриева [1] zzzzzzzxxx88@ya.ru 0000-0002-8095-2823

1 Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, пр-т Гагарина, 97, г. Нижний Новгород, 603119, Россия

Аннотация. Главной задачей животноводства является получение больших объемов продукции: увеличение набора веса коров и надоев в короткие сроки при минимальных затратах. Существующие нормы кормления для крупного рогатого скота основаны на использовании кормов 1 класса. В хозяйствах большинство кормов содержат низкую концентрацию питательных веществ, скармливание которых не позволяет выдерживать нормативное соотношение рациона. Качество молока имеет не только экономическое значение, определяющее рентабельность, конкурентоспособность молочной продукции на рынке, но и социальную значимость, связанную с влиянием на здоровье людей. Важнейшим фактором, определяющим качество молока и его пригодность для дальнейшей переработки, является полноценность кормления животных: энергетическая ценность кормового рациона, соотношение основных питательных веществ. В статье приведены данные по влиянию кормовой добавки «Фурор» на основе фульвовой кислоты, разработанной ООО «Эссон», которая оказывает существенное влияние на молочную продуктивность и содержание белка получаемого молока. Кроме того, полученные значения послужили для более детального изучения качественных показателей молока.

Ключевые слова: фульвовая кислота, кормовая добавка, молочная продуктивность, надой, животноводство

Influence of fulvic acid in feed additives on protein change and dairy productivity of cows

Angelina V. Kuzmenkova [1] angel.kuz19@ya.ru 0000-0003-0201-0539
Elena A. Denisyuk [1] kafedratsiapp@ya.ru 0000-0001-8174-5722
Ryben V. Ginoyan [1] r.ginojan@ya.ru 0000-0003-1501-1821
Natalya Ya. Dmitrieva [1] zzzzzzzxxx88@ya.ru 0000-0002-8095-2823

1 Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, 97 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603116, Russia

Abstract. The main task of animal husbandry is to obtain large volumes of products: increasing the weight gain of cows and milk yields in a short time at minimal cost. The existing feeding standards for cattle are based on the use of Class 1 feed. In farms, most feed contains a low concentration of nutrients, the feeding of which does not allow to maintain the standard ratio of the diet. The quality of milk is not only of economic importance, which determines the profitability and competitiveness of dairy products in the market, but also of social significance, which is associated with the impact on human health. The most important factor determining the quality of milk and its suitability for further processing is the fullness of animal feeding: the energy value of the feed ration, the ratio of basic nutrients. The article presents data on the effect of the feed additive "Furor" based on fulvic acid, developed by LLC "Esson", which.

Keywords: fulvic acid, feed additive, milk production, milk yield, animal husbandry

Введение

Скотоводство является превалирующей отраслью животноводства. Увеличение производства высококачественных продуктов скотоводства – молока и мяса проблема, которая не теряет своей актуальности, а с ростом населения планеты приобретает все больше значение. В связи с этим развитию этой отрасли является приоритетным [4].

Обеспечение населения России высококачественными молочными продуктами в достаточном количестве – главная задача, которая ставится перед работниками агропромышленного комплекса [7]. Молоко и молочные продукты были и остаются наиболее доступными для большей части населения нашей страны: источниками белков, жира, сахаров, макро- и микроэлементов.

Уровень молочной продуктивности скота зависит от наследственности, породы, физиологического состояния, условий кормления. Из факторов физиологического порядка, воздействующих на молочную продуктивность, большое значение имеют возраст, продолжительность лактации, стельность, половой цикл. К условиям внешней среды, влияющим на удой, прежде

Для цитирования

Кузьменкова А.В., Гиноян Р.В., Денисюк Е.А., Дмитриева Н.Я. Влияние фульвовой кислоты в кормовых добавках на изменение белка и молочную продуктивность коров // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 121–125. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-121-125

For citation

Kuzmenkova A.V., Denisyuk E.A., Ginoyan R.V., Dmitrieva N.Ya. Influence of fulvic acid in feed additives on protein change and dairy productivity of cows. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 121–125. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-121-125

© 2021, Кузьменкова А.В. и др. / Kuzmenkova A.V. et al.

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

всего, следует отнести кормление, содержание, температуру и влажность воздуха, сезон отела, технику и кратность доения. Таким образом, на молочную продуктивность оказывают влияние многочисленные факторы, ряд из них действует совокупно, а поэтому установить меру влияния каждого из них в отдельности очень трудно [6]. Специальными исследованиями, нам удалось определить степень значения некоторых факторов, что очень важно для работы по повышению молочной продуктивности скота. Главной задачей животноводства является получение больших объемов продукции: увеличение набора веса скота и надоев в короткие сроки и при минимальных затратах. Хотя животные сейчас не голодают – по калорийности корм сбалансирован, но им не хватает минералов для полноценного роста и развития, нормального функционирования всех органов животного [2]. Даже небольшое количество усвояемых органических минералов могло бы дать ощутимый эффект: увеличение продуктивности и повышение устойчивости животных к различным заболеваниям [1].

Материалы и методы

Экспериментальная часть исследований проводилась на базе ОАО «Румянцевское» Дальнеконстантиновского района Нижегородской области. Объекты исследования: 3 группы полновозрастных коров, первотелок и Рид+ животных в количестве 10 голов; сухая кормовая добавка на основе фульвовой кислоты «Фурор».

Результаты и обсуждение

ООО «Эссон» был разработан инновационный продукт – кормовая добавка «Фурор». «Фурор» – натуральный фульвато – минеральный препарат для улучшения продуктивности животных и повышения экономической эффективности от их выращивания. Производимая кормовая добавка состоит из комплекса веществ на основе фульвовых кислот, повышающих метаболизм и активизирующих ферментные процессы в организме животных. «Фурор» представляет собой кормовую добавку, так как содержит полный комплекс минералов в водорастворимой и легкоусвояемой форме. Все это дает необходимый результат: животные практически не болеют и повышают свою продуктивность. Описание добавки: жидкость тёмного цвета, гелеобразной консистенции. Содержание фульватов в препарате – 6 г/л, гуматов – 1,5 г/л. Преимущества: повышение продуктивности поголовья на 12–15%; повышение иммунитета животных; улучшение работы пищеварительной системы и усвоения основных кормов; выведение токсинов из организма животных; совершенствование работы гормональной и ферментной систем. Эффективность применения: увеличение продуктивности животных; увеличение усвояемости кормов животными; улучшение качественных показателей крови, мышц животных; повышение общей резистентности организма животных; укрепление иммунитета, нормализация обмена веществ; повышение устойчивости к заболеваниям; повышение стрессоустойчивости животных, содержание которых предполагает групповое массовое проживание; повышение выживаемости молодняка до 98%; снижение кормовых затрат на 28%. Препарат «Фурор» не теряет своих свойств в течение 2-х лет с момента производства [2].

Для подтверждения эффективного применения данного препарата в животноводстве были проведены эксперименты по изучению влияния препарата «Фурор» на молочную продуктивность.

Существующие нормы кормления для крупного рогатого скота основаны на использовании кормов 1 класса. В хозяйствах большинство кормов содержат низкую концентрацию минеральных веществ в рационе, скармливание которых не позволяет выдерживать их нормативное соотношение [8].

Кормовой концентрат (КК) «Фурор» предназначен для использования в животноводстве как общеукрепляющее средство, в качестве стимулятора роста и развития, повышения сохранности молодняка и улучшения конверсии корма. Входящие в состав КК «Фурор» фульвовые кислоты являются водорастворимыми содержащими в себе 74 органических минералов, 10 витаминов и 18 аминокислот. Фульвовые кислоты способствуют всасыванию в клетку ионных минеральных и органических веществ, усиливают обменные процессы, восстанавливают электрический потенциал клеток, повышают проницаемость клеточных мембран. Кроме того, фульвовые кислоты являются мощными хелатами и способны связывать и выводить тяжелые металлы из организма [3].

КК «Фурор» активизирует и укрепляет иммунную систему организма животных, снижая носительство антител к вирусу лейкоза, а также повышает сохранность молодняка, сокращает продолжительность болезни и сводит к минимуму летальные исходы.

КК «Фурор» улучшает аппетит, нормализует обмен веществ и позволяет сократить использование кормов, благодаря их лучшему усвоению животными.

Нами были проведены эксперименты, для которых было отобрано 3 группы полновозрастных коров, первотелок и Рид + животных в количестве 10 голов, разделенных по принципу парных аналогов на 2 подгруппы каждая, а так же 2 группы Рид + коров, которым скармливали сухой КК «Фурор».

При скармливании сухого «Фурор» в течение 5 дней по 20 г. на голову, который скармливали только РИД + коровам был получен следующий результат:

– при постановке на опыт у коров контрольной и опытной групп удой был практически одинаковым и составил, в среднем 36,7 кг молока.

– в начале раздоя (8–11 день лактации) удой составил у коров контрольной группы 37,19 кг, что на 2,21 кг меньше, чем у опытных животных (таблица 1).

– в середине раздоя (55–85 день лактации) различия по надою молока у коров исследуемых групп стали еще рельефнее и составили 4,75 кг в пользу опытных животных.

– в конце раздоя у коров опытных групп надой у животных, получавших сухой кормовой концентрат «Фурор» в количестве 20г на голову в сутки, который скармливали по 5 дней с интервалом через 2 дня, составил 37,81 кг молока, что на 5,28 кг больше, чем у контрольных животных.

Результаты экспериментов показали, что у коров контрольной группы, получавших сухой кормовой концентрат «Фурор», снижение удоя за период раздоя составило 4,66 кг молока, тогда, как у опытных животных только 1,59 кг.

Исследование влияния КК «Фурор» на молочную продуктивность коров в середине лактации показали, что у коров контрольной группы удой за последующие 121–180 дней лактации колебался в пределах от 33,1 до 31,6 кг, в то время как у животных опытной группы от 34,7 до 37,3 кг, что на 12,7 кг (9,8%) больше.

Таким образом, скармливание сухого кормового концентрата «Фурор» за указанный период позволило получить более высокий удой, снижение которого за 180 дней лактации составило лишь 4,7 кг на голову в сутки. В то время, как у животных контрольной группы падение удоя составило 5,59 кг молока в сутки.

Массовая доля молочного белка у контрольных животных в исследуемый период изменилась с 2,94 до 3,32%, а у опытной группы – с 3,18 до 3,48.

Средний удой коровы опытной группы за 180 дней лактации составил 6678 кг молока, а в контрольной – 5908,8 кг, со средней массовой долей молочного белка: 184,95 кг в контрольной группе и 222,38 кг – в опытной группе.

Таблица 1.

Динамика удоев при скармливании сухого КК «Фурор» у Рид + коров

Table 1.

Dynamics of milk yield when feeding dry KK "Furor" in Reed + cows

Группы животных Animal groups	Удой кг до 120 дня лактации Milk yield kg up to 120 days of lactation			Удой кг от 121 до 180 дня лактации Milk yield kg from 121 to 180 days of lactation			Молочный белок Milk protein	
	Начало раздоя Start of the distribution	Середина раздоя Middle of the strip	Конец раздоя End of the strip	Начало раздоя Start of the distribution	Середина раздоя Middle of the strip	Конец раздоя End of the strip	Начало раздоя Start of the distribution	Конец раздоя End of the strip
Сухой КК Фурор Контроль Рид+ Dry QC Furor Control Reed+	37,19	31,74	32,53	33,1	30,8	31,6	2,94	3,32
Сухой КК Фурор Опытная Рид+ Редакция Dry QC Furor Experienced Reed+ Editorial Board	39,4	36,49	37,81	37,3	36,9	34,7	3,18	3,48

Заключение

Установлено, что кормовая добавка «Фурор» оказывает значительное влияние на удой и содержание белка молока у коров различных периодов лактации. Результаты экспериментов показали, что у коров контрольной группы, получавших сухой кормовой концентрат «Фурор», снижение удоя за период раздоя составило 4,66 кг молока, тогда, как у опытных животных только 1,59 кг.

Исследование влияния КК «Фурор» на молочную продуктивность коров в середине лактации показали, что у коров контрольной группы удой за последующие 121–180 дней лактации колебался в пределах от 33,1 до 31,6 кг, в то время как у животных опытной группы от 34,7 до 37,3 кг, что на 12,7 кг (9,8%) больше.

Массовая доля молочного белка у контрольных животных в исследуемый период изменилась с 2,94 до 3,32%, а у опытной группы – с 3,18 до 3,48.

Средний удой коровы опытной группы за 180 дней лактации составил 6678 кг молока, а в контрольной – 5908,8 кг, со средней массовой долей молочного белка: 184,95 кг в контрольной группе и 222,38 кг – в опытной группе.

Литература

1 Лабутина Н.Д., Юрина Н.А., Скворцова Л.Н., Хорин Б.В. и др. Природный источник гуминовых и фульвовых кислот в кормлении птицы // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2019. Т. 8. №. 2.

2 Мусабаев Б.И., Рашев С.А., Есенбаев А.А., Есжанова Э.Б. Влияние инновационного препарата AL KARAL на ослабленных ягнят // Труды международной научной онлайн-конференции «АгроНаука-2020». 2020. С. 177-181.

3 Васильев А.А. Значение, теория и практика использования препаратов на основе гуминовых кислот // Основы и перспективы органических биотехнологий. 2018. №. 2. С. 3-5.

4 Бендерский Н.С., Куделина О.М., Ганцгорн Е.В., Сафроненко А.В. Фульвовая кислота-биологически активная добавка или лекарство? // Кубанский научный медицинский вестник. 2020. Т. 27. №. 3. doi: 10.25207/1608-6228-2020-27-3-78-91

5 Макарцев Н.Г. Кормление сельскохозяйственных животных. Калуга: Ноосфера, 2017. 460 с.

6 Инербаев Б.О., Шелепов В.Г., Инербаева А.Т. Изучение влияния низкомолекулярной гуминовой кормовой добавки "Фульвогумат" ТМ корм на мясную продуктивность герефордских бычков // АПК России. 2017. Т. 24. №. 5. С. 1201-1210.

7 Комирняя А.Н., Комлацкий В.И. Кормовые добавки как альтернатива антибиотиков в птицеводстве // Научное обеспечение агропромышленного комплекса. 2017. С. 124-125.

8 Лабутина Н.Д., Осепчук, Д.В., Хорин Б.В., Гнеуш А.Н. Природное кормовое сырье // Новости науки в АПК. 2019. №. 3. С. 205-209.

9 Нежданов А., Сергеева Л., Лободин К. Интенсивность воспроизводства и молочная продуктивность коров // Молочное и мясное скотоводство. 2008. №. 5. С. 2-4.

10 Михирева Ю.А., Быкова О.А. Влияние кормовой добавки Биостоль на молочную продуктивность и состав молока коров чёрно-пёстрой породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. №. 1 (63).

11 Горлов И.Ф., Сложенкина М.И., Мосолова Н.И., Сивко А.Н. и др. Влияние новой комплексной кормовой добавки на переваримость питательных веществ кормов и молочную продуктивность коров // Молочное и мясное скотоводство. 2017. №. 8. С. 31-35.

12 Hassan A.A., Salem A.Z.M., Elghandour M.M.Y., Hafsa S.A. et al. Humic substances isolated from clay soil may improve the ruminal fermentation, milk yield, and fatty acid profile: A novel approach in dairy cows // Animal Feed Science and Technology. 2020. V. 268. P. 114601. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114601

13 Ma J., Ma C., Fan X., Shah A.M. et al. Use of condensed molasses fermentation solubles as an alternative source of concentrates in dairy cows // Animal Bioscience. 2021. V. 34. №. 2. P. 205. doi: 10.5713/ajas.19.0844

14 Fuqiang Q., Limin Q., Hua Y. Effects of 5% Biological Compound Premix on Milk Performance and Quality in Dairy Cow // Animal Husbandry and Feed Science. 2014. V. 6. №. 3. P. 141.

15 Arif M., Alagawany M., Abd El-Hack M.E., Saeed M. et al. Humic acid as a feed additive in poultry diets: a review // Iranian journal of veterinary research. 2019. V. 20. №. 3. P. 167.

16 Liu Y., Mao J.X., Wei X.D., Yi M. et al. Effects of biotechnologically produced fulvic acid on nutritional status and health indicators of sprague-dawley rats // Pakistan J. Zool. 2019. V. 51. №. 3. P. 961.

17 Bai H.X., Chang Q.F., Shi B.M., Shan A.S. Effects of fulvic acid on growth performance and meat quality in growing-finishing pigs // Livestock Science. 2013. V. 158. №. 1-3. P. 118-123. doi: 10.1016/j.livsci.2013.10.013

18 Chang Q., Lu Z., He M., Gao R. et al. Effects of dietary supplementation of fulvic acid on lipid metabolism of finishing pigs // Journal of animal science. 2014. V. 92. №. 11. P. 4921-4926. doi: 10.2527/jas.2014-8137

19 Dai C., Xiao X., Yuan Y., Sharma G. et al. A Comprehensive Toxicological Assessment of Fulvic Acid // Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 2020. V. 2020. doi: 10.1155/2020/8899244

20 Shugeng W.J., Zhang, H.W.U., Chuanyu Y.U., Baosheng Y.C.T. et al. Fulvic acid: Effects on performance and blood biochemical parameters in broilers // Chinese Journal of Animal Nutrition. 2013. V. 1. P. 021.

References

1 Labutina N.D., Yurina N.A., Skvortsova L.N., Khorin B.V. and other Natural source of humic and fulvic acids in poultry feeding. Collection of scientific papers of the Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine. 2019. vol. 8. no. 2. (in Russian).

2 Musabaev B.I., Rashev S.A., Esenbaev A.A., Eszhanova E.B. Influence of the innovative drug AL KARAL on weakened lambs. Proceedings of the international scientific online conference "AgroNauka-2020". 2020. pp. 177-181. (in Russian).

3 Vasiliev A.A. Significance, theory and practice of using preparations based on humic acids. Fundamentals and prospects of organic biotechnologies. 2018. no. 2. pp. 3-5. (in Russian).

4 Bendersky N.S., Kudelina O.M., Gantsgorn E.V., Safronenko A.V. Is fulvic acid a dietary supplement or medicine? Kuban Scientific Medical Bulletin. 2020. vol. 27. no. 3.doi: 10.25207/1608-6228-2020-27-3-78-91 (in Russian).

5 Makartsev N.G. Feeding farm animals. Kaluga, Noosphere, 2017. 460 p. (in Russian).

6 Inerbaev B.O., Shelepov V.G., Inerbaeva A.T. Study of the effect of low molecular weight humic feed additive "Fulvogumate" TM feed on the meat productivity of Hereford gobies. APK of Russia. 2017. vol. 24. no. 5. pp. 1201-1210. (in Russian).

7 Komirnyaya A.N., Komlatsky V.I. Feed additives as an alternative to antibiotics in poultry farming. Scientific support of the agro-industrial complex. 2017. pp. 124-125. (in Russian).

8 Labutina N.D., Osepchuk, D.V., Khorin B.V., Gneush A.N. Natural fodder raw materials. Science news in the agro-industrial complex. 2019. no. 3. pp. 205-209. (in Russian).

9 Nezhdanov A., Sergeeva L., Lobodin K. Reproduction intensity and milk productivity of cows. Dairy and meat cattle breeding. 2008. no. 5. pp. 2-4. (in Russian).

10 Mikhireva Yu.A., Bykova O.A. Influence of feed additive Biostol on milk productivity and milk composition of black-and-white cows. Izvestia of the Orenburg State Agrarian University. 2017. no. 1 (63). (in Russian).

11 Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Mosolova N.I., Sivko A.N. et al. Influence of a new complex feed additive on the digestibility of feed nutrients and milk productivity of cows. Dairy and meat cattle breeding. 2017. no. 8. pp. 31-35. (in Russian).

12 Hassan A.A., Salem A.Z.M., Elghandour M.M.Y., Hafsa S.A. et al. Humic substances isolated from clay soil may improve the ruminal fermentation, milk yield, and fatty acid profile: A novel approach in dairy cows. Animal Feed Science and Technology. 2020. vol. 268. pp. 114601. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114601

13 Ma J., Ma C., Fan X., Shah A.M. et al. Use of condensed molasses fermentation solubles as an alternative source of concentrates in dairy cows. Animal Bioscience. 2021. vol. 34. no. 2. pp. 205. doi: 10.5713/ajas.19.0844

14 Fuqiang Q., Limin Q., Hua Y. Effects of 5% Biological Compound Premix on Milk Performance and Quality in Dairy Cow. Animal Husbandry and Feed Science. 2014. vol. 6. no. 3. pp. 141.

15 Arif M., Alagawany M., Abd El-Hack M.E., Saeed M. et al. Humic acid as a feed additive in poultry diets: a review. Iranian journal of veterinary research. 2019. vol. 20. no. 3. pp. 167.

16 Liu Y., Mao J.X., Wei X.D., Yi M. et al. Effects of biotechnologically produced fulvic acid on nutritional status and health indicators of sprague-dawley rats. Pakistan J. Zool. 2019. vol. 51. no. 3. pp. 961.

17 Bai H.X., Chang Q.F., Shi B.M., Shan A.S. Effects of fulvic acid on growth performance and meat quality in growing-finishing pigs. Livestock Science. 2013. vol. 158. no. 1-3. pp. 118-123. doi: 10.1016/j.livsci.2013.10.013

18 Chang Q., Lu Z., He M., Gao R. et al. Effects of dietary supplementation of fulvic acid on lipid metabolism of finishing pigs. Journal of animal science. 2014. vol. 92. no. 11. pp. 4921-4926. doi: 10.2527/jas.2014-8137

19 Dai C., Xiao X., Yuan Y., Sharma G. et al. A Comprehensive Toxicological Assessment of Fulvic Acid. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 2020. vol. 2020. doi: 10.1155/2020/8899244

20 Shugeng W.J., Zhang, H.W.U., Chuanyu Y.U., Baosheng Y.C.T. et al. Fulvic acid: Effects on performance and blood biochemical parameters in broilers. Chinese Journal of Animal Nutrition. 2013. vol. 1. pp. 021.

Сведения об авторах

Ангелина В. Кузьменкова ст. преподаватель, кафедра технических систем и автоматизации перерабатывающих производств, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, пр-т Гагарина, 97, г. Нижний Новгород, 603119, Россия, angel.kuz19@ya.ru
https://orcid.org/0000-0003-0201-0539

Елена А. Денисюк к.т.н., доцент, кафедра технических систем и автоматизации перерабатывающих производств, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, пр-т Гагарина, 97, г. Нижний Новгород, 603119, Россия, kafedratsiapp@ya.ru
https://orcid.org/0000-0001-8174-5722

Рубен В. Гиноян д.с-х.н, кафедра товароведения и переработки продукции животноводства, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, пр-т Гагарина, 97, г. Нижний Новгород, 603119, Россия, r.ginojan@ya.ru
https://orcid.org/0000-0003-1501-1821

Наталья Я. Дмитриева к.с-х.н, доцент, кафедра кормления сельскохозяйственных животных, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, пр-т Гагарина, 97 Нижний Новгород, 603116, Россия, zzzzzzzxxx88@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-8095-2823

Information about authors

Angelina V. Kuzmenkova senior lecturer, technical systems and automation of processing industries department, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, 97 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603119, Russia,, angel.kuz19@ya.ru
https://orcid.org/0000-0003-0201-0539

Elena A. Denisyuk Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technical systems and automation of processing industries department, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, 97 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603116, Russia, kafedratsiapp@ya.ru
https://orcid.org/0000-0001-8174-5722

Ryben V. Ginoyan Dr. Sci. (Agric.), commodity connection and processing of animal products department, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, 97 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603116, Russia, r.ginojan@ya.ru
https://orcid.org/0000-0003-1501-1821

Natalya Ya. Dmitrieva cand. sci. (agric.), associate professor, feeding of agricultural animals department, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, 97 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603116, Russia, zzzzzzzxxx88@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-8095-2823

Вклад авторов

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

Contribution

All authors are equally involved 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 20/04/2021	**После редакции** 14/05/2021	**Принята в печать** 01/06/2021

Received 20/04/2021	**Accepted in revised** 14/05/2021	**Accepted** 01/06/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-126-132 Оригинальная статья/Research article

УДК 664.8.037.1 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Влияние температуры и бета-каротина на процессы гидролиза и окисления триацилглицеринов оливкового масла холодного отжима при хранении

Валентина С. Колодязная [1] kvs_holod@mail.ru 0000-0002-6339-4583

Мари Алнакуд [1] marynackoud1992@gmail.com

Татьяна В. Алексеева [2] zyablova@mail.ru 0000-0001-8035-7293

1 Национальный исследовательский университет ИТМО, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт- Петербург, 191002, Россия

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

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по влиянию антиоксиданта бета-каротина и температуры хранения на гидролитические и окислительные процессы, протекающие при хранении оливкового масла холодного отжима, полученного из оливок, выращенных в почвенно-климатических условиях Сирии. Цель - исследовать влияние температуры и бета-каротина на кинетику реакций гидролиза триацилглицеринов (ТАГ) и окисления свободных жирных кислот (СЖК) оливкового масла в процессе хранения. Объектом исследования выбрано оливковое масло холодного отжима, полученного из оливок, выращенных в почвенно-климатических условиях Сирии по общепринятой технологии (урожай 2019 г.). Контрольные образцы №1 (без добавления антиоксиданта) и опытные с добавлением бета–каротина в количестве 400 (№2) и 600 мг/100г (№3) хранили при температуре 18°С в течение 7 мес. Образец масла №4 без добавления антиоксиданта хранили при температуре 4°С. В исследуемых образцах периодически определяли титриметрическим методом кислотное число, по изменению которого оценивали образование свободных жирных кислот в процессе гидролиза ТАГ, а также перекисное число, характеризующее образование продуктов окисления СЖК. Органолептические показатели качества оценивали по пятибалльной шкале. Рассчитаны константы скорости гидролиза ТАГ и окисления СЖК оливкового масла. Показано, что в процессе хранения опытных образцов масла значительно замедляются гидролитические и окислительные процессы ТАГ при добавлении антиоксиданта бета-каротина. Установлено что минимальные изменения содержания продуктов гидролиза ТАГ и окисления СЖК в процессе хранения оливкового масла при температуре +18°С характерны для образцов, содержащих 400 мг/ л бета-каротина и для образцов масла, хранящихся при температуре +4°С без добавления антиоксиданта. Обоснованы сроки годности оливкового масла в зависимости от дозы бета-каротина и температуры хранения

Ключевые слова: оливковое масло, бета-каротин, качество, температура хранения, гидролиз, окисление

Influence of temperature and beta-carotene on the processes of hydrolysis and oxidation of triacylglycerins in extra virgin olive oil during storage

Valentina S. Kolodiaznaia [1] kvs_holod@mail.ru 0000-0002-6339-4583

Mary Alnakoud [1] marynackoud1992@gmail.com

Tatyana B. Alekseeva [2] zyablova@mail.ru 0000-0001-8035-7293

1 National Research University ITMO, str. Lomonosova 9, Saint- Petersburg, 191002, Russia

2 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The article presents the results of studies on the effect of antioxidant beta-carotene and storage temperature on hydrolytic and oxidative processes occurring during storage of extra virgin olive oil obtained from olives grown in the soil and climatic conditions of Syria. The aim is to study the effect of temperature and beta-carotene on the kinetics of reactions of hydrolysis of triacylglycerides (TAG) and oxidation of free fatty acids (FFA) of olive oil during storage. The object of the study was extra virgin olive oil obtained from olives grown in the soil and climatic conditions of Syria according to the generally accepted technology (harvest 2019). Control sample № 1 (without the addition of antioxidant) and experimental samples with the addition of beta-carotene in the amount of 400 (№ 2) and 600 mg/100 g (№ 3) were stored at a temperature of 18 °C for 7 months. Oil sample № 4 without the addition of antioxidants was stored at 4 °C. In the samples under study, the acid value was periodically determined by the titration method, according to the change in which the formation of free fatty acids during the hydrolysis of TAG, as well as the peroxide value characterizing the formation of FFA oxidation products, was estimated. The organoleptic assessment of the oil quality indicators according to the studied descriptors was 5 points. The rate constants of TAG hydrolysis and oxidation of FFA in olive oil have been calculated. It has been shown that during the storage of experimental oil samples the hydrolytic and oxidative processes of TAG significantly slow down with the addition of the antioxidant beta-carotene. It was found that minimal changes in the content of TAG hydrolysis products and FFA oxidation during storage of olive oil at a temperature of + 18 °C are characteristic for samples containing 400 mg/L of beta-carotene and for oil samples stored at a temperature of + 4 °C without the addition of an antioxidant. Expiration dates of olive oil are substantiated depending on the dose of beta-carotene and storage temperature

Keywords: olive oil, beta-carotene, quality, storage temperature, hydrolysis, oxidation

Для цитирования

Колодязная В.С., Алнакуд М., Алексеева Т.В. Влияние температуры и бета-каротина на процессы гидролиза и окисления триацилглицеринов оливкового масла холодного отжима при хранении // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 126–132. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-126-132

For citation

Kolodiaznaia V.S., Alnakoud M., Alekseeva T.V. Influence of temperature and beta-carotene on the processes of hydrolysis and oxidation of triacylglycerins in extra virgin olive oil during storage. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 126–132. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-126-132

© 2021, Колодязная В.С. и др. / Kolodiaznaia V.S. et al.

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

В настоящее время на российский рынок поставляется оливковое масло различных сортов из многих стран мира, в том числе из Сирии.

В зависимости от технологии получения оливкового масла реализуются различные сорта, из которых наиболее востребованными на международном рынке является масло первого холодного отжима высшего качества, полученное методом прессования, без химических реагентов [1].

Оливковое масло отличается высокой биологической ценностью [2], содержит моно- и – полиненасыщенные жирные кислоты, фенольные соединения, токоферолы и фитостерины [3]. Исследованиями ряда ученых показано, что химический состав и соотношение насыщенных и ненасыщенных кислот оливкового масла, его стабильность в процессе хранения зависят от сорта оливок, типа почвы, агротехники их выращивания, времени сбора урожая и технологии получения [1–4].

Основной причиной ухудшения качества масла, снижения пищевой и биологической ценности в процессе хранения является окисление насыщенных и особенно ненасыщенных жирных кислот, а также гидролиз ТАГ с образованием моно- и диглицеридов и свободных жирных кислот [4–7]. Устойчивость масел к окислению зависит от состава жирных кислот, структуры и концентрации антиоксидантных соединений (токоферолы, фенольные соединения, каротиноиды и др. [8]. Воздействие света, кислорода и температуры также влияют на качество оливкового масла в процессе хранения [9, 10].

Проведены исследования по влиянию температуры в интервале от 10 до 25 °С на качество оливкового масла при хранении [11, 12]. Показано, что низкие температуры вызывают изменение физического состояния масла, связанного с его кристаллизацией. Это превращение влияет на растворимость некоторых соединений, например фенольных. Некоторые из вышеупомянутых исследований также касались влияния замораживания на качество оливкового масла первого отжима [12, 13].

Показано, что при низких температурах хранения оливкового масла лучше сохраняются физико – химические показатели качества и стабильность в течение 12 мес хранения. Так, содержание фенольных соединений снижается на 24% при температуре хранения масла 15 °С на 9,5% – при температуре минус 4 °С и на 7,3% – при хранении в замороженном состоянии при -18 °С [8].

В исследованиях [14] отмечено, что после трех месяцев хранения значения перекисного числа в образце оливкового масла, хранящегося при температуре 20–22 °С, уменьшаются, но медленнее, чем в процессе хранения при более высоких температурах. Эти изменения связаны с тем, что со временем пероксиды превращаются во вторичные карбонильные соединения, которые отличаются высокой стабильностью к воздействию внешних факторов. Образование низкомолекулярных альдегидов и кетонов ухудшает качество масла, придавая ему прогорклый вкус [15–20].

В решении проблемы максимально возможного сохранения качества, пищевой и биологической ценности оливкового масла в процессе хранения актуальным и перспективным направлением исследований является применение антиоксидантов различной структуры в сочетании с температурой хранения, позволяющим замедлить процессы гидролиза ТАГ и окисления СЖК при пролонгированных сроках годности. В настоящее время высказываются противоречивые мнения по поводу эффективности и целесообразности применения антиоксидантов различной структуры в зависимости от сорта, технологии получения и температуры хранения оливкового масла.

Цель исследования – изучение влияния температуры хранения и дозы бета-каротина на процессы гидролиза ТАГ и окисления СЖК, физико-химические и органолептические показатели качества оливкового масла холодного отжима.

Материалы и методы

Объектом исследования выбрано оливковое масло холодного отжима, полученное из оливок, выращенных в почвенно-климатических условиях Сирии по общепринятой технологии. Урожай оливок собран в августе 2019 г. В качестве антиоксиданта использовали бета-каротин, фирмы «Экоресурс», Санкт-Петербург. В процессе исследования влияния температуры и дозы бета-каротина на гидролитические и окислительные процессы, протекающие в оливковом масле при хранении, контрольные (№ 1) и опытные образцы с добавлением бета-каротина в количестве 400 (№ 2) и 600 мг/100 г. (№ 3) хранили при температуре + 18 °С. Образец оливкового масла (№ 4) без добавления бета-каротина хранили при температуре + 4 °С.

Исследуемые образцы хранились в герметично закрытых бутылках из темного стекла.

Гидролиз ТАГ и образование СЖК оценивали по изменению кислотного числа (КЧ), образование продуктов окисления перекисных соединений (ПС) – по изменению перекисного числа (ПЧ). При поступлении на хранение и в течение этого процесса в исследуемых образцах периодически определяли: массовую долю жира – методом Сокслета; перекисное число – титрованием тиосульфатом натрия в присутствии йодистого калия (ГОСТ 26593–85); кислотное число – титриметрическим методом в спиртовой среде относительно стандартного раствора гидроксида калия (ГОСТ Р 52110–2003).

Органолептические показатели качества масла оценивали по пятибалльной шкале по следующим дескрипторам: цвет, запах, вкус и прозрачность оливкового масла.

Эксперименты проводили в трехкратной повторяемости, данные обрабатывали методом математической статистики с нахождением доверительного интервала при вероятности 95% с применением стандартных компьютерных программ, в таблицах и на рисунках представлены средние арифметические значения исследуемых показателей.

Результаты

Механизм химических и биохимических реакций превращения ТАГ сложный, включает образование как лабильных и высоко реакционноспособных промежуточных соединений, так и стабильных конечных продуктов – карбонильных соединений. При изучении механизмов реакций на основе химико-кинетического подхода важное значение имеет последовательность трансформации ТАГ в промежуточные продукты, включающие продукты гидролиза СЖК и окисления (перекисные и гидро перекисные соединения), влияющие на качество и безопасность масла при длительном холодильном хранении.

Глубина и интенсивность этих процессов зависят от жирно-кислотного состава масла, дозы и структуры антиоксидантов, контакта с кислородом воздуха, и типа упаковочных материалов.

Кинетическое исследование заключалось в постановке экспериментов по изучению изменения СЖК и перекисных соединений (ПС) в зависимости от продолжительности хранения контрольных и опытных образцов оливкового масла при температуре + 18 и + 4 ºС.

Обозначим содержание ТАГ, СЖК и ПС [A], [B], и [C] соответственно и составим кинетические уравнения:

Пусть последовательная реакция протекает по схеме:

$$A \xrightarrow{K_1} B \xrightarrow{K_2} C$$

Дифференциальные уравнения закона действующих масс для данной схемы запишем в следующем виде:

$$\frac{dA}{d\tau} = -K_1 A \quad (1)$$

$$\frac{dB}{d\tau} = K_1 A - K_2 B \quad (2)$$

$$\frac{dC}{d\tau} = K_2 C \quad (3)$$

где K_1 – константа скорости реакции образования СЖК, сут$^{-1}$; K_2 – константа скорости реакции окисления жиров, сут$^{-1}$.

Одно из уравнений полученной системы исключим, используя закон материального баланса:

$$A_0 = A + B + C \quad (4)$$

где A_0 – начальная концентрация ТАГ, A_0 = 97,6%; A, B и C – концентрации веществ в любой момент времени.

Подставим $A = A_0 - B - C$ в уравнение (2), тогда

$$\begin{cases} \dfrac{dB}{d\tau} = K_1 A_0 - (K_1 + K_2) B - K_1 C \\ \dfrac{dC}{d\tau} = K_2 C \end{cases}$$

Полученная система дифференциальных уравнений является линейной и в результате решения этих уравнений концентрации веществ определяются следующими соотношениями:

$$\begin{bmatrix} B = \dfrac{K_1 A_0}{K_2 - K_1}\left(\exp[-K_1\tau] - \exp[-K_2\tau]\right) \\ C = \dfrac{A_0 K_2}{K_2 - K_1}\left[\begin{matrix}(K_1 - K_2) + (K_2 \exp[-K_1\tau]) - \\ -(K_1 \exp[-K_2\tau])\end{matrix}\right] \\ A = A_0 - B - C \end{bmatrix} \quad (5)$$

В процессе исследования влияния дозы антиоксиданта и температуры на процессы гидролиза ТАГ и окисления СЖК оливкового масла получены результаты по изменению кислотного и перекисного числа.

На рисунках 1 и 2 показана зависимость изменения содержания СЖК и ПЧ оливкового масла от дозы бета-каротина, температуры и продолжительности хранения.

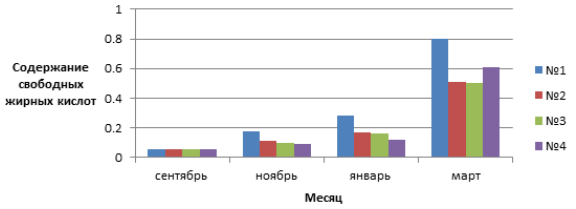


Рисунок 1. Изменение содержания СЖК (%) при хранении оливкового масла

Figure 1. Change of FFA content (%) during storage of olive oil

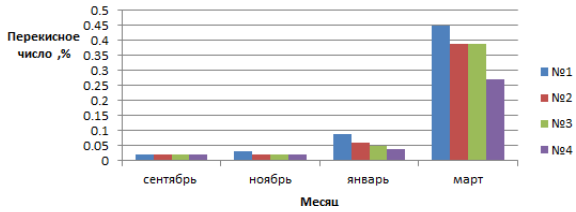


Рисунок 2. Изменение перекисного числа (% J2) оливкового масла в процессе хранения

Figure 2. Changes of peroxide value (% J2) during storage of olive oil

По результатам изменения содержания продуктов гидролиза ТАГ и окисления СЖК в процессе хранения оливкового масла в зависимости от дозы антиоксиданта, температуры и продолжительности хранения рассчитаны константы скорости реакции псевдопервого порядка К по формуле

$$K = 1/\tau \ln C_0/C, \quad (6)$$

где C_0 – начальная концентрация исследуемого соединения; С – концентрация исследуемого вещества в момент времени τ.

Значения констант скорости реакции гидролиза ТАГ K_1 и окисления СЖК K_2 приведены в таблицах 1 и 2. Зная значения констант, по формулам (5) можно определить содержание продуктов гидролиза и окисления в любой момент времени в пределах продолжительности хранения оливкового масла.

Таблица 1.

Константа скорости реакции гидролиза ТАГ оливкового масла при хранении, K_1, $сут^{-1}$

Table 1.

Reaction rate constants of hydrolysis of olive oil TAG during storage, K_1, day^{-1}

Образец Sample	Константа скорости реакции окисления K_2, $сут^{-1}$ Rate constant of oxidation reaction K_2, $days^{-1}$		
	$0 \le \tau \ge 90$	$0 \le \tau \ge 150$	$0 \le \tau \ge 200$
№ 1	0.0121	0,0102	0.0131
№ 2	0.0067	0.0069	0.0107
№ 3	0.0066	0.0068	0.0106
№ 4	0.0045	0.0046	0.0116

Таблица 2.

Константа скорости реакции окисления СЖК оливкового масла при хранении, K_2, $сут^{-1}$

Table 2.

Reaction rate constants of oxidation of FFA in olive oil TAG during storage, K_1, day^{-1}

Образец Sample	Константа скорости реакции окисления K_2, $сут^{-1}$ Rate constant of oxidation reaction K_2, $days^{-1}$		
	$0 \le \tau \ge 90$	$0 \le \tau \ge 150$	$0 \le \tau \ge 200$
№ 1	0.0045	0.0101	0.0156
№ 2	0	0.0061	0.0148
№ 3	0	0.0061	0.0144
№ 4	0	0.0046	0.0130

Как следует из рисунка 1, кислотность оливкового масла увеличивается в процессе хранения во всех образцах с различной скоростью, которая зависит от дозы антиоксиданта и температуры хранения и интенсивнее протекает в контрольном образце, особенно после 150 сут хранения при 18 °С.

В то время как образцы оливкового масла, в которые были добавлены в качестве антиоксиданта бета-каротин (№ 2, № 3) показали небольшое повышение кислотности после 5 мес хранения при 18 °С. Кислотное число значительно увеличилось в конце марта, особенно в контрольных образцах, хранящихся при температуре 18 °С.

Как следует из рисунка 2 в процессе хранения масла в течение 90 сут значение перекисного числа в четырех образцах оливкового масла незначительно увеличиваться в контрольном образце и не изменяется во всех опытных образцах.

Через 5 мес хранения значения перекисного числа постепенно увеличиваются во всех хранящихся образцах, то есть происходит окисление, прежде всего, ненасыщенных жирных кислот оливкового масла с образованием первичных нестабильных продуктов окисления.

Однако значение перекисного числа осталось в приемлемых пределах, но его значение в контрольном образце № 1 увеличилось значительнее, чем в образцах № 2 и 3, к которым бета-каротин был добавлен в качестве природного антиоксиданта при различных концентрациях. Следовательно, бета-каротин замедляет процесс окисления ненасыщенных жирных кислот и, как следствие, увеличивается стабильность масла.

Значение перекисного числа в образце № 4, хранящемся при температуре 4 °С, незначительно увеличилось. Следовательно, низкая температура хранения снижает скорость образования гидропероксида.

В конце марта значение ПЧ во всех образцах значительно возросло, а допустимые естественные пределы превысили 0,2%. Однако значение пероксида в образце № 1 продолжало увеличиваться больше, чем в остальных образцах. Это связано с тем, что увеличилось количество СЖК в результате гидролиза ТАГ.

Значение ПЧ интенсивно увеличивалось во всех образцах в период от 150 до 200 сут хранения.

Как следует из таблицы 1, константа скорости реакции гидролиза и окисления ТАГ в период хранения масла до 90 сут значительно выше в контрольных образцах, хранящихся при температуре +18. Минимальные значения K_1 и K_2 отмечены для образцов масла, хранившихся при температуре +4 °С до 150 сут.

Проведена органолептическая оценка показателей качества исследуемых образцов масла по следующим дескрипторам: вкус, цвет, запах, прозрачность. Сенсорную оценку проводили при поступлении на хранение контрольных образцов масла, затем контрольных и опытных образцов через 5 и 7 мес хранения.

Данные приведены на рисунке 3.

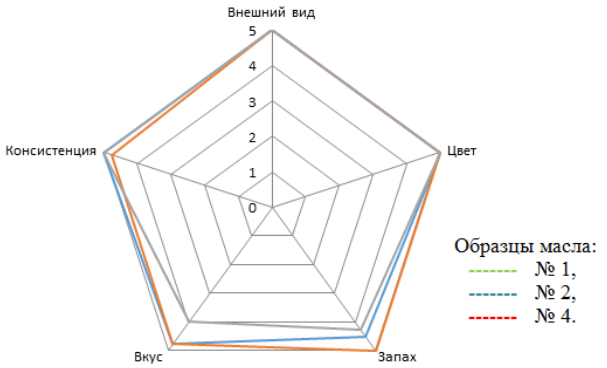


Рисунок 3. Органолептические показатели качества контрольных и опытных образцов масла через 7 мес хранения

Figure 3. Changes in the organoleptic indicators of the quality of control and experimental oil samples during storage after 7 months

При поступлении на хранение оливковое масло отличалось нежным вкусом, мягким приятным ароматом, зеленовато-желтым цветом и прозрачностью. Органолептическая оценка показателей качества масла по исследуемым дескрипторам составила 5 баллов.

После 5 мес хранения запах и вкус образца № 1 начал ухудшаться в результате окисления ненасыщенных жирных кислот и образования пероксидов. В то же время отмечено, что остальные три образца сохранили хороший вкус и запах.

Но через 7 мес хранения контрольный образец имел прогорклый привкус и неприемлемый неприятный запах из-за окисления ненасыщенных жирных кислот и образования соединений, ответственных за неприятный запах и вкус, таких как альдегиды, кетоны и другие вторичные продукты окисления. В тоже время образцы масла, в которые добавлен бета-каротин (№ 2 и 3) и образец № 4, хранящийся при температуре 4 °С, имели более высокие баллы при сенсорной оценке вкуса и запаха, чем образец № 1 (рисунок 3). Не отмечено изменений в цвете масла во всех исследуемых образцах.

Следует отметить, что масло, хранящееся при температуре 4 °С кристаллизовалось, изменилась консистенция и было непрозрачным, но после выдерживания при температуре 18–20 °С кристаллы разрушались и масло приобретало характерную для него прозрачность.

Таким образом, в процессе хранения оливкового масла органолептические показатели масла изменялись в зависимости от продолжительности и температуры хранения и дозы антиоксиданта. Максимальная оценка органолептических показателей качества масла получена для образцов, хранящихся при температуре +18 °С с добавлением бета – каротина в количестве 400 мг/100 и хранящихся при температуре +4 °С без добавления антиоксиданта.

Заключение

На основании теоретических и экспериментальных исследований по хранению оливкового масла обосновано применение антиоксиданта бета-каротина, замедляющего процессы окисления насыщенных и ненасыщенных жирных кислот масла в процессе длительного хранения при температуре +18 °С.

На основании анализа результатов исследований сделаны следующие выводы:

1. Показано, что оливковое масло первого отжима, полученное из оливок, выращенных в почвенно-климатических условиях Сирии, содержит 97,6% ТАГ.

2. Установлено, что скорость реакций гидролиза ТАГ и окисления насыщенных и ненасыщенных жирных кислот оливкового масла зависит от дозы бета-каротина и температуры хранения. Составлены математические модели, характеризующие зависимости изменения перекисного и кислотного числа от продолжительности хранения при температуре +18 °С контрольных образцов оливкового масла, а также образцов, содержащих 400 и 600 мг/л бета – каротина. Определены константы скорости реакций псевдопервого порядка гидролиза и окисления свободных жирных кислот.

3. Установлено, что в процессе хранения опытных образцов масла значительно замедляются гидролитические и окислительные процессы ТАГ при добавлении антиоксиданта бета-каротина.

Показано, что минимальные изменения содержания продуктов гидролиза ТАГ и окисления СЖК в процессе хранения оливкового масла при температуре +18 °С характерны для образцов, содержащих 400 мг/ л бета-каротина и для образцов масла, хранящихся при температуре +4 °С без добавления антиоксиданта.

4. По комплексу органолептических, физико-химических показателей качества и показателей безопасности оливкового масла рекомендуются следующие сроки годности при температуре хранения +18 °С: масло без добавления бета-каротина – 5 мес, с добавлением 400 мг/ г бета – каротина – 7 мес, при температуре +4 °С без добавления антиоксидантов – 7 мес.

Литература

1 Silva S.F., Anjos C.A.R., Cavalcanti R.N., Celeghini R.M.D.S. Evaluation Of extra virgin olive oil stability by artificial neural network // Food Chem. 2015. V. 179. P. 35–43. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.01.100

2 Román G.C., Jackson R.E., Reis J., Román A.N. et al. Extra-virgin olive oil for potential prevention of Alzheimer disease. Rev. Neurol. 2019. V. 175. P. 705–723. doi: 10.1016/j.neurol.2019.07.017

3 Aparicio R., Harwood J. Handbook of olive oil. Boston, MA, USA: Springer, 2013. P. 431-478.

4 Stefanoudaki E., Williams M., Harwood J. Changes in virgin olive oil characteristics during different storage conditions // European Journal of Lipid Science and Technology. 2010. № 112(8). P. 906–914. doi: 10.1002/ejlt.201000066

5 Korifi R., Plard J., Le Dréau Y., Rébufa C. et al. Highlighting metabolic indicators of olive oil during storage by the AComDim method // Food Chemistry. 2016. V. 203. P.104–116. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.01.137

6 Samaniego- Sánchez C., Oliveras- López M.J., Quesada- Granados J.J., Villalón- Mir M. et al. Alterations in picual extra virgin olive oils under different storage conditions // European Journal of Lipid Science and Technology. 2012. V. 114. № 2. P.194–204. doi: 10.1002/ejlt.201100191

7 Esposto S., Selvaggini R., Taticchi A, Veneziani G. et al. Quality evolution of extra-virgin olive oils according to their chemical composition during 22 months of storage under dark conditions // Food Chem. 2020. № 311. P. 126-144. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.126044

8 Dolores M. Influence of Extreme Storage Conditions on Extra Virgin Olive Oil Parameters // Analytical Methods in Chemistry. 2016. № 461. P. 1–10. doi: 10.1155/2016/7506807

9 Pristouri G., Badeka A., Kontominas M.G. Effect of packaging material headspace, oxygen and light transmission, temperature and storage time on quality characteristics of extra virgin olive oil // Food Control. 2010. V. 21. P. 412–418. doi: 10.1016/j.foodcont.2009.06.019

10 Farhoosh R., Hoseini-Yazdi S.Z. Shelf-life prediction of olive oils using empirical models developed at low and high temperatures // Food Chem. 2013. № 141. P. 557–565. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.03.024

11 Arranz S., Martínez-Huélamo M., Vallverdu-Queralt A., Valderas-Martinez P. et al. Influence of olive oil on carotenoid absorption from tomato juice and effects on postprandial lipemia // Food chemistry. 2015. V. 168. P. 203-210. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.07.053

12 Li X., Zhu H., Shoemaker C.F., Wang S.C. The effect of different cold storage conditions on the compositions of extra virgin olive oil // J. Am. OilChem. Soc. 2014. № 91. P. 1559–1570. doi: 10.1007/s11746-014-2496-0

13 Mulinacci N., Ieri F., Ignesti G., Romani A. et al. The freezing process helps to preserve the quality of extra virgin olive oil over time: A case study up to 18 months // Food Res. Int. 2013. № 54. P. 2008–2015. doi: 10.1016/j.foodres.2013.03.052

14 Ayton J.R.M. The Effect of Storage Conditions on Extra Virgin Olive Oil Quality. Barton, Australia: Rural Industries Research and Development Corporation. 2012. № 12/024. URL: https://1.oliveoiltimes.com/library/Olive-Oil-Storage

15 Krátčmar S., Fišera M., Přikrylová V. Storage Of Extra virgin olive oil and its impact on fatty acids levels // J. Microbiol Biotech Food Science. 2017. № 8. P. 1228–1230.

16 Abbad J., Afaneh I., Ayyad Z., Al-Rimawi F. et al. Evaluation of the effect of packaging materials and storage temperatures on quality degradation of extra virgin olive oil from olives grown in Palestine // Am. J. Food Sci. Technol. 2014. № 2. P. 162–174.

17 Lolis A., Badeka A.V., Kontominas M.G. Effect of bag-in-box packaging material on quality characteristics of extra virgin olive oil stored under household and abuse temperature conditions // Food Package. 2019. № 21. P. 2–7.

18 Tekaya M., Mechri B., Bchir A., Attia F. et al. Enhancement of antioxidants in olive oil by foliar fertilization of olive trees // Journal of the American Oil Chemists' Society. 2013. V. 90. №. 9. P. 1377-1386. doi: 10.1007/s11746-013-2286-0

19 García-Ruíz A.B., Chova-Martínez M., Bermejo-Román R. Improvement of Physico-chemical Properties of Arbequina Extra Virgin Olive Oil Enriched with β-Carotene from Fungi // Journal of Oleo Science. 2021. P. ess20195.

20 Casado-Díaz A., Dorado G., Quesada-Gómez J. M. Influence of olive oil and its components on mesenchymal stem cell biology // World journal of stem cells. 2019. V. 11. №. 12. P. 1045. doi: 10.4252/wjsc.v11.i12.1045

References

1 Silva S.F., Anjos C.A.R., Cavalcanti R.N., Celeghini R.M.D.S. Evaluation Of extra virgin olive oil stability by artificial neural network. Food Chem. 2015. vol. 179. pp. 35–43. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.01.100

2 Román G.C., Jackson R.E., Reis J., Román A.N. et al. Extra-virgin olive oil for potential prevention of Alzheimer disease. Rev. Neurol. 2019. vol. 175. pp. 705–723. doi: 10.1016/j.neurol.2019.07.017

3 Aparicio R., Harwood J. Handbook of olive oil. Boston, MA, USA: Springer, 2013. pp. 431-478.

4 Stefanoudaki E., Williams M., Harwood J. Changes in virgin olive oil characteristics during different storage conditions. European Journal of Lipid Science and Technology. 2010. no. 112(8). pp. 906–914. doi: 10.1002/ejlt.201000066

5 Korifi R., Plard J., Le Dréau Y., Rébufa C. et al. Highlighting metabolic indicators of olive oil during storage by the AComDim method. Food Chemistry. 2016. vol. 203. pp.104–116. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.01.137

6 Samaniego- Sánchez C., Oliveras- López M.J., Quesada- Granados J.J., Villalón- Mir M. et al. Alterations in picual extra virgin olive oils under different storage conditions. European Journal of Lipid Science and Technology. 2012. vol. 114. no. 2. pp.194–204. doi: 10.1002/ejlt.201100191

7 Esposto S., Selvaggini R., Taticchi A, Veneziani G. et al. Quality evolution of extra-virgin olive oils according to their chemical composition during 22 months of storage under dark conditions. Food Chem. 2020. no. 311. pp. 126-144. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.126044

8 Dolores M. Influence of Extreme Storage Conditions on Extra Virgin Olive Oil Parameters. Analytical Methods in Chemistry. 2016. no. 461. pp. 1–10. doi: 10.1155/2016/7506807

9 Pristouri G., Badeka A., Kontominas M.G. Effect of packaging material headspace, oxygen and light transmission, temperature and storage time on quality characteristics of extra virgin olive oil. Food Control. 2010. vol. 21. pp. 412–418. doi: 10.1016/j.foodcont.2009.06.019

10 Farhoosh R., Hoseini-Yazdi S.Z. Shelf-life prediction of olive oils using empirical models developed at low and high temperatures. Food Chem. 2013. no. 141. pp. 557–565. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.03.024

11 Arranz S., Martínez-Huélamo M., Vallverdu-Queralt A., Valderas-Martinez P. et al. Influence of olive oil on carotenoid absorption from tomato juice and effects on postprandial lipemia. Food chemistry. 2015. vol. 168. pp. 203-210. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.07.053

12 Li X., Zhu H., Shoemaker C.F., Wang S.C. The effect of different cold storage conditions on the compositions of extra virgin olive oil. J. Am. OilChem. Soc. 2014. no. 91. pp. 1559–1570. doi: 10.1007/s11746-014-2496-0

13 Mulinacci N., Ieri F., Ignesti G., Romani A. et al. The freezing process helps to preserve the quality of extra virgin olive oil over time: A case study up to 18 month. Food Res. Int. 2013. no. 54. pp. 2008–2015. doi: 10.1016/j.foodres.2013.03.052

14 Ayton J.R.M. The Effect of Storage Conditions on Extra Virgin Olive Oil Quality. Barton, Australia: Rural Industries Research and Development Corporation. 2012. no. 12/024. Available at: https://1.oliveoiltimes.com/library/Olive-Oil-Storage

15 Kráčmar S., Fišera M., Přikrylová V. Storage Of Extra virgin olive oil and its impact on fatty acids levels. J. Microbiol Biotech Food Science. 2017. no. 8. pp. 1228–1230.

16 Abbad J., Afaneh I., Ayyad Z., Al-Rimawi F. et al. Evaluation of the effect of packaging materials and storage temperatures on quality degradation of extra virgin olive oil from olives grown in Palestine. Am. J. Food Sci. Technol. 2014. no. 2. pp. 162–174.

17 Lolis A., Badeka A.V., Kontominas M.G. Effect of bag-in-box packaging material on quality characteristics of extra virgin olive oil stored under household and abuse temperature conditions. Food Package. 2019. no. 21. pp. 2–7.

18 Tekaya M., Mechri B., Bchir A., Attia F. et al. Enhancement of antioxidants in olive oil by foliar fertilization of olive trees. Journal of the American Oil Chemists' Society. 2013. vol. 90. no. 9. pp. 1377-1386. doi: 10.1007/s11746-013-2286-0

19 García-Ruíz A.B., Chova-Martínez M., Bermejo-Román R. Improvement of Physico-chemical Properties of Arbequina Extra Virgin Olive Oil Enriched with β-Carotene from Fungi. Journal of Oleo Science. 2021. pp. ess20195.

20 Casado-Díaz A., Dorado G., Quesada-Gómez J. M. Influence of olive oil and its components on mesenchymal stem cell biology. World journal of stem cells. 2019. vol. 11. no. 12. pp. 1045. doi: 10.4252/wjsc.v11.i12.1045

Сведения об авторах

Валентина С. Колодязная д.т.н., профессор, факультет биотехнологий, Национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 191002, Россия, kvs_holod@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-6339-4583
Мари Алнакуд аспирант, факультет биотехнологий, Национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 191002, Россия, marynackoud1992@gmail.com
Татьяна В. Алексеева д.т.н., профессор, кафедра торгового дела и товароведения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, zyablova@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-8035-7293

Information about authors

Valentina S. Kolodiaznaia Dr. Sci. (Engin.), professor, biotechnology department, National Research University ITMO, str. Lomonosova 9, Saint- Petersburg, 191002, Russia, kvs_holod@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-6339-4583
Mary Alnakoud graduate student, biotechnology department, National Research University ITMO, str. Lomonosova 9, Saint-Petersburg, 191002, Russia, marynackoud1992@gmail.com

Tatyana B. Alekseeva Dr. Sci. (Engin.), professor, trade and commodity science department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, zyablova@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-8035-7293

Вклад авторов

Валентина С. Колодязная написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат
Мари Алнакуд обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты
Татьяна В. Алексеева консультация в ходе исследования

Contribution

Valentina S. Kolodiaznaia wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism
Mary Alnakoud review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations
Tatyana B. Alekseeva consultation during the study

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 01/04/2021	**После редакции** 18/04/2021	**Принята в печать** 26/05/2021

Received 01/04/2021	**Accepted in revised** 18/04/2021	**Accepted** 26/05/2021

Original article
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-133-136

Using local micro-biota to extract biodegradable plastics from food waste through a natural fermentation process

Merhawi K. Tsegay [1] merapg12@gmail.com
Lyudmila T. Sukhenko [1] sukhenko@list.ru

[1] Astrakhan State University, 20a Tatischev Str., Astrakhan, Russia

Summary. The main problems of mankind in recent decades are the accumulation of various industrial, agricultural, and food production wastes. Their ineffective disposal and management practices have a detrimental effect on human health and cause environmental pollution, which requires urgent action. Food waste has become a complex phenomenon lately, attracting the attention of scientists, consumers, and activists. This study aims to apply the biotechnology of converting food waste into crystals of polylactic acid (PLA), a monomer for biodegradable plastic. A food waste sample is taken from the student canteen; wash, to remove impurities and fermentation of carbohydrate waste by autotrophic lactic acid bacteria in a natural process for about seven days in the optimal temperature range. Finally, lactic acid molecules polymerized by condensation reaction to form poly L-lactic acid (PLA) crystals, and then a biodegradable bioplastic.

Keywords: food waste, fermentation, lactic acid, poly L-lactic acid (PLA), bioplastics, biodegradable, polymerization

Introduction

Plastics are known to be more useful than many other materials because of their lightness, excellent processability, economy, therefore they are more profitable when choosing materials in many industrial and commercial proposals. In the twentieth century, the production of most traditional plastics from petroleum was widely used [1]. But these petroleum-based plastics are causing serious environmental problems around the world because they are not biodegradable [2]. For this reason, the use of such plastics is prohibited in many countries around the world.

Recently due to shortages petroleum and environmental concerns have intensified the innovation of new cost-effective, greener alternatives [3]. Thus bio-based and biodegradable polymers have emerged as novel alternatives that have the peculiar ability to be ultimately converted into biomass and harmless by-products through the action of microbes [4]. The so-called green polymers can offer sustainable development in the economy and ecology [3], preserving fossil-based raw materials, and minimizing the volume of plastic garbage via decomposition in the natural cycle contributing to climate protection [5].

Food waste implies simply foods intended for consumption but are discarded and cannot be used, and the term 'food losses' mostly refer to the decrease in the amount of food staff throughout the food supply chain which is supposed to be used for human consumption [6]. In many countries in addition to plastic waste, food waste also has become a common occurrence due to lack of storage technologies, out of dates, food prepared for a group of people in colleges, marriage parties, and other festivals. It has increased even more after the start of the buffet system, period of competition, and ostentation. When food waste is dumped, it decomposes and causes a bad odor to the surrounding, it pollutes water, land, and climate (contributes to increase in greenhouse gas emissions, GHG) as well as biodiversity [7], many times animal deaths or ill are reported due eating the rotting food. Therefore converting food wastes to bio-based organic products such as biogas, bio-fertilizer, or PLA (bioplastic) is a double advantage, because it leads to lowering GHG emissions, minimizing the amount of non-biodegradable plastics, and decreasing the accumulation of food garbage in landfills.

Polylactic acid (PLA), one of the most promising is bio-compatible thermoplastic aliphatic polyester. It is produced by the polymerization of lactides. PLA is used for many different applications, from packaging to agricultural products and disposable materials, as well as, surgery and pharmaceutical fields [8, 9]. More ever PLA and its copolymers which have been developed as biomedical materials were based on their bio-absorbability and bio-compatibility nature and are been used in many therapeutic and pharmaceutical fields such as drug delivery systems, protein encapsulation, and delivery development of microspheres and hydrogels [9, 10].

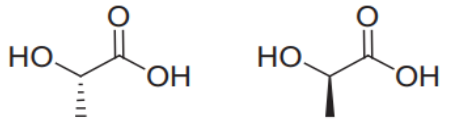
Lactic acid (2-hydroxy propionic acid) is the basic building block for PLA. It is a highly water-soluble, three-carbon chiral acid that is naturally occurring and is most commonly found in the L (–) isomer form. It has a chemical formula of $CH_3CHOHCOOH$, and its chemical name is the commonly occurring hydroxycarboxylic acid.

Для цитирования
Цегай М.К., Сухенко Л.Т. Использование местной микробиоты для извлечения биоразлагаемого пластика из пищевых отходов путем естественного процесса ферментации // Вестник ВГУИТ. 2021. Т 83. № 2. С. 133–136. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-133-136

For citation
Tsegay M.K., Sukhenko L.T. Using local micro-biota to extract biodegradable plastics from food waste through a natural fermentation process. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83 no. 2. pp. 133–136.. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-133-136

© 2021, Цегай М.К. и др. / Tsegay M.K. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

It was first discovered in 1780 by the Swedish chemist Scheele [11]. Lactic acid is found naturally as an organic acid and can be produced either by fermentation or chemical synthesis. In the case of fermentation condition, a pure form of lactic acid can be obtained however in chemical production it is a racemic mixture [12]. It is present in many foods both naturally and as a product of in-situ microbial fermentation. The lactic acid bacteria generally include several classes in terms of cell morphology, genus Leuconostoc, Lactococcus, Lactobacillus, Pediococcus, Enterococcus, Streptococcus, Vagococcus, Aerococcus, Carnobacterium, Tetragenococcus, Oenococcus, and Weissell [12, 13], most of them produce L-lactic acid while few produce D – or DL-lactic acids. Fermentation can be carried out in batch or continuous type [14, 15].



L-lactic acid D-lactic acid

Figure 1. Three-dimensional structure of L(+) – lactic acid and D(–) – lactic acid

Materials and Methods

Airtight container (3L), muslin cloth, pH meter, thermometer, electronic balance, measuring cylinders and centrifuge machine, test tubes, Bunsen burner, test tube holder, Petri-dishes, beakers, biuret, conical flask, spatula pipet, refrigerator, inoculation loop, incubation, Sulphuric acid (H_2SO_4), Calcium hydroxide ($Ca(OH)_2$), Methanol, Distilled water, Hydrochloric acid (HCl), chocolate agar media, anti-bumping granules.

Two kilograms of rice waste were collected from the student cafeteria waste collector and washed to remove dirty components such as oil, spices, and others, then it was mixed with two liters of distilled water in a plastic container with a tight cover (figure 2.). Its initial PH was recorded and allowed to be fermented (batch fermentation Process) in an open environment for one week (seven days), within a temperature range of 30–35 ℃[16].

During the fermentation process, the pH was regularly measured using a pH meter at 6 pm each day (table 1). When the pH meter showed constant reading after the fifth day for the next two days, filtration was carried out using a muslin cloth. The solid residue containing the undigested rice dead cells and other impurities were discarded. The broth was then treated with 310 ml Calcium hydroxide (Chem. Rxn 1) and stored at 4^0 C for 3 days[16]. The solution was poured into test tubes and was centrifuged at 3500 rpm for 15 minutes. The liquid part was discarded from each test tube and the precipitate (solid part) in each test tube was dissolved by Methanol. The solution from each test tube was collected into one large beaker and subsequently, hydrolysis was carried out using 70 % H_2SO_4, (chem Rxn 2) to obtain lactic acid (liquid) and calcium sulfate (precipitate) and stored at 4 ^{0}C for 3 days, for more precipitate formation. Thereafter it was distributed in test tubes and then centrifuged at 3000 rpm for 15 minutes to separate the calcium sulfate (solid ppt.) which was discarded), and liquid, (methanol and lactic acid solution) (chem. Rxn 3). The solution was boiled at 100 ℃remove methanol and water leaving lactic acid alone. Pure lactic acid was collected measured and was tested for its chemical and physical properties, such as pH, boiling point, and concentration. Finally, lactic acid was polymerized to form crystals of polylactic acid crystals (figure 2.) [17, 18].

Table 1.

Caption

Days	pH
Day 0 (initial)	6.25
Day 1	6.21
Day 2	5.50
Day3	5.10
Day 4	4.50
Day5	3.84
Day 6	3.84
Day 7	3.84



Figure 2. Bio-rector plastic container



Figure 3. Polymerization of lactic acid 10:58 table 1. PH measures

Result and discussion

Lactic acid was the main organic acid produced (≈98 %) from starchy food waste fermentation by a lactic acid-producing group of bacteria followed by minor impurities such as acetic acid and formic acid and carbon dioxide, provided optimum parameters are maintained 30^0 C to 40^0 C and pH of 6.0 to 6.5 that promotes the growth of lactic acid-producing bacteria [19]. During the fermentation process, the pH was dropped from the initial 6.21 to 3.84, until the fifth day when it came to be constant (3.84 pH) for the next two days (table 1). This gradual drop of pH was due to the formation of organic acid as a result of the metabolic activity of the microorganisms using the substrate sugar from rice. A similar trend was also obtained by Sakai and Ezaki (2006), whereby lactic acid was the predominant organic acid produced in kitchen waste fermentation. Calcium hydroxide was added gently to 1.5 l broth to form calcium lactate precipitate (*Chemical reaction 1*) and simultaneously pH was measured upon the addition of Calcium hydroxide to obtain the average pH of calcium lactate around 6. The solution was stored in a refrigerator at 4^0 C for three days to get good precipitated [16]

The calcium lactate solution was poured into several test tubes and was centrifuged at 3500 rpm for 15 minutes just to get a good solid precipitate of calcium lactate; this precipitate (solid part) in each test tube was dissolved by Methanol which is known as the *esterification process*. The addition of 70 % H_2SO_4 (hydrolysis) (*Chemical reaction 2*) lead to the production of lactic acid (liquid) and by-product calcium sulfate (precipitate) after storage at 4 ^{0}C for 3 days and centrifugation at 3000 rpm for 15 minutes concentrate precipitate was formed.

Chemical reaction 1. $2C_2H_5COOH + Ca(OH)_2 \rightarrow (C_2H_5COO)_2Ca + H_2O$

Chemical reaction 2. $(C_2H_5COO)_2Ca + + H_2SO_4 \rightarrow 2CH_3CHOHCOOH$ (aqua) + CaSO4

The solution was boiled at 100 ^{0}C to remove methanol (B.pt.78 ^{0}C) and water (B.pt.100 ^{0}C) leaving lactic acid alone (B. Pt. 122 ^{0}C). Finally, 256ml lactic acid is obtained from the two kilograms of rice waste and was polymerized using a *condensation reaction* (Chemical reaction 3) to form polylactic acid crystals[20].

Chemical reaction 3. $2CH_3CHOHCOOH \rightarrow C_6H_8O_4 + H_2O$ (polymerization)

There were slight deviations for some of the chemical and physical standard parameters, such as pH, boiling point, and concentration. This fluctuation could be due to substrate characteristics, pH, and temperature fluctuations.

Conclusions

Kitchen wastes comprise a lot of active indigenous microbes where it plays significant roles in converting large molecules into simpler molecules. In this study, lactic acid fermentation with indigenous bacteria was investigated using batch fermentation with intermittent pH adjustments to 6 and 8 at ambient temperature 30–35. PLA is being used as raw material for the production of bio-plastics not solely because of its biodegradability but also is made from renewable resources. PLA is in both durable and short-term applications. Increasing demand for lactic acid and research on eco-friendly polylactic acid production has made it necessary to develop a sustainable and conventional method for lactic acid production by fermentation. By now it is obvious that under controlled environmental conditions like at pH temperature substrate etc. the productivity of lactic acid by fermentation can be increased and thus take this advantage to produce biodegradable plastics all over the planet.

Acknowledgment

I would like to thank my scientific advisor Sukhenko Lyudmila Timofeevna Doctor of Biological Sciences, Associate Professor in Astrakhan state university for encouraging me to publish this material by editing, commenting and recommending this journal. Furthermore, I would like to thank Alayt Abrhaley, Roda Mhretab, and Yodit Gebreyesus for their valuable contribution, also I would like to thank the lab technicians for their kindness and facilitation and other colleagues for their valuable comments and pieces of advice.

References

1 Narancic T., Cerrone F., Beagan N., O'Connor K.E. Recent Advances in Bioplastics: Application and Biodegradation. Polymers. 2020. vol. 12. no. 4. pp. 920. doi: 10.3390/polym12040920

2 Sakai K. et al. Selective Proliferation of Lactic Acid Bacteria and Accumulation of Lactic Acid during Open Fermentation of Kitchen Refuse with Intermittent pH Adjustment. Food Sci. Technol. Res. 2000. vol. 6. no. 2. pp. 140–145. doi: 10.3136/fstr.6.140

3 Kwan T.H., Hu Y., Lin C.S.K. Techno-economic analysis of a food waste valorisation process for lactic acid, lactide and poly(lactic acid) production. J. Clean. Prod. 2018. vol. 181. pp. 72–87. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.01.179

4 Farah S., Anderson D.G., Langer R. Physical and mechanical properties of PLA, and their functions in widespread applications – A comprehensive review. Adv. Drug Deliv. Rev. 2016. vol. 107. pp. 367–392. doi: 10.1016/j.addr.2016.06.012

5 Cacciotti I., Mori S., Cherubini V., Nanni F. Eco-sustainable systems based on poly(lactic acid), diatomite and coffee grounds extract for food packaging. Int. J. Biol. Macromol. 2018. vol. 112. pp. 567–575. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2018.02.018

6 Ng H.S., Kee P.E., Yim H.S., Chen P.–T. et al. Recent advances on the sustainable approaches for conversion and reutilization of food wastes to valuable bioproducts. Bioresour. Technol. 2020. vol. 302. pp. 122889. doi: 10.1016/j.biortech.2020.122889

7 Newsome T., van Eeden L. The Effects of Food Waste on Wildlife and Humans. Sustainability. 2017. vol. 9. no. 7. pp. 1269. doi: 10.3390/su9071269

8 Garlotta D.A literature review of poly (lactic acid). Journal of Polymers and the Environment. 2001. vol. 9. no. 2. pp. 63-84.

9 Jha A., Kumar A. Biobased technologies for the efficient extraction of biopolymers from waste biomass. Bioprocess Biosyst. Eng. 2019. vol. 42. no. 12. pp. 1893–1901. doi: 10.1007/s00449–019–02199–2

10 Singhvi M.S., Zinjarde S.S., Gokhale D.V. Polylactic acid: synthesis and biomedical applications. J. Appl. Microbiol. 2019. vol. 127. no. 6. pp. 1612–1626. doi: 10.1111/jam.14290

11 Sirisansaneeyakul S., Luangpipat T., Vanichsriratana W., Srinophakun T. et al. Optimization of lactic acid production by immobilized Lactococcus lactis IO-1. J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 2007. vol. 34. no. 5. pp. 381–391. doi: 10.1007/s10295–007–0208–6

12 Cubas-Cano E., González-Fernández C., Ballesteros M., Tomás-Pejó E. Biotechnological advances in lactic acid production by lactic acid bacteria: lignocellulose as novel substrate: Lactic acid production from lignocellulose: Biotechnological advances. Biofuels Bioprod. Biorefining. 2018. vol. 12. no. 2. pp. 290–303. doi: 10.1002/bbb.1852

13 Djukić-Vuković A., Mladenović D., Ivanović J., Pejin J. et al. Towards sustainability of lactic acid and poly-lactic acid polymers production. Renew. Sustain. Energy Rev. 2019. vol. 108. pp. 238–252. doi: 10.1016/j.rser.2019.03.050

14 Bayitse R. Lactic Acid Production from Biomass: Prospect for Bioresidue Utilization in Ghana: Technological Review. International Journal of Applied Science and Technology. 2015. vol. 5. no. 1. pp. 12.

15 Eiteman M.A., Ramalingam S. Microbial production of lactic acid. Biotechnol. Lett. 2015. vol. 37. no. 5. pp. 955–972. doi: 10.1007/s10529–015–1769–5

16 Tang J., Wang X., Hu Y., Zhang Y. et al. Lactic acid fermentation from food waste with indigenous microbiota: Effects of pH, temperature and high OLR. Waste Manag. 2016. vol. 52. pp. 278–285. doi: 10.1016/j.wasman.2016.03.034

17 Brigham C.J., Riedel S.L. The Potential of Polyhydroxyalkanoate Production from Food Wastes. Appl. Food Biotechnol. 2019. vol. 6. no. 1. doi: 10.22037/afb.v6i1.22542

18 Choksi N., Desai H. Synthesis of biodegradable polylactic acid polymer by using lactic acid monomer. International Journal of Applied Chemistry. 2017. vol. 13. no. 2. pp. 377-384.

19 Abd Alsaheb R.A. et al. Recent applications of polylactic acid in pharmaceutical and medical industries. J. Chem. Pharm. Res. 2015. vol. 7. pp. 51-63.

20 Komesu A., Maciel M.R.W., Filho R.M. Lactic acid production to purification: a review. BioResources. 2017. vol. 12. no. 2. pp. 4364-4383.

Information about authors

Merhawi K. Tsegay Ph. D. student, biology faculty, Astrakhan State University, 20a Tatischev Str., Astrakhan, Russia, merapg12@gmail.com

Lyudmila T. Sukhenko Dr. Sci., biology faculty, Astrakhan State University, 20a Tatischev Str., Astrakhan, Russia, sukhenko@list.ru

Contribution

Merhawi K. Tsegay consultation during the study

Lyudmila T. Sukhenko 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 4.13.2021

Accepted 5.19.2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-137-142 Оригинальная статья/Research article
УДК 637.03 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Технология производства кумысного напитка, обогащенного йод-гликозидным комплексом

Сергей Н. Чеботарев [1] chebotarev.sergei@gmail.com 0000-0002-8700-4471
Руслан Р. Максютов [1] ruslan.maxiutov@ya.ru 0000-0001-6659-5949

1 Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), ул. Земляной Вал, 73, г. Москва, 109004, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты опытно-экспериментальных исследований по разработке рецептуры и технологии промышленного производства кумысного напитка, обогащенного йод-гликозидным комплексом, являющегося источником молекулярного йода с антиоксидантной активностью. Представлены результаты изучения уровня содержания йода у больных туберкулёзом: йододефицит диагностирован у 86,7% от общего числа обследованных – медиана йодурии в данной группе больных составляла от 20 мкг/л до 99 мкг/л. Описана технология производства кумысного напитка, обогащенного йод-гликозидным комплексом, включающая ряд операций: приемка и подготовка сырья; нормализация и приготовление смеси; пастеризация, гомогенизация, охлаждение и внесение «йод-гликозида»; приготовление производственной закваски; заквашивание и сквашивание, розлив, созревание напитка; упаковка, маркировка и охлаждение. Приведены результаты оценки органолептических показателей кумысных напитков − консистенция, вкус, цвет, запах и внешний вид, а также исследованы физико-химические показатели: массовая доля – жира, белка, сухих обезжиренных веществ; объём отстоявшейся сыворотки. Технологический процесс производства функционального продукта с антитуберкулёзной активностью обеспечивал сохранение физико-химических показателей кумысного напитка, снижая показатель титруемой кислотности до 44,8 против 57,6% в контрольном образце. Раскрыты механизмы участия «йодгликозидного комплекса» и низкомолекулярных органических веществ, в частности, аминокислот кумысного напитка в регуляции про-, антиоксидантного равновесия при патологии органов дыхания путём активации редокс-чувствительной системы Keap1/Nrf2/ARE, индуцирующей экспрессию генов, контролирующих синтез эндогенных антиоксидантов. Бинарный комплекс (кумысный напиток + молекулярный йод) рассматривается как нефармакологическое патогенетическое средство с плейотропными свойствами для лечения и профилактики туберкулёза.

Ключевые слова: туберкулёз, антиоксидантный статус, молекулярный йод, внетиреоидные эффекты, кумысный напиток

Technology of production of kumis drink enriched with iodine-glycoside complex

Sergei N. Chebotarev [1] chebotarev.sergei@gmail.com 0000-0002-8700-4471
Ruslan R. Maksyutov [1] ruslan.maxiutov@ya.ru 0000-0001-6659-5949

1 K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (the First Cossack University), st. Zemlyanoy Val, 73, Moscow, 109004, Russia

Abstract. The article presents the results of experimental research on the development of a formulation and technology for the industrial production of kumis drink enriched with an iodine-glycoside complex, which is a source of molecular iodine with antioxidant activity. Study of the iodine level in patients with tuberculosis showed the following results: iodine deficiency was diagnosed in 86,7% of the total number of examined patients - the median ioduria in this group of patients ranged from 20 μg/l to 99 μg/l. The article describes a technology of production of kumis drink enriched with iodine-glycoside complex, including following operations: acceptance and preparation of raw materials; normalization and preparation of the mixture; pasteurization, homogenization, cooling and insertion of "iodine-glycoside"; preparation of the fermentation culture; fermentation and souring, bottling, maturation of the drink; packaging, labeling and cooling. It also includes the results of evaluating the organoleptic indicators of kumis drink - consistency, taste, color, smell and appearance, as well as the physical and chemical parameters: weight fraction of fat, protein, dry fat-free substances; the volume of settled whey, antioxidant balance in respiratory pathology by activating the KEAP1 /Nrf2 /ARE redox-sensitive system inducing the gene expression that control the endogenous antioxidants synthesis. Binary complex (kumis drink + molecular iodine) is considered here as a non-pharmacological pathogenetic agent. The technological process of the production of a functional product with anti-tuberculosis activity ensured the preservation of the physical and chemical parameters of the kumis drink, reducing the titratable acidity to 44,8% in the iodine-enriched drink against 57,6% in the control sample. The author elaborates on mechanisms of the participation of the "iodine-glycoside complex" and low-molecular organic substances, in particular, the amino acids of the kumis drink, in the regulation of pro-, with pleiotropic properties for the treatment and prevention of tuberculosis.

Keywords: tuberculosis, antioxidant status, molecular iodine, extrathyroid effects, kumis drink

Введение

Медико-статистические данные по РФ свидетельствуют о росте социально опасных заболеваний, в том числе туберкулёза, как в РФ, так и за рубежом. Так, данные из литературных источников свидетельствуют об увеличении заболеваемости туберкулёзом в РФ в 2,3 раза, а смертности – в 1,9 раза от данной патологии. Рост летальности пациентов с туберкулёзом обуславливается увеличением доли пациентов с множественной лекарственной устойчивостью

Для цитирования
Чеботарев С.Н., Максютов Р.Р. Технология производства кумысного напитка, обогащенного йод-гликозидным комплексом // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 137–142. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-137-142

For citation
Chebotarev S.N., Maksyutov R.R. Technology of production of kumis drink enriched with iodine-glycoside complex. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 137–142. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-137-142

© 2021, Чеботарев С.Н. и др. / Chebotarev S.N. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

к палочкам Коха. Известно, что эффективность терапии любой патологии зависит от патогенетической терапии. В этой связи возрастает роль фортифицированных продуктов с плейотропными свойствами, оказывающими корригирующее влияние на множество функций организма больного человека.

Известно, что уровень обеспеченности йодом организма человека оценивается по содержанию данного струмотропного микроэлемента (I–) в моче. С целью диагностики йоддефицитных состояний нами проведено обследование 150 больных с туберкулёзом, находившихся на диспансерном наблюдении в ЦРБ г. Мелеуза Республики Башкортостан. Уровень йода в моче определяли арсенитно-цериевым методом [1]. Медиана концентрации йода в моче – в диапазоне значений от 100 мкг/л до 300 мкг/ л – свидетельствует об отсутствии дефицита йода. Йоддефицит диагностирован у 130 пациентов, что составляет 86,7% от числа обследованных. У 75 больных медиана йодурии составила менее 20 мкг/л (тяжёлый дефицит), у 25 – выявлен дефицит средней тяжести – от 20 до 49 мкг/л; а у 30 пациентов дефицит легкой степени – 50–99 мкг/л [1].

У позвоночных йод является компонентом гормонов щитовидной железы, которые реализуют контроль тиреоидзависимых звеньев метаболизма. Однако появились исследования, где приводятся результаты изучения биологических эффектов негормональных форм йода, который концентрируется во внетиреоидных тканях. Распределение и действие йода в организме зависит от его химической формы. Так, йодид ион (I–) проявляет более выраженную тиреотропную активность, чем молекулярный йод (I_2), который в свою очередь in vivo реализует антиоксидантный, антиканцерогенный и иммуномодулирующие эффекты [2–4].

Исследования ряда авторов позволили выявить широкий спектр экстратиреоидных эффектов молекулярного йода [5]. Негормональный йод в окисленной форме действует как донор электронов, нейтрализуя активные формы кислорода. Один из механизмов реализации антиоксидантного эффекта молекулярного йода – активация редокс-чувствительной системы Keap1/Nrf2/ARE [6]. Взаимодействие I_2 с транскрипционным фактором Keap1/Nrf2/ARE индуцирует экспрессию генов, контролирующих синтез эндогенных антиоксидантных ферментов – супероксиддисмутазы, каталазы, гемоксигеназы-1, глутатионпероксидазы, глутатионредуктазы, тиоредоксинредуктазы [7]. Молекулярный йод ингибирует процессы липопероксидации снижая активность NO-синтазы (NOS) и циклооксигеназы 2-го типа (ЦОГ-2), экспрессируемой макрофагами, фибробластами, синовиоцитами, гладкой сосудистой мускулатурой и хондроцитами после индуцирования их цитокинами или факторами роста [8]. В своей молекулярной форме йод действует как антиоксидант при приеме внутрь в концентрациях выше 1 мг/сут [3].

Цель работы – разработка состава, технологии производства и товароведная оценка йодобогащенного кумысного напитка для профилактики и лечения туберкулеза.

Материалы и методы

Физико-химические свойства кумысного напитка определяли следующими методами: отбор проб и подготовку их к анализу проводили по ГОСТ 26809–86, массовую долю жира, белка, кислотность, спирта, сухих обезжиренных веществ – ГОСТ 5867–90, ГОСТ Р 23327–98, ГОСТ Р 54669, ГОСТ 3629, ГОСТ Р 54668. Оценку органолептических показателей проводили по ГОСТ 28283–89.

Результаты и обсуждение

К числу эффективных немедикаментозных противотуберкулёзных средств относится кумыс из кобыльего молока [9]. Однако сезонность его производства – один из факторов, ограничивающих его широкое применение в практике фтизиатрии. В связи с вышеизложенным востребованы исследования, направленные на разработку технологий производства кумысных напитков, приближенных по составу к функциональным продуктам на основе кобыльего молока [10]. В научно-исследовательской лаборатории Башкирского института технологий и управления «МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ)» в г. Мелеузе разработан состав и технология производства кумысного напитка, обогащенного органоминеральным комплексом «йод-гликозид». Для обогащения йодом в кумысный напиток вносили «йод-гликозид», являющийся источником молекулярного йода (I_2) [11]. В таблице 1 представлен базовый состав (№ 1) (ОСТ 4967–84) и состав йодобогащенного кумысного напитка с йод-гликозидным комплексом (№ 2).

Таблица 1.

Смесь ингредиентов для приготовления кумысных напитков

Table 1.

Mix of ingredients for the preparation of kumis drinks

Сырье Raw material		Количество ингредиентов, кг Quantity of ingredients, kg	
		Состав № 1 жирность 1,5% (базовая рецептура) №1 fat content 1,5% (basic recipe)	Состав № 2 жирность 1,5% № 2 fat content 1,5%
Молоко (м.д.ж. 3,2%, СВ 11,4%)	Milk (m.w. 3.2%, SV 11.4%)	282,2	282,2
Сливки (м.д.ж. 35%, СВ 40,2%)	Cream (m.w. 35%, SV 40,2%)	18,7	18,7
Сыворотка подсырная сухая	Whey powdered dry	82,3	82,3
Вода	Water	638,5	638,5
Молекулярный йод	Molecular iodine	–	0,0007
Гликозид	Glycoside	–	0,005
Итого расход	Total expense	1021,7	1021,7057
Итого	Total	1000	1000

Технология производства кумысного напитка с йод-гликозидным комплексом включает следующие технологические операции.

Приемка и подготовка сырья. Молоко, сливки, сыворотку подсырную сухую принимают по массе и качеству в порядке, установленным ГОСТ 26809–86. Молоко направляется на сепаратор-молокоочиститель, далее на охлаждение до температуры 4 ± 2 ℃ и хранение в резервуары. Подсырную сыворотку для восстановления растворяют в воде (t = 50 – 5 ℃), до массовой доли сухих веществ не менее 9,5%.

Нормализация и приготовление смеси. Молоко согласно с действующими техническими условиями подвергают нормализации по массовой доле жира и белка.

Пастеризация, гомогенизация, охлаждение, внесение «йод-гликозида». Сыворотку подсырную восстановленную направляют на пастеризацию (t = 72–76 °С); время выдержки составляет 15–20 с. Сливки пастеризуют при температуре 85–88 °С с выдержкой 15–20 с., гомогенизируют при температуре 61–65 °С, охлаждают до температуры 31–35 °С и вносят йод-гликозидный комплекс (таблица 2).

Приготовление производственной закваски. Для заквашивания смеси используют закваску, в состав которой входят ацидофильные и болгарские палочки, молочные дрожжи в соотношении 2:2:1.

Заквашивание и сквашивание, розлив, созревание продукта. Закваску вносят в количестве 0,9 л на 3,0 л смеси (от 20% до 30% к массе заквашиваемой смеси). Далее смесь перемешивают в течение 40–60 минут. Сквашивание происходит до нарастания кислотности 68–70 Т при поддержании температуры 26–30 °С, далее напиток разливается в потребительскую тару, укупоривается. Созревание напитка протекает в течение 2–2,5 часа при температуре 26 ± 2 °С. Охлаждение, упаковка, маркировка. Созревший напиток охлаждают до температуры от 2 до 4 °С. С момента достижения этой температуры срок годности продукта увеличивается до 10 суток. На рисунке1 представлена машинно-аппаратурная схема производства кумысного напитка с йод-гликозидным комплексом.

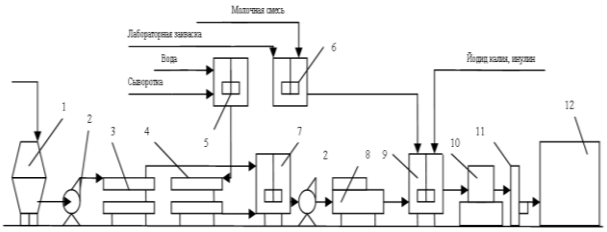


Рисунок 1. Машинно-аппаратурная схема производства кумысного напитка с йод-гликозидным комплексом: 1 – сепаратор-нормализатор; 2 – центробежный насос; 3, 4 – пастеризационная установка, 5 – резервуар для сыворотки; 6 – резервуар для закваски; 7, 9 – смеситель; 8 – гомогенизатор; 10 – автомат для розлива; 11 – укупорочный автомат; 12 – холодильная камера

Figure 1. Machine-hardware diagram of the production of kumis drink with an iodine-glycoside complex: 1 – separator-normalizer; 2 – centrifugal pump; 3, 4 – pasteurization unit, 5 – whey tank; 6 – a reservoir for the starter culture; 7, 9 – mixer; 8 – homogenizer; 10 – automatic filling machine; 11 – capping machine; 12 – refrigerating chamber

Определение органолептических характеристик: цвет, запах, вкус, консистенцию и внешний вид оценивали по 5-и бальной системе. Органолептические показатели анализируемых продуктов (составы № 1 и № 2) на 1-е сутки хранения существенным образом не отличались.

На 10-е сутки хранения кумысный напиток с йод-гликозидным комплексом имел специфический, кисломолочный, освежающий привкус с запахом дрожжей; вкус слегка острый, щиплющий, без посторонних привкусов и запахов; консистенция – однородная, газированная, слегка пенящаяся жидкость с нарушенным сгустком, цвет молочно-белый, а кумысный напиток без йод-гликозидного комплекса имел кислый вкус, запах и нарушенную консистенцию.

Как видно из данных, представленных на рисунке 2, «йод-гликозид» оказывал выраженное влияние на титруемую кислотность кумысных напитков. Так, показатель кислотности в кумысном напитке жирностью 1,5% (состав № 1) без внесения «йод-гликозида» увеличился на 57,6%, а в кумысном напитке с «йод-гликозидом» (состав № 2) аналогичный показатель на 10-е сутки увеличился на 44,8%. Следовательно, «йод-гликозид» оказывал ингибирующее действие на процессы образования гидроперекисей и других кислых соединений в продукте лечебно-профилактического назначения. При сравнительном анализе данных по оценке физико-химических характеристик на 1-е и 10-е сутки хранения выявлено, что исследуемые показатели в указанные сроки практически не изменяются, оставаясь на значениях, определённых на 1-е сутки хранения (таблица 2).

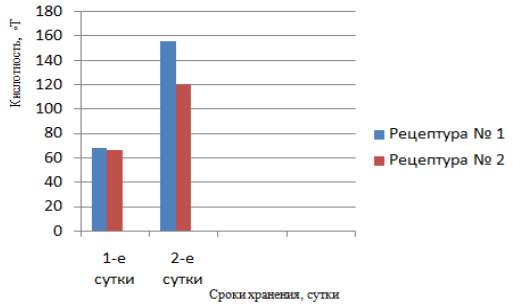


Рисунок 2. Показатели титруемой кислотности: состав № 1; состав № 2

Figure 2. Indicators of titratable acidity: composition no. 1; composition no. 2

Спектр проведенных исследований свидетельствует о сохранении физико-химических свойств анализируемого напитка, отвечающего требованиям Федерального закона «Технический регламент на молоко и молочную продукцию» за № 88-ФЗ от 12 июня 2008 г. и может использоваться в качестве эффективного лечебно-профилактического напитка.

Таблица 2.

Физико-химические показатели исследуемых напитков

Table2.

Physicochemical indicators of the investigated drinks

Показатель Indicator		Срок хранения, сутки Shelf life, day	№ 1	№ 2
Массовая доля жира, %	Mass fraction of fat, %	1	1,44±0,11	1,46±0,12
		10	1,43±0,10	1,44±0,13
Массовая доля белка, %	Mass fraction of protein, %	1	1,18±0,13	1,19±0,11
		10	1,16±0,13	1,15±0,14
Массовая доля сухих обезжиренных веществ, %	Mass fraction of dry fat-free substances, %	1	9,45±0,22	9,48±0,17
		10	9,42±0,19	9,47±0,13
Объем отстоявшейся жидкой фазы (сыворотки), %, <	Volume of settled liquid phase (whey), %, <	1	33,49±0,34	33,5±0,30
		10	35,39±0,21	34,8±0,21

Известно, что в механизмах развития туберкулеза ключевую роль играет функциональное состояние так называемой системы неспецифической защиты респираторного отдела человека. К факторам неспецифической защиты трахеобронхиального тракта легких относятся гипотиоцианитовая кислота (OSCN–) и гипойодат анион (OJ–). Анионы тиоцианита (SCN–) и йода (J–) образуются в нейтрофилах периферической крови в результате «дыхательного взрыва» и транспортируются из сыворотки крови в просвет дыхательных путей, где концентрация данных веществ в 20 раз превышает их концентрацию в сыворотке крови. Лактопероксидаза, используя перекись водорода (H_2O_2), окисляет анионы (OSCN–) и (J–), что приводит к образованию гипотиоцианитовой кислоты (OSCN–) и гипойодат аниона (OJ–), которые взаимодействуя с тиоловыми группами (HS–) молекул на поверхности инфекционных агентов, в том числе туберкулезной палочки, реализуют бактериостатический и бактерицидный эффекты [12]. С учетом вышеизложенного следует полагать, что уровень йодной обеспеченности организма в определенной степени влияет на течение и исход туберкулеза.

Заключение

Результаты клинических исследований свидетельствуют о ключевой роли свободнорадикальных процессов в патогенезе заболеваний легких – туберкулёз, бронхиальная астма, рак легкого [13, 14, 15]. Отмечается важность коррекции системы окислительного гомеостаза при патологии органов дыхания с применением экзогенных средств нефармакологической регуляции с антиоксидантной активностью [16]. Йод-гликозидный комплекс расширяет спектр биологических эффектов кумысного напитка путём активации редокс-чувствительной системы Keap1/Nrf2/ARE, индуцирующей экспрессию генов, контролирующих синтез эндогенных антиоксидантов. В свою очередь эндогенные антиоксиданты (супероксиддисмутаза, каталаза, глутатионпероксидаза) ингибируют интенсивность реакций перекисного окисления липидов в тканях при туберкулёзе. Йод-гликозидный комплекс активирует эндогенную антиоксидантную систему, а кумысный напиток является источником экзогенных антиоксидантов – гистидина, орнитина, норвалина, треонина, лизина, фенилаланина, триптофана. Известно, что аминокислоты, относящиеся к классу низкомолекулярных органических веществ, реализуют in vivo антирадикальную активность, подавляя генерацию активных форм кислорода – H_2O_2, $O^{\bullet}H$, $O_2^{\bullet}$, $O_2H^{\bullet}$ [17–20]. Таким образом, бинарный комплекс (кумысный напиток + йод -гликозид) – патогенетическое нефармакологическое средство с плейотропными свойствами для профилактики и лечения туберкулёза.

Литература

1 Козлов В.Н., Максютов Р.Р., Пономарев Е.Е., Шиянова Н.И. Технология производства и товароведная оценка йодобогащенного кумысного напитка // Успехи современной науки и образования. 2017. Т. 5. № 2. С. 130–134.

2 Камилов Ф.Х., Мамцев А.Н., Козлов В.Н. и др. Йодная недостаточность и профилактика йододефицитных состояний. Уфа: государственное автономное учреждение науки Республики Башкортостан "Башкирская энциклопедия", 2017. 160 с.

3 Aceves C., Mendieta I., Anguiano B., Delgado-González E. Molecular Iodine Has Extrathyroidal Effects as an Antioxidant, Differentiator, and Immunomodulator Int // J Mol Sci. 2021. V. 22. № 3. P.1228. doi: 10.3390/ijms22031228

4 Keestra S., Högqvist Tabor V., Alvergne A. Reinterpreting patterns of variation in human thyroid function. Evolution, Medicine, and Public Health // Oxford University Press (OUP). 2020. V. 9. №1. P. 93–112. doi: 10.1093/EMPH/EOAA043.

5 Bilal M.Y., Dambaeva S., Kwak-Kim J., Gilman-Sachs A. et al. A role for iodide and thyroglobulin in modulating the function of human immune cells // Front. Immunol. 2017. № 8. P. 1573.

6 Greenwald M.B. – Y., Fruši´c-Zlotkin M., Soroka Y., Ben-Sasson S. et al. A novel role of topical iodine in skin: Activation of the Nrf2 pathway // Free Radic. Biol. Med. 2017. V. 104. P. 238–248.

7 Paunkov A., Chartoumpekis D.V., Ziros P.G., Sykiotis G.P. A Bibliometric Review of the Keap1/Nrf2 Pathway and its Related Antioxidant Compounds // Antioxidants. 2019. V. 8. P. 353.

8 Quintero-García M., Delgado-González E., Sánchez-Tusie A., Vázquez M. et al. Iodine prevents the increase of testosterone-induced oxidative stress in a model of rat prostatic hyperplasia // Free Radic. Biol. Med. 2018. V. 115. P. 298–308.

9 Джуманиязова З.Ф., Аскарова Р.И., Маткурбанов Х.И., Абидов Ф.О. Лечебное действие кумыса при туберкулезе лёгких // International scientific review of the problems of natural sciences and medicine. 2019. С. 93–103.

10 Rakhmanova A., Wang T., Xing G., Ma L. et al. Isolation and identification of microorganisms in Kazakhstan koumiss and their application in preparing cow-milk koumiss // J Dairy Sci. 2021. V. 104. № 1. P. 151–166. doi: 10.3168/jds.2020–18527

11 Пат. № 2716971, RU, A23L 33/125, 33/16. Йодсодержащая биологически активная добавка к пище / Камилов Ф.Х., Конкина И.Г., Муринов Ю.И. и др. № 2019100308; Заявл. 09.01.2019; Опубл. 17.03.2020.

12 Дьякова М.Е., Алексеева Н.П., Эсмедляева Д.С., Перова Т.Л. и др. Оксид азота – биохимический маркер патогенеза туберкулезного процесса // Туберкулез и болезни легких. 2017. № 95 (2). С. 45–50. doi: 10.21292/2075–1230–2017–95–2–45–50

13 Шовкун Л.А., Кудлай Д.А., Николенко Н.Ю., Кампос Е.Д. Туберкулез легких и свободнорадикальное окисление // Туберкулез и социально-значимые заболевания. 2019. № 2. С. 56–61.

14 Шейфер Ю.А. Особенности кислородтранспортной функции крови и прооксидантно-антиоксидантного баланса в зависимости от характера туберкулезного процесса // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2018. Т. 16. № 1. С. 28–35. doi: 10.25298/2221–8785–2018–16–1–28–35

15 Mishra B.B., Lovewell R.R., Olive A.J. et al. Nitric oxide prevents a pathogen permissive granulocytic inflammation during tuberculosis // Nature Microbiology. 2017. V. 2. P. 17072.

16 Шовкун Л.А., Кудлай Д.А., Николенко Н.Ю., Кампос Е.Д. Характеристики некоторых препаратов с антиоксидантной активностью и их применение для лечения туберкулеза // Туберкулез и болезни легких. 2020. Т. 98. № 4. С. 58–64.

17 Быков И.М., Попов К.А., Мелконян К.И., Сторожук П.Г. Сравнительная биохимическая характеристика антиоксидантно-энергетического потенциала молока и молочных продуктов // Астраханский медицинский журнал. 2015. Т. 10. № 3. С. 45–49.

18 Шахмарданова С.А., Гулевская О.Н., Селецкая В.В., Зеленская А.В. и др. Антиоксиданты: классификация, фармакотерапевтические свойства, использование в практической медицине // Журнал фундаментальной медицины и биологии. 2016. № 3. С. 4–15.

19 Piacenza L., Trujillo M., Rafael R. Reactive species and pathogen antioxidant networks during phagocytosis // J. Experimental Med. 2019. V. 216. № 3. P. 501–516.

20 Dharmaraja A.T. Role of Reactive Oxygen Species (ROS) in therapeutics and drug resistance in cancer and bacteria // J. Med. Chem. 2017. V. 60. № 8. P. 3221–3240.

References

1 Kozlov V.N., Maksyutov R.R., Ponomarev E.E., Shiyanova N.I. Production technology and commodity assessment of iodine-enriched kumis drink. Successes of modern science and education. 2017. vol. 5. no. 2. pp. 130–134. (in Russian).

2 Kamilov F.Kh., Mamtsev A.N., Kozlov V.N. et al. Iodine deficiency and prevention of iodine deficiency states. Ufa, State Autonomous Institution of Science of the Republic of Bashkortostan "Bashkir Encyclopedia", 2017. 160 p. (in Russian).

3 Aceves C., Mendieta I., Anguiano B., Delgado-González E. Molecular Iodine Has Extrathyroidal Effects as an Antioxidant, Differentiator, and Immunomodulator Int. J Mol Sci. 2021. vol. 22. no. 3. pp. 1228. doi: 10.3390 / ijms22031228

4 Keestra S., Högqvist Tabor V., Alvergne A. Reinterpreting patterns of variation in human thyroid function. Evolution, Medicine, and Public Health. Oxford University Press (OUP). 2020. vol. 9. no. 1. pp. 93–112. doi: 10.1093/EMPH/EOAA043.

5 Bilal M.Y., Dambaeva S., Kwak-Kim J., Gilman-Sachs A. et al. A role for iodide and thyroglobulin in modulating the function of human immune cells. Front. Immunol. 2017. no. 8. pp. 1573.

6 Greenwald M.B. – Y., Fruši´c-Zlotkin M., Soroka Y., Ben-Sasson S. et al. A novel role of topical iodine in skin: Activation of the Nrf2 pathway. Free Radic. Biol. Med. 2017. vol. 104. pp. 238–248.

7 Paunkov A., Chartoumpekis D.V., Ziros P.G., Sykiotis G.P. A Bibliometric Review of the Keap1/Nrf2 Pathway and its Related Antioxidant Compounds. Antioxidants. 2019. vol. 8. pp. 353

8 Quintero-García M., Delgado-González E., Sánchez-Tusie A., Vázquez M. et al. Iodine prevents the increase of testosterone-induced oxidative stress in a model of rat prostatic hyperplasia. Free Radic. Biol. Med. 2018. vol. 115. pp. 298–308.

9 Dzhumaniyazova Z.F., Askarova R.I., Matkurbanov Kh.I., Abidov F.O. The therapeutic effect of kumis in pulmonary tuberculosis. International scientific review of the problems of natural sciences and medicine. 2019. pp. 93–103.

10 Rakhmanova A., Wang T., Xing G., Ma L. et al. Isolation and identification of microorganisms in Kazakhstan koumiss and their application in preparing cow-milk koumiss. J Dairy Sci. 2021. vol. 104. no. 1. pp. 151–166. doi: 10.3168/jds.2020–18527

11 Kamilov F. Kh., Konkina I.G., Murinov Yu. I. et al. Iodine-containing biologically active food supplement. Patent RF, no. 2716971, 2020.

12 Dyakova M.E., Alekseeva N.P., Esmedlyaeva D.S., Perova T.L. et al. Nitric oxide is a biochemical marker of the pathogenesis of the tuberculous process. Tuberculosis and lung disease. 2017. no. 95 (2). pp. 45–50. doi: 10.21292/2075–1230–2017–95–2–45–50 (in Russian).

13 Shovkun L.A., Kudlai D.A., Nikolenko N. Yu., Kampos E.D. Pulmonary tuberculosis and free radical oxidation. Tuberculosis and socially significant diseases. 2019. no. 2. pp. 56–61. (in Russian).

14 Sheifer Yu. A. Features of oxygen transport function of blood and prooxidant-antioxidant balance depending on the nature of the tuberculous process. Journal of Grodno State Medical University. 2018. vol. 16. no. 1. pp. 28–35. doi: 10.25298 / 2221–8785–2018–16–1–28–35 (in Russian).

15 Mishra B.B., Lovewell R.R., Olive A.J. et al. Nitric oxide prevents a pathogen permissive granulocytic inflammation during tuberculosis. Nature Microbiology. 2017. vol. 2. pp. 17072.

16 Shovkun L.A., Kudlai D.A., Nikolenko N. Yu., Kampos E.D. Characteristics of some drugs with antioxidant activity and their use for the treatment of tuberculosis. Tuberculosis and lung disease. 2020. vol. 98. no. 4. pp. 58–64. (in Russian).

17 Bykov I.M., Popov K.A., Melkonyan K.I., Storozhuk P.G. Comparative biochemical characteristics of the antioxidant-energy potential of milk and dairy products. Astrakhan Medical Journal. 2015. vol. 10. no. 3. pp. 45–49. (in Russian).

18 Shakhmardanova S.A., Gulevskaya O.N., Seletskaya V.V., Zelenskaya A.V. et al. Antioxidants: classification, pharmacotherapeutic properties, use in practical medicine. Journal of fundamental medicine and biology. 2016. no. 3. pp. 4–15. (in Russian).

19 Piacenza L., Trujillo M., Rafael R. Reactive species and pathogen antioxidant networks during phagocytosis. J. Experimental Med. 2019. vol. 216. no. 3. pp. 501–516.

20 Dharmaraja A.T. Role of Reactive Oxygen Species (ROS) in therapeutics and drug resistance in cancer and bacteria. J. Med. Chem. 2017. vol. 60. no. 8. pp. 3221–3240.

Сведения об авторах

Сергей Н. Чеботарев д.ф.-м.н., профессор, ректор, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), ул. Земляной Вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, chebotarev.sergei@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-8700-4471

Руслан Р. Максютов к.т.н., кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), ул. Земляной Вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, ruslan.maxiutov@ya.ru
https://orcid.org/0000-0001-6659-5949

Information about authors

Sergei N. Chebotarev Dr. Sci. (Phys.-Math.) professor, rector, K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (the First Cossack University), st. Zemlyanoy Val, 73, Moscow, 109004, Russia, chebotarev.sergei@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-8700-4471

Ruslan R. Maksyutov Cand. Sci. (Engin), machines and apparatus for food production department, K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (the First Cossack University), st. Zemlyanoy Val, 73, Moscow, 109004, Russia, ruslan.maxiutov@ya.ru
https://orcid.org/0000-0001-6659-5949

Вклад авторов

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

Contribution

All authors are equally involved 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 16/04/2021	**После редакции** 11/05/2021	**Принята в печать** 02/06/2021
Received 16/04/2021	**Accepted in revised** 11/05/2021	**Accepted** 02/06/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-143-147 Оригинальная статья/Research article
УДК 664.7 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Исследование сырья для производства безглютеновых продуктов питания

Александрина С. Шаталова [1,2] shatalovaaleks@mail.ru 0000-0001-5891-7506
Иван С. Шаталов [2] shataloff.iv@gmail.com 0000-0002-1676-5898
Юрий С. Лебедин [3] lebedin@xema-medica.com 0000-0003-4250-4322
Денис А. Бараненко [1] denis.baranenko@gmail.com 0000-0002-9284-4379

1 Университет ИТМО, ул. Ломоносова, д. 9 Санкт-Петербург, 191002, Россия
2 ООО «ХЕМА», Дегтярный пер., д. 8-10, Санкт-Петербург, 191144, Россия
3 ООО «ХЕМА», 9-я Парковая ул.,48, Москва, 105264, Россия

Аннотация. Пищевая аллергия и борьба с аллергенами - важные проблемы глобального здравоохранения. Скрытые аллергены – важная проблема при производстве продуктов питания специализированного направления. Перекрестный контакт и загрязнение после очистки являются основными источниками таких проблем. Согласно нормам технического регламента ТР/ТС 027/2012 и стандарта Codex Stan 118-79 содержание глютена в готовой пищевой продукции не должно превышать 20 мг/кг готового продукта. Целью данного исследования было изучение сырья для производства безглютеновых продуктов питания для обоснования внедрения системы ХАССП. В качестве объектов исследования были выбраны образцы безглютеновых видов муки, чтобы оценить чистоту помещений для хранения, транспортировки и производственных помещений на заводах, производящих безглютеновую продукцию. Результаты показали, что при использовании сырья, хранившегося при ненадлежащих условиях, наблюдается увеличение содержания глютена в конечном продукте, можно сделать вывод о том, что данные условия хранения в помещении с глютен-содержащим сырьем недопустимо для безглютеновых видов муки, поскольку в конечном продукте будет наблюдаться повышенное содержание глютена и данный продукт нельзя будет реализовывать как безглютеновый, Кроме этого были проанализированы смывы с оборудования после выпекания из данной муки печенья, и выяснено, что для соответствия нормативным регламентам необходимо провести 3 цикла промывки, что увеличивает расходы воды, моющих средств, а также уменьшает выходы готовой продукции в связи с увеличением времени промывки, что в конечном итоге может увеличить стоимость готового продукта за счет увеличения расходов производителя.

Ключевые слова: глютен, иммуноферментный анализ, безглютеновое сырье, ХАССП, контроль аллергенов

Raw materials for the production of gluten-free products investigation

Aleksandrina S. Shatalova [1,2] shatalovaaleks@mail.ru 0000-0001-5891-7506
Ivan S. Shatalov [2] shataloff.iv@gmail.com 0000-0002-1676-5898
Yuri S. Lebedin [3] lebedin@xema-medica.com 0000-0003-4250-4322
Denis A. Baranenko [1] denis.baranenko@gmail.com 0000-0002-9284-4379

1 ITMO University, Lomonosov str., Saint Peterburg, 191002, Russia
2 XEMA Co. Ltd., Degtyarniy Lane, 8-10, St. Peterburg, 191144, Russia
3 Head Office, XEMA Co. Ltd., 9-th Parkovaya., 48, 105264, Moscow, Russia

Abstract. The food allergy and allergen control are important for global health concerns. Latent allergens are a paramount problem in the specialized food products. Cross-contact and post-cleaning contamination are the main sources of these problems. According to the norms of the Technical Regulation Custom Union N 027/2012 and the Codex Stan 118-79 standard, the gluten content in food products should not exceed 20 mg / kg of the product. The purpose of this study was to analyze raw materials for the gluten-free food products manufacture to justify the HACCP system implementation. The samples of gluten-free flours were selected as research objects to assess the cleanliness of storage, transportation and production facilities in factories producing gluten-free products. In this study, we analyzed the samples of gluten-free flours to assess the cleanliness of storage conditions, transportation and industrial premises in gluten-free factories. The results showed that when using raw materials stored under improper conditions an increase in the gluten content in the final product is observed. We concluded that the gluten-free flours storage conditions in a room with gluten-containing raw materials are unacceptable, because the final product will have high gluten content. Thus, this product cannot be marketed as gluten-free. In addition, we analyzed the washes from the equipment after baking cookies from these flours. We found that in order to comply with regulations, it was necessary to conduct 3 consecutive washing

Keywords: gluten, ELISA, gluten-free raw materiaks, HASSP, allergen control

Введение

Пищевые аллергены влияют на здоровье и жизнь людей с гиперчувствительностью, вызванной некоторыми компонентами пищевых продуктов, и определены как серьезная угроза безопасности пищевых продуктов. Контроль их содержания является одним из фундаментальных областей систем управления безопасностью пищевых продуктов [1, 11]. Для снижения риска нежелательных аллергических реакций на потребление пищевых продуктов необходимо

Для цитирования
Шаталова А.С., Шаталов И.С., Лебедин Ю.С., Бараненко Д.А. Исследование сырья для производства безглютеновых продуктов питания // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 143–147. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-143-147

For citation
Shatalova A.S., Shatalov I.S., Lebedin Yu.S., Baranenko D.A. Raw materials for the production of gluten-free products investigation. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 143–147. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-143-147

© 2021, Шаталова А.С. и др. / Shatalova A.S. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

исключить из рациона определенные пищевые аллергены [7, 4]. Такая элиминационная диета не будет эффективной, если производитель продуктов питания не проинформирует потребителя об аллергенах, присутствующих в пищевом продукте [1, 5]. Поэтому Комиссия Codex Alimentarius, ФАО/ВОЗ рекомендует размещать информацию об аллергенах на этикетках пищевых продуктов [7, 15, 18].

В последнее время все чаще диагностируются заболевания, связанные с глютеном, такие как аллергия на пшеницу и чувствительность к глютену, глютеновая атаксия и целиакия [8, 11]. Целиакия, одно из самых распространенных желудочно-кишечных заболеваний во всем мире, имеет глобальную распространенность 1,4%, которая зависит от пола, возраста и географического положения и которое опосредовано иммунными реакциями на употребление глютена [2, 11, 15]. Все эти заболевания не имеют лечения, однако их можно сдерживать путем поддержания безглютеновой диеты на протяжении всей жизни [8, 11].

Признано, что люди, страдающие целиакией, могут переносить различные следовые количества глютена в пищевых продуктах, не вызывая неблагоприятных последствий для здоровья, что в соответствии с Постановлением Европейской комиссии № 828/2014, CODEX STAN-118-79 означает, что конечный продукт содержит менее 20 мг/кг. Соблюдение этой диеты является сложной задачей из-за повсеместного распространения глютена в рационах, что затрудняет предотвращение контаминации [3, 13]. Кроме того, продукты, не содержащие глютен, могут быть загрязнены при обращении с ними или хранении в местах, где также обрабатываются продукты или сырье, содержащие глютен, или при недостаточных процедурах промывки оборудования [1, 6, 11].

На всех предприятиях, которые производят, обрабатывают, транспортируют или продают продукты питания, а особенно, специализированных продуктов питания по закону требуется внедрить систему критического контроля анализа опасностей (ХАССП), в которой потенциально опасные ситуации выявляются для каждого рабочего процесса и принимаются меры контроля для предотвращения и минимизации такого риска[2, 5, 7, 11]. Для осуществления этой системы необходимо осуществлять анализ решающих факторов при производстве, используя различных методов исследования[15, 16, 18].

Целью работы – исследование сырья для производства безглютеновых продуктов питания для обоснования внедрения системы ХАССП.

Материалы и методы

Коммерческие образцы муки, представленные в таблице 1.

Таблица 1.

Коммерческие образцы муки

Table 1.

Commercial flour samples

Название Product name	Производитель Manufacturer
Гречневая мука Buckwheat flour	Увелка Uvelka
Мука конопляная Hemp flour	Компас Здоровья Compas zdorovya
Мука кукурузная Corn flour	КУДЕСНИЦА KUDESNITSA
Соевый изолят Soy isolate	Пьэ Протеин PUREPROTEIN
Концентрат сывороточного белка Whey Protein Concentrate	КАЛИНИНГРАД Kaliningrad
RU02A RU02A	ООО «Зиландия» Zilandiya Ltd
Мука льнянаня Flaxseed flour	ХЕМА
RU03A	
КОКОС А 245 COCOCNUT A245	
СОЯ Н02 12–7 SOY H02 12-7	
Перемолотые соевые бобы GLYCINE MAX GLYCINE MAX crushed soya beans	
Рисовая мука Rice flour	Пудовъ Pudov
Мука рисовая Rice flour	
Мука льняная Flaxseed flour	
Мука гречневая Buckwheat flour	
Мука льняная Flaxseed flour	

Наборы для определения глиадина от компании ХЕМА (К380 – Глиадин ИФА)

Содержание глютена определялось согласно инструкции производителя.

Результаты и обсуждение

Согласно ТР ТС 027/2012 “«О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания: «Отдельные виды специализированной пищевой продукции без глютена должны состоять или быть изготовлены из одного или более компонентов, которые не содержат пшеницы, ржи, ячменя, овса или их кроссбредных вариантов (полученные путем их скрещивания) и (или) должны состоять или быть изготовлены специальным (для снижения уровня глютена) образом

из одного или более компонентов, которые получены из пшеницы, ржи, ячменя, овса или их кроссбредных вариантов, и в которых уровень глютена в готовой к употреблению продукции составляет не более 20 мг/кг»”

В связи с этим, был проведен эксперимент по хранению безглютеновой муки. Для этого образцы безглютеновой муки, которые анализировались при проведении проверки сопоставимости результатов между тест-системами, закладывались на хранение в помещении с глютеновыми видами муки и отдельно в помещении, в котором не было глютен-содержащего сырья. Спустя полгода, образцы вновь анализировались, полученные данные представлены на рисунке 1.

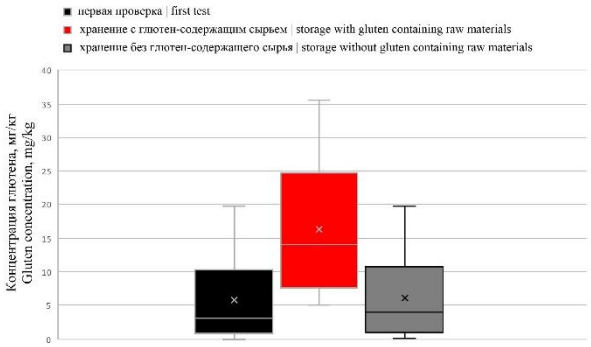


Рисунок 1. Результаты сравнения содержания глютена в муке при различном хранении

Figure 1. Comparison results of the gluten content of flour at different storage conditions

Как видно из результатов, при хранении муки с глютен-содержащим сырьем наблюдается кросс-контаминация различных образцов муки, тем самым увеличивая содержание глютена в исходном сырье. Далее выпекалось печенье из муки после ее хранения в вышеописанных условиях (рисунок 2).

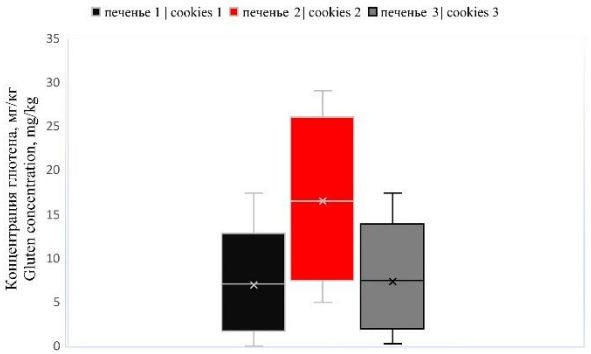


Рисунок 2. Результаты сравнения содержания глютена в печенье: печенье 1 – печенье из исходной муки; печенье 2 – печенье из муки, которая хранилась с глютен – содержащим сырьем; печенье 3 – печенье из муки, которая хранилась без глютен-содержащего сырья

Figure 2. Comparison results of the gluten content of cookies: cookies 1 – cookies from original flour; cookies 2 – cookies from flour which stored with gluten containing raw materials; cookies 3 – cookies from flour which stored without gluten containing raw materials

Из результатов следует что при использовании сырья, хранившегося при ненадлежащих условиях, наблюдается увеличение глютена в конечном продукте, можно сделать вывод, что для данные условия хранения в помещении с глютен – содержащим сырьем недопустимы для безглютеновых видов муки, поскольку в конечном продукте будет наблюдаться повышенное содержание глютена и данный продукт нельзя будет реализовать как безглютеновый. Кроме этого, были проанализированы смывы с оборудования после выпекания печенья (рисунок 3).

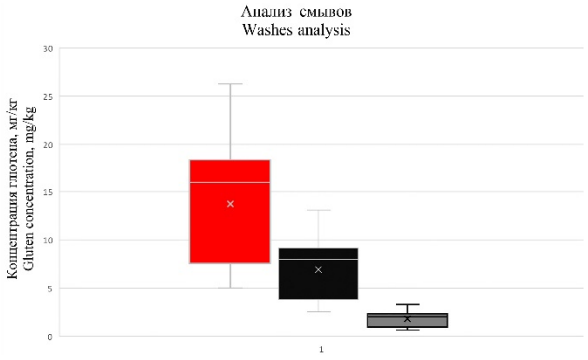


Рисунок 3. Результаты сравнения содержания глютена в смывах при использовании муки, хранящейся в помещении с глютен-содержащим сырьем

Figure 3. Comparison of gluten content in washes using flour stored in a gluten-containing room

При анализе результатов было выяснено, что после первого цикла промывки содержание глютена в смывах превышает нормативные регламентные нормы, прописанные в ТР/ТС и следовательно, изготовление продуктов на таком оборудовании может привести к повышенному содержанию глютена в конечном продукте из-за контаминации, а также выяснилось, что для соответствия нормам ТР/ТС необходимо провести 3 цикла промывки оборудования, что увеличивает расходы воды, моющих средств, а также уменьшает выходы готовой продукции в связи с увеличением времени промывки. Следовательно, для соблюдения регламента, а также для снижения времени обработки оборудования необходимо контролировать сырье, которое будет использоваться для производства безглютеновой продукции.

Заключение

- Установлено, что для производства безглютеновой продукции необходимо сырье, хранившееся помещениях и транпортировавшеся в контейнерах отдельно от глютен-содержащего сырья для избежания кросс-контаминации сырья и оборудования;

- Необходимо проверять смывы с контейнеров, стен и полов помещений для хранения безглютеновой продукции для избежания кросс-контаминации сырья и оборудования;
- Для обеспечения статуса «безглютенового» продукта, необходимо внедрить систему ХАССП не только на производствах продуктов безглютеновых продуктов питания, но и на складах, где храниться сырье для производства специализированных продуктов питания.

Литература

1 Bioletti L. et al. Celiac disease and school food service in Piedmont Region: Evaluation of gluten-free meal // Annali di igiene: medicina preventiva e di comunità. 2016. V. 28. № 2. P. 145–157. doi: 10.7416/ai.2016.2093

2 de Lourdes Moreno M. et al. Selective Capture of Most Celiac Immunogenic Peptides from Hydrolyzed Gluten Proteins // Food Chemistry. 2016. V. 205. P. 36-42.

3 de Souza, M. et al. Pure Oats as Part of the Canadian Gluten-Free Diet in Celiac Disease: The Need to Revisit the Issue // Canadian Journal of Gastroenterology and Hepatology. 2016. P. 1-8.

4 Dupuis R., Meisel Z., Grande D., Strupp E. et al. Food allergy management among restaurant workers in a large U.S. city // Food Control. 2016. № 63. P. 147-157.

5 Dzwolak W. Assessment of food allergen management in small food facilities // Food Control. 2016. doi: 10.1016/j.foodcont.2016.08.019

6 Galan-Malo P. et al. Detection of egg and milk residues on working surfaces by ELISA and lateral flow immunoassay tests // Food Control. 2017. V. 74. P. 45–53. doi: 10.1016/j. foodcont.2016.11.027

7 Gendel S.M., Khan N., Yajnik M.A survey of food allergen control practices in the US food industry // Journal of food protection. 2013. V. 76. №. 2. P. 302-306. doi: 10.4315/0362-028X.JFP-12-373

8 La Vielle S. et al. Celiac Disease and Gluten-Free Claims on Uncontaminated Oats // Canadian Journal of Gastroenterology and Hepatology. 2016. № 1. P. 1-7.

9 Melini V., Melini F. Gluten-free diet: gaps and needs for a healthier diet // Nutrients. V. 11. №. 1. P. 170. doi: 10.3390/nu11010170

10 Neogen Corporation, University of Nebraska, Food Allergy Research and Resource Program (FARRP). URL: http://www.neogen.com/FoodSafety/pdf/AllergenHandbook_12.pdf

11 Non-Celiac Gluten Sensitivity: How to Diagnose and Differentiate it from Celiac Disease// Canadian Celiac Association – 2019.

12 Ortiz J., et al. Survey on the occurrence of allergens on food-contact surfaces from school canteen kitchens // Food Control. 2018. V. 84. P. 449-454. doi: 10.1016/j. foodcont.2017.09.003

13 Proposed Rule for Gluten-Free Labeling of Fermented or Hydrolyzed Foods// U.S. Food and Drug Administration. – 2016. URL: https://www.federalregister.gov/documents/2020/08/13/2020-17088/food-labeling-gluten-free-labeling-of-fermented-or-hydrolyzed-foods

14 Röder M., Weber W. Allergen management in the food industry // Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz. 2016. № 7 (59). P.900-907.

15 Rogers A. et al. Challenges in Allergen Testing: Spiking and Recoveries // Spot On: Diagnostic Solutions. 2018. № 2. URL: https://www.brcgs.com/media/2167041/11-e-sampling_guide_2018-05-15_eng.pdf

16 Scherf K., Poms R. Recent developments in analytical methods for tracing gluten // Journal of Cereal Science. 2016. V. 67. P.112-122.

17 Singh P., Arora A., Strand T.A., Leffler D.A. et al. Global prevalence of celiac disease: Systematic review and meta-analysis // Clinical gastroenterology and hepatology. 2018. P. 823-826. doi: 10.1016/j.cgh.2017.06.037

18 Shatalova A., Shatalov I., Lebedin Y. X6: A Novel Antibody for Potential Use in Gluten Quantification // Molecules. 2020. V. 25. P. 3107. doi: 10.3390/molecules25143107

19 Uthayakumaran S., Wrigley C. Wheat: Grain-Quality Characteristics and Management of Quality Requirements // In Cereal Grains. 2017. P. 91–134.

20 Vukman D. et al. Design and evaluation of an HACCP gluten-free protocol in a children's hospital // Food Control. 2021. V. 120. P. 1-5. doi: 10.1016/j.foodcont.2020.107527

References

1 Bioletti L. et al. Celiac disease and school food service in Piedmont Region: Evaluation of gluten-free meal. Annali di igiene: medicina preventiva e di comunità. 2016. vol. 28. no. 2. pp. 145–157. doi: 10.7416/ai.2016.2093

2 de Lourdes Moreno M. et al. Selective Capture of Most Celiac Immunogenic Peptides from Hydrolyzed Gluten Proteins. Food Chemistry. 2016. vol. 205. pp. 36-42.

3 de Souza, M. et al. Pure Oats as Part of the Canadian Gluten-Free Diet in Celiac Disease: The Need to Revisit the Issue. Canadian Journal of Gastroenterology and Hepatology. 2016. pp. 1-8.

4 Dupuis R., Meisel Z., Grande D., Strupp E. et al. Food allergy management among restaurant workers in a large U.S. city. Food Control. 2016. no. 63. pp. 147-157.

5 Dzwolak W. Assessment of food allergen management in small food facilities. Food Control. 2016. doi: 10.1016/j.foodcont.2016.08.019

6 Galan-Malo P. et al. Detection of egg and milk residues on working surfaces by ELISA and lateral flow immunoassay tests. Food Control. 2017. vol. 74. pp. 45–53. doi: 10.1016/j. foodcont.2016.11.027

7 Gendel S.M., Khan N., Yajnik M.A survey of food allergen control practices in the US food industry. Journal of food protection. 2013. vol. 76. no. 2. pp. 302-306. doi: 10.4315/0362-028X.JFP-12-373

8 La Vielle S. et al. Celiac Disease and Gluten-Free Claims on Uncontaminated Oats. Canadian Journal of Gastroenterology and Hepatology. 2016. no. 1. pp. 1-7.

9 Melini V., Melini F. Gluten-free diet: gaps and needs for a healthier diet. Nutrients. vol. 11. no. 1. pp. 170. doi: 10.3390/nu11010170

10 Neogen Corporation, University of Nebraska, Food Allergy Research and Resource Program (FARRP). Available at: http://www.neogen.com/FoodSafety/pdf/AllergenHandbook_12.pdf

11 Non-Celiac Gluten Sensitivity: How to Diagnose and Differentiate it from Celiac Disease. Canadian Celiac Association – 2019.

12 Ortiz J., et al. Survey on the occurrence of allergens on food-contact surfaces from school canteen kitchens. Food Control. 2018. vol. 84. pp. 449-454. doi: 10.1016/j. foodcont.2017.09.003

13 Proposed Rule for Gluten-Free Labeling of Fermented or Hydrolyzed Foods// U.S. Food and Drug Administration. 2016. Available at: https://www.federalregister.gov/documents/2020/08/13/2020-17088/food-labeling-gluten-free-labeling-of-fermented-or-hydrolyzed-foods

14 Röder M., Weber W. Allergen management in the food industry. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz. 2016. no. 7 (59). pp.900-907.

15 Rogers A. et al. Challenges in Allergen Testing: Spiking and Recoveries. Spot On: Diagnostic Solutions. 2018. no. 2. Available at: https://www.brcgs.com/media/2167041/11-e-sampling_guide_2018-05-15_eng.pdf

16 Scherf K., Poms R. Recent developments in analytical methods for tracing gluten. Journal of Cereal Science. 2016. vol. 67. pp.112-122.

17 Singh P., Arora A., Strand T.A., Leffler D.A. et al. Global prevalence of celiac disease: Systematic review and meta-analysis. Clinical gastroenterology and hepatology. 2018. pp. 823-826. doi: 10.1016/j.cgh.2017.06.037

18 Shatalova A., Shatalov I., Lebedin Y. X6: A Novel Antibody for Potential Use in Gluten Quantification. Molecules. 2020. vol. 25. pp. 3107. doi: 10.3390/molecules25143107

19 Uthayakumaran S., Wrigley C. Wheat: Grain-Quality Characteristics and Management of Quality Requirements. In Cereal Grains. 2017. pp. 91–134.

20 Vukman D. et al. Design and evaluation of an HACCP gluten-free protocol in a children's hospital. Food Control. 2021. vol. 120. pp. 1-5. doi: 10.1016/j.foodcont.2020.107527

Сведения об авторах

Александрина С. Шаталова аспирант, факультет пищевой биотехнологии, Университет ИТМО, ул. Ломоносова, д. 9 Санкт-Петербург, 191002, Россия, shatalovaaleks@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-5891-7506

Иван С. Шаталов старший технолог ИФА, отдел разработки наборов ИФА, филиал ООО «ХЕМА», Дегтярный пер., д. 8-10 лит. А, Санкт-Петербург, 191144, Россия, shataloff.iv@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-1676-5898

Юрий С. Лебедин генеральный директор, ООО «ХЕМА», 9-я Парковая, д. 48, Москва, 105264, Россия, lebedin@xema-medica.com
https://orcid.org/0000-0003-4250-4322

Денис А. Бараненко к.т.н., доцент, факультет пищевой биотехнологии, Университет ИТМО, ул. Ломоносова, д. 9б, Санкт-Петербург, 191002, Россия, denis.baranenko@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-9284-4379

Information about authors

Aleksandrina S. Shatalova graduate student, biotechnology faculty, ITMO University, Lomonosova str., 9, 191002, Russia, shatalovaaleks@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-5891-7506

Ivan S. Shatalov senior technologist, ELISA development department, XEMA Co. Ltd., Saint Peterburg, Degtyarnyi Lane, 8-10 A, shataloff.iv@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-1676-5898

Yuri S. Lebedin general manager, XEMA Co. Ltd., 9-th Parkovaya str., 48, 105264 Moscow, Russia, lebedin@xema-medica.com
https://orcid.org/0000-0003-4250-4322

Denis A. Baranenko Cand. Sci. (Engin.), associate professor, biotechnology faculty, ITMO University, Lomonosova str., 9191002, Russia, denis.baranenko@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-9284-4379

Вклад авторов

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

Contribution

All authors are equally involved 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 12/04/2021 **После редакции** 29/04/2021 **Принята в печать** 26/05/2021

Received 12/04/2021 **Accepted in revised** 29/04/2021 **Accepted** 26/05/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-148-153 Оригинальная статья/Research article
УДК 637.2.05 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Масло сливочное «Десертное»

Ольга И. Долматова [1] olgadolmatova@rambler.ru 0000-0002-4450-8856
Анастасия А. Рогова [1] meatech@yandex.ru

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

Аннотация. Сливочное масло занимает лидирующие позиции в выборе потребителей. Этому способствует его привлекательный состав и вкусовые достоинства, хорошая усвояемость, а также сочетаемость практически со всеми пищевыми продуктами. Однако сливочное масло не рекомендуется диетологами для представителей старшего возраста в связи с высокой калорийностью, повышенной массовой долей насыщенных жирных кислот и холестерина. Часть потребителей молодого и среднего поколения практически полностью отказывается от сливочного масла, предпочитая низкожирные продукты. В рацион человека придерживающего здорового питания должны входить продукты, обогащенные функциональными ингредиентами. В работе предложена технология получения масла сливочного с ягодами барбариса. Плоды содержат углеводы, пектиновые вещества, органические кислоты, макро- и микроэлементы, витамины и др. Для производства масла сливочного с ягодами барбариса выбран метод преобразования высокожирных сливок. Масло, полученное указанным методом, имеет высокую степень дисперсности влаги и низкое содержание газовой фазы, менее подвержено бактериальной обсемененности по сравнению с аналогом, произведенным методом сбивания. Полученное сливочное масло можно отнести к группе «Десертное». Масло сливочное «Десертное» вырабатывали следующим образом. Молочные и немолочные сырьевые компоненты принимали, проводили оценку их качества, молоко сепарировали, полученные сливки подвергали пастеризации. Затем вторичным сепарированием получали высокожирные сливки, проводили их нормализацию. Особенностью производства масла сливочного «Десертное» является внесение в нормализованную смесь вкусовых компонентов – пюре из ягод барбариса и сахара-песка согласно рецептуре. Далее нормализованная смесь была преобразована в масло и направлена на термостатирование. Изучены органолептические, физико-химические и микробиологические показатели качества сливочного масла «Десертное». Добавление ягод барбариса в сливочное масло способствует обогащению его состава витаминами, уменьшению калорийности. Экономическая эффективность и целесообразность производства масла сливочного «Десертное» заключается в экономии используемого молочного сырья, за счет замены жировой части растительными компонентами.

Ключевые слова: масло сливочное, вкусовые компоненты, технология, ягоды барбариса, органолептические показатели

Dessert butter

Olga I. Dolmatova [1] olgadolmatova@rambler.ru 0000-0002-4450-8856
Anastasia A. Rogova [1] meatech@yandex.ru

1 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. Butter is a leading consumer choice. This is facilitated by its attractive composition and taste, good digestibility, as well as compatibility with almost all food products. However, butter is not recommended by nutritionists for older people due to its high calorie content, increased mass fraction of saturated fatty acids and cholesterol. Some of the consumers of the young and middle generation are almost completely abandoning butter, preferring low-fat products. The diet of a person adhering to a healthy diet should include foods enriched with functional ingredients. The paper proposes a technology for producing butter with barberry berries. Fruits contain carbohydrates, pectin substances, organic acids, macro- and microelements, vitamins, etc. For the production of butter with barberry berries, a method of converting high-fat cream has been chosen. The oil has a high degree of dispersion of moisture and a low content of the gas phase, is less susceptible to bacterial contamination in comparison with the analogue produced by the churning method. The resulting butter can be attributed to the "Dessert" group. Dessert butter was obtained as follows. Dairy and non-dairy raw materials were accepted, their quality was assessed, milk was separated, and the resulting cream was pasteurized. Then, high-fat cream was obtained by secondary separation, and their normalization was carried out. A feature of the production of butter Dessert is the introduction of flavoring components into the normalized mixture - puree from barberry berries and granulated sugar according to the recipe. Further, the normalized mixture was converted into oil and directed to thermostatting. Organoleptic, physicochemical and microbiological indicators of the quality of Dessertnoye butter have been studied. The addition of barberry berries to butter contributes to the enrichment of its composition with vitamins and a decrease in calorie content. The economic efficiency and feasibility of the production of Dessert butter consists in saving the raw milk used by replacing the fatty part with vegetable components.

Keywords: butter, flavoring components, technology, barberry berries, organoleptic characteristics

Введение

Пищевая промышленность России при производстве продуктов в большей степени следует не только принципам ресурсосбережения и конкурентоспособности на рынке, но и основывается на предпочтениях потребителей, большинство из которых придерживается здорового питания.

На рынке масложировой продукции все чаще появляется низкокалорийное сливочное масло и спреды. При этом потребитель стремится приобрести полезную и натуральную альтернативу.

Сливочное масло занимает лидирующие позиции в выборе потребителей. Этому способствует его привлекательный состав и вкусовые достоинства, хорошая усвояемость, а также сочетаемость практически со всеми пищевыми продуктами. Ценность масла сливочного заключается в исключительности его состава,

Для цитирования
Долматова О.И., Рогова А.А. Масло сливочное «Десертное» // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 148–153. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-148-153

For citation
Dolmatova O.I., Rogova A.A. Dessert butter. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 148–153. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-148-153

© 2021, Долматова О.И. и др. / Dolmatova O.I. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

содержании витаминов А и D, β-каротина, фосфолипидов, которые незаменимы и необходимы для нормального функционирования организма [1].

Однако сливочное масло не рекомендуется диетологами для представителей старшего возраста в связи с высокой калорийностью, повышенного содержания насыщенных жирных кислот и холестерина [2].

Часть представителей молодого и среднего поколения практически полностью отказывается от употребления сливочного масла, предпочитая низкожирные продукты.

Питание человека должно восполнять физиологические затраты организма в основных пищевых веществах и энергии. Перед масложировой промышленностью стоит задача улучшения состава сливочного масла с целью интеграции его в концепцию современного питания. У потребителей появляются новые запросы к продуктам. При этом некоторые из показателей сливочного масла противоречат запросам времени и нуждаются в корректировке. Состав и свойства жировой фазы сливочного масла необходимо целенаправленно изменять по жирно-кислотному составу, биологической и пищевой ценности [3-7].

В качестве вкусового компонента можно использовать ягоды, которые содержат витамины, макро- и микроэлементы, пектины и др. Антиоксиданты и фитостерины ягод, оказывают благотворное влияние на здоровье человека [8–10]. Такое сливочное масло можно отнести к группе Десертное.

Известны способы получения сливочного масла с ягодами боярышника, бузины, калины (патент РФ № 2727446), масла Деликатесного, содержащего в своем составе смесь ягод барбариса, ирги, жимолости (патент РФ № 2715646), масла Десертного с кленовым сиропом, с высушенными ягодами черной смородины и клюквы и др [11–13].

Для производства масла сливочного с вкусовыми компонентами наиболее предпочтителен метод преобразования высокожирных сливок. Масло имеет более высокие характеристики по сравнению с аналогом, произведенным методом сбивания. В готовом сливочном масле наблюдается высокая степень дисперсности влаги и низкое содержание газовой фазы, оно менее подвержено бактериальной обсемененности. Выработанный продукт обладает высокой стойкостью при хранении [14-17].

По сравнению с методом сбивания преобразование обеспечивает кратковременность производственного цикла, а также позволяет экономно использовать производственные площади, за счет меньшего числа используемого оборудования. При этом молоко-сырье должно быть высокого качества, так как невозможно переработать сливки с повышенной кислотностью.

В производстве масла выбранным методом массовая доля жира увеличивается в два этапа: на стадии сепарирования молока-сырья при t = 35–45 °С и при 70–90 °С на стадии получения высокожирных сливок. При отделении обезжиренного молока от более легкой фракции жира под действием центробежной силы с внешней поверхности жировых шариков частично удаляются фосфолипидно-белковый комплекс, входящий в состав белковой оболочки шарика, из-за чего изменяется электрический заряд на его поверхности, устойчивость и толщина оболочки снижается. В процессе уменьшения расстояния между жировыми шариками, между ними возникает тонкий слой белковой плазмы, что позволяет влаге, находящейся в свободном состоянии перейти в связанное. Ненарушенная эмульсия жира, дестабилизируется в процессе термомеханической обработки в пластинчатом маслообразователе. Одновременно с воздействием низкого температурного режима на высокожирные сливки оказывается интенсивное механическое воздействие мешалок аппарата, что позволяет обеспечить обращение (инверсию) фаз жидкой структуры в структуру сливочного масла.

В процессе термомеханической обработки возникают центры кристаллизации триглицеридов жировых шариков при температуре массовой кристаллизации 22–23 °С, выделяется твердый жир, способствующий образованию первичной структуры масла, происходит диспергирование образующиеся кристаллизированных скоплений (агрегатов) твердого жира. Кристаллизация триглицеридов начинается у границы с белковой оболочкой снижая ее устойчивость и вызывая изменения в молекулярном строении. В процессе термостатирования после фасовки масла в потребительскую или транспортную тару продолжается отвердевание жира. При термостатировании масла происходит не только отвердевание жира, но и такие физико-химические процессы как формирование вторичной структуры и консистенции свежевыработанного сливочного масла [18 -20].

Материалы и методы

Материалы исследования: сырье молочного и немолочного происхождения (сливки молочные, сахар-песок, ягоды барбариса), готовый продукт.

В молочном сырье определяли следующие показатели: антибиотики по ГОСТ Р 51600, ГОСТ Р 53774; температуру – ГОСТ 26754; массовую долю жира – ГОСТ 5867; массовую долю

белка – ГОСТ 23327; массовую долю СОМО – ГОСТ Р 54761; титруемую кислотность – ГОСТ Р 54669; плотность – ГОСТ Р 54758; группу чистоты – ГОСТ 8218; точку замерзания – ГОСТ 25101; термоустойчивость по алкогольной пробе – ГОСТ 25228; КМАФАнМ – ГОСТ 32901; ингибирующие, дезинфицирующие, моющие вещества – ГОСТ 23454; содержание соматических клеток – ГОСТ 23453.

Оценку качества готового продукта проводили по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 22935–3–2011; ГОСТ Р ИСО 2446–2011; ГОСТ 5867; ГОСТ 3626; ГОСТ 32901; ГОСТ 33566; ГОСТ 32901; ГОСТ 32899.

Результаты и обсуждение

В работе в качестве вкусового компонента при производстве масла сливочного Десертное использованы ягоды барбариса.

Изучены данные по химическому составу ягод барбариса (таблица 1), витаминному и минеральному составу (рисунок 1, 2).

Таблица 1.

Химический состав ягод барбариса

Table 1.

The chemical composition of barberry berries

Показатель | Index	Количество вещества, г | Amount of substance, g
Белки | Protein	4,4
Жиры | Fats	4,6
Углеводы | Carbohydrates	3,6
Органические кислоты | Organic acids	3,2
Пищевые волокна | Пищевые волокна	3,0
Вода | Water	79,0
Зола | Ash	2,2

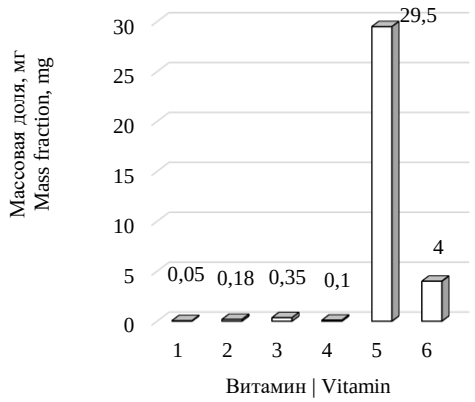


Рисунок 1. Витаминный состав ягод барбариса: 1 – B_1; 2 – B_2; 3 – B_5; 4 – B_6; 5 – C; 6 – E

Figure 1. Vitamin composition of barberry berries: 1 – B1; 2 – B2; 3 – B5; 4 – B6; 5 – C; 6 – E

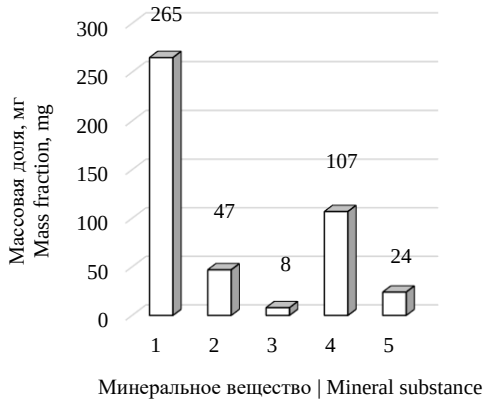


Рисунок 2. Минеральный состав ягод барбариса: 1 – K; 2 – Ca; 3 – Mg; 4 – Na; 5 – Fe

Figure 2. Mineral composition of barb-rice berries: 1 – K; 2 – Ca; 3 – Mg; 4 – Na; 5 – Fe

Установлена повышенная массовая доля витаминов С и Е в ягодах барбариса. При употреблении 100 г. ягод барбариса обеспеченность организма указанными витаминами составит 30%.

Определена повышенная массовая доля калия и железа в ягодах барбариса. При потреблении 100 г. ягод в сутки обеспеченность организма перечисленными минеральными веществами составляет 10 и 140%.

Масло сливочное «Десертное» получали следующим образом. Молочные и немолочные сырьевые компоненты принимали, проводили оценку их качества, молоко сепарировали, полученные сливки подвергали пастеризации. Затем вторичным сепарированием получали высокожирные сливки, проводили их нормализацию. Особенностью производства масла сливочного «Десертное» является внесение в нормализованную смесь вкусовых компонентов – пюре из ягод барбариса и сахара-песка согласно рецептуре. Далее нормализованная смесь была преобразована в масло и направлялась на термостатирование. Образцы масла хранили при температуре 3 ± 2 ºС – 15 суток (с учетом запаса 20).

Органолептические и физико-химические показатели масла сливочного Десертное представлены в таблице 2.

Результаты микробиологических исследований масла сливочного «Десертное» представлены в таблице 3.

Таблица 2.

Органолептические и физико-химические показатели масла сливочного «Десертное»

Table 2.

Organoleptic and physicochemical indicators of butter "Dessert"

Показатель | Indicator	Характеристика | Characteristics
Вкус и запах | Taste and smell	Сливочный, сладкий, со вкусом и запахом ягод барбариса Creamy, sweet, with the taste and smell of barberry
Консистенция и внешний вид | Consistency and appearance	Пластичная, однородная, поверхность на срезе блестящая, сухая Plastic, homogeneous, the cut surface is shiny, dry
Цвет | Colour	Обусловлен цветом внесенного ягодного наполнителя Due to the color of the applied berry filler
Массовая доля | Mass fraction	
жир,% | fat,%	57,0
влага,% | moisture,%	29,0
сухие вещества,% | dry substances,%	14
в том числе ягод барбариса | including barberry	2,0

Таблица 3.

Микробиологические показатели масла сливочного «Десертное»

Table 3.

Microbiological indicators of butter “Dessert”

Показатель | Indicator	Характеристика | Characteristics	
	Свежевыработанный образец Freshly crafted sample	Образец на 15-е сутки хранения Freshly produced sample on the 15th day of storage
Бактерии группы кишечной палочки (масса продукта в г, в котором не обнаружены) | Escherichia coli bacteria (product weight in g, in which they were not detected)	0,1	0,1
Количественное определение дрожжей, КОЕ/г Quantitative determination of yeast	<5	20
Количественное определение плесневых грибов, КОЕ/г Quantification of molds	<5	<5
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г | The number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms	5×10^2	$1{,}1 \times 10^4$

Анализ массовой доли витаминов С и Е в масле показал их увеличение по сравнению с традиционным маслом без вкусовых компонентов на 3 ± 0,5%. Масло обладает повышенной антиоксидантной активностью.

Калорийность масла «Десертное» с ягодами барбариса составляет 527 ккал / 100 г. продукта.

Установлен оптимальный срок годности масла «Десертное» – 15 суток при температуре 3 ± 2 ºС.

Экономическая эффективность и целесообразность производства заключается в экономии используемого молочного сырья, за счет замены жировой части растительными компонентами.

Заключение

Предложен способ производства масла сливочного «Десертное» с ягодами барбариса.

Изучены его органолептические, физико-химические и микробиологические показатели.

Определено, что добавление ягод барбариса в сливочное масло способствует обогащению его состава витаминами, уменьшению калорийности.

Литература

1 Иванова Н.В. Маслоделие сегодня: сырье, качество, безопасность, методы производства, выбор оборудования: сборник материалов видеоконференции, 15 июля 2020 г. Углич: ВНИИМС – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, 2018. 84 с.

2 Lordan R., Tsoupras A., Mitra B., Zabetakis I. Dairy Fats and Cardiovascular Disease: Do We Really Need to be Concerned? // Foods. 2018. V.7. № 3. P. 29–63. doi: 10.3390/foods7030029

3 Тихомирова Н.А. Модифицированное сливочное масло с экстрактом минорных компонентов // Сыроделие и маслоделие. 2019. № 6. С. 32-34.

4 Panchal B., Truong T., Prakash S., Bansal N. et al. Influence of fat globule size, emulsifiers, and cream-aging on microstructure and physical properties of butter // International Dairy Journal. 2021. V. 117. P. 105003. doi: 10.1016/j.idairyj.2021.105003

5 Pădureţ S. The Effect of Fat Content and Fatty Acids Composition on Color and Textural Properties of Butter // Molecules. 2021. V. 26. №. 15.P. 4565. doi: 10.3390/molecules26154565

6 Panchal B., Bhandari B. Butter and Dairy Fat Spreads // Dairy Fat Products and Functionality. 2020. P. 509-532. doi: 10.1007/978-3-030-41661-4_21

7 McCarthy O.J., Wong M. Physical Characterization of Milk Fat and Milk Fat-Based Products // Advanced Dairy Chemistry. 2020. V. 2. P. 375-442. doi: 10.1007/978-3-030-48686-0_12

8 Яшин А.Я., Веденин А.Н., Яшин Я.И., Немзер Б.В. Ягоды: химический состав, антиоксидантная активность. Влияние потребления ягод на здоровье человека // Аналитика веществ и материалов. 2019. Т. 9. № 3. С. 222–230.

9 Шарова Е.И. Антиоксиданты растений. СПб.: Изд-во С.–Петерб. ун-та. 2016. 140 с.

10 Ivanova M.G., Dobrev G.T. Technology of butter fortified with phytosterols // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2021. V. 1031. №. 1. P. 012085.

11 Гусев Н.А., Байдалинова Л.С. Использование сухих измельченных ягодных компонентов для обогащения масла сливочного // Известия КГТУ. 2018. № 49. С. 104–114.

12 Долматова О.И., Шаршов А.С. Технология масла сладкосливочного с вкусовыми компонентами // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 224–227. doi:10.20914/2310–1202–2018–3–224–227.

13 Долматова О.И., Шаршов А.С. Изучение свойств масла сладкосливочного десертного с вкусовыми компонентами // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 220–223. doi:10.20914/2310–1202–2018–3–220–223.

14 Ramel P.R., Marangoni A.G. Microstructural Engineering of Milk Fat and Related Products // Dairy Fat Products and Functionality. 2020. P. 293-305. doi: 10.1007/978-3-030-41661-4_12

15 Дунченко Н.И., Денисов С.В. Оценка безопасности сливочного масла // Молочная промышленность. 2017. № 6. С. 15-16.

16 Дунченко Н.И., Денисов С.В. Показатели безопасности сливочного масла в системе прослеживаемости // Сыроделие и маслоделие. 2019. № 6. С. 46-49.

17 Pop F., Boltea D. Evaluation of oxidation and hydrolysis in milk fat during freezing storage // Journal of Agroalimentary Processes and Technologies. 2014. V. 20. №. 1. P. 39-45.

18 Арсеньева Т.П. Технология сливочного масла. СПб.: НИУ ИТМО – ИХиБТ, 2013. 303 с.

19 Вышемирский, Ф.А. Русский метод производства сливочного масла. СПб.: ГИОРД, 2021. 328 с.

20 Macias-Rodriguez B.A., Marangoni A.G. Rheology and Texture of Cream, Milk Fat, Butter and Dairy Fat Spreads // Dairy Fat Products and Functionality. P. 245-275. doi: 10.1007/978-3-030-41661-4_10

References

1 Ivanova N.V. Butter-making today: raw materials, quality, safety, production methods, choice of equipment: collection of materials of the videoconference, July 15, 2020. Uglich, VNIIMS - branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Research Center of Food Systems named after V.M. Gorbatov” RAS, 2018. 84 p. (in Russian).

2 Lordan R., Tsoupras A., Mitra B., Zabetakis I. Dairy Fats and Cardiovascular Disease: Do We Really Need to be Concerned? Foods. 2018. vol. 7. no. 3. pp. 29–63. doi: 10.3390/foods7030029

3 Tikhomirova N.A. Modified butter with an extract of minor components. Cheese making and butter making. 2019. no. 6. pp. 32-34. (in Russian).

4 Panchal B., Truong T., Prakash S., Bansal N. et al. Influence of fat globule size, emulsifiers, and cream-aging on microstructure and physical properties of butter. International Dairy Journal. 2021. vol. 117. pp. 105003. doi: 10.1016/j.idairyj.2021.105003

5 Pădureţ S. The Effect of Fat Content and Fatty Acids Composition on Color and Textural Properties of Butter. Molecules. 2021. vol. 26. no. 15. pp. 4565. doi: 10.3390/molecules26154565

6 Panchal B., Bhandari B. Butter and Dairy Fat Spreads. Dairy Fat Products and Functionality. 2020. pp. 509-532. doi: 10.1007/978-3-030-41661-4_21

7 McCarthy O.J., Wong M. Physical Characterization of Milk Fat and Milk Fat-Based Products. Advanced Dairy Chemistry. 2020. vol. 2. pp. 375-442. doi: 10.1007/978-3-030-48686-0_12

8 Yashin A.Ya., Vedenin A.N., Yashin Ya.I., Nemzer B.V. Berries: chemical composition, antioxidant activity. The influence of berry consumption on human health. Analytics of substances and materials. 2019. vol. 9. no. 3. pp. 222–230. (in Russian).

9 Sharova E.I. Plant antioxidants. SPb, Publishing house of St. Petersburg. un-that. 2016. 140 p. (in Russian).

10 Ivanova M.G., Dobrev G.T. Technology of butter fortified with phytosterols. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2021. vol. 1031. no. 1. pp. 012085.

11 Gusev N.A., Baidalinova L.S. The use of dry crushed berry components for enrichment of butter. Izvestiya KSTU. 2018. no. 49. pp. 104–114. (in Russian).

12 Dolmatova O.I., Sharshov A.S. Technology of sweet cream butter with flavoring components. Proceedings of VSUET. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 224–227. doi: 10.20914/2310–1202–2018–3–224–227 (in Russian).

13 Dolmatova O.I., Sharshov A.S. Study of the properties of sweet cream dessert butter with flavoring components. Proceedings of VSUET. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 220–223. doi: 10.20914/2310–1202–2018–3–220–223. (in Russian).

14 Ramel P.R., Marangoni A.G. Microstructural Engineering of Milk Fat and Related Products. Dairy Fat Products and Functionality. 2020. pp. 293-305. doi: 10.1007/978-3-030-41661-4_12

15 Dunchenko N.I., Denisov S.V. Assessment of the safety of butter. Dairy industry. 2017. no. 6. pp. 15-16. (in Russian).

16 Dunchenko N.I., Denisov S.V. Safety indicators of butter in the traceability system. Cheese making and butter making. 2019. no. 6. pp. 46-49. (in Russian).

17 Pop F., Boltea D. Evaluation of oxidation and hydrolysis in milk fat during freezing storage. Journal of Agroalimentary Processes and Technologies. 2014. vol. 20. no. 1. pp. 39-45.

18 Arsenyeva T.P. Butter technology. SPb, NIU ITMO - IChiBT, 2013. 303 p. (in Russian).
19 Vyshemirsky F.A. Russian method of butter production. SPb, GIORD, 2021. 328 p. (in Russian).
20 Macias-Rodriguez B.A., Marangoni A.G. Rheology and Texture of Cream, Milk Fat, Butter and Dairy Fat Spreads. Dairy Fat Products and Functionality. pp. 245-275. doi: 10.1007/978-3-030-41661-4_10

Сведения об авторах

Ольга И. Долматова к.т.н., доцент, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, olgadolmatova@rambler.ru
https://orcid.org/0000-0002-4450-8856

Анастасия А. Рогова студент, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, meatech@yandex.ru

Information about authors

Olga I. Dolmatova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, animal origin products technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, olgadolmatova@rambler.ru
https://orcid.org/0000-0002-4450-8856

Anastasia A. Rogova student, animal origin products technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, meatech@yandex.ru

Вклад авторов

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

Contribution

All authors are equally involved 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 23/04/2021	**После редакции** 14/05/2021	**Принята в печать** 01/06/2021
Received 23/04/2021	**Accepted in revised** 14/05/2021	**Accepted** 01/06/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-154-163 Оригинальная статья/Research article
УДК 339.13.021 : 667.62 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Веслонос – перспективный сырьевой источник для развития отечественного рынка рыбопродуктов

Людмила В. Антипова [1] antipova.L54@ya.ru 0000-0002-1416-0297
Алина Ю. Сеткова [1] alinasetkova@ya.ru 0000-0002-9070-3935
Ольга П. Дворянинова [1] olga-dvor@ya.ru 0000-0002-7866-1813

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

Аннотация. В настоящее время производство рыбопродуктов из прудовой рыбы в России растет. В процессе переработки рыбы образуются побочные продукты разделки: печень, ястыки, шкурки, чещуя и т.д. Цель работы – оценка комплекса свойств веслоноса как источника пищевых систем, позволяющих осуществить поступательное развитие отечественного рынка. Объектом исследования являлись продукты разделки веслоноса. В работе применяли общепринятые методы исследования свойств рыбного сырья. При изучении масс-метрических показателей продуктов разделки веслоноса выявили, что массовая доля печени составляет 18,4% и может использоваться в технологии полуфабрикатов, паштетов и консервов. Результаты изучения химического состава печени веслоноса показали, что она богата жиром (18,9±2,15 %). Сравнительный анализ результатов проведенных исследований показал, что марганца, меди и железа в печени веслоноса больше, чем в мясе. Но печень уступает мясу по содержанию цинка 6,6 ± 2,34 мг/кг против 7,5 ± 1,59 мг/кг. Так, уровень меди в 4,6 раза, марганцав 15,3 раза и железа в 4 раза выше, чем в мясе веслоноса. Показатели биологической ценности исследованных прудовых рыб подтверждают перспективность их использования как альтернативного сырьевого источника для производства разнообразного ассортимента рыбных продуктов. Результаты исследований жирнокислотного состава показывают, что по содержанию жира рыбы внутренних водоемов не относятся к продуктам высокой биологической ценности, что компенсируется высоким содержанием белка. Однако данная характеристика может быть значительно улучшена путем проектирования рецептур различной кулинарной продукции на их основе. При этом, как положительный факт, следует отметить наличие в филе карпа, толстолобика и веслоноса незаменимых факторов питания γ – линоленовая (ω-6), а также наличие полиненасыщенных жирных кислот.

Ключевые слова: рыбы, рыбопродукты, веслонос, печень веслоноса, расширение ассортимента, ассортимент рыбопродуктов

Paddlefish is a promising source of raw materials for the development of the domestic market of fish products

Lyudmila V. Antipova [1] antipova.L54@ya.ru 0000-0002-1416-0297
Alina Yu. Setkova [1] alinasetkova@ya.ru 0000-0002-9070-3935
Olga P. Dvoryaninova [1] olga-dvor@ya.ru 0000-0002-7866-1813

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

Abstract. Currently, the production of fish products from pond fish in Russia is growing. In the process of processing fish, by-products of cutting are formed: liver, yastki, skins, cheshchuya, etc. The purpose of the work is to evaluate the complex of properties of the oarfish as a source of food systems that allow for the progressive development of the domestic market. The object of the study was the products of cutting paddlefish. Generally accepted methods of studying the properties of fish raw materials were used in the work. When studying the mass-metric indicators of oarfish cutting products, it was revealed that the mass fraction of the liver is 18.4% and can be used in the technology of semi-finished products, pates and canned food. The results of studying the chemical composition of the liver of the oarfish showed that it is rich in fat (18.9±2.15 %). A comparative analysis of the results of the conducted studies showed that there is more manganese, copper and iron in the liver of the oarfish than in meat. But the liver is inferior to meat in terms of zinc content of 6.6 ± 2.34 mg/kg versus 7.5 ± 1.59 mg / kg. Thus, the level of copper is 4.6 times, manganese is 15.3 times and iron is 4 times higher than in paddlefish meat. Indicators of the biological value of the studied pond fish confirm the prospects of their use as an alternative raw material source for the production of a diverse range of fish products. The results of studies of the fatty acid composition show that, according to the fat content of fish in inland reservoirs, they do not belong to products of high biological value, which is compensated by a high protein content. However, this characteristic can be significantly improved by designing recipes for various culinary products based on them. At the same time, as a positive fact, it should be noted the presence in the fillet of carp, silver carp and oarfish of essential nutrition factors γ-linolenic acid (ω 6), as well as the presence of polyunsaturated fatty acids.

Keywords: fish, fish products, oarfish, oarfish liver, expansion of the range, the range of fish products

Введение

Роль рыбы и рыбопродуктов в полноценном питании человека известна и постоянно растет. Вместе с тем, ситуация требует пересмотра сложившихся приоритетов. В стране назрела необходимость создания внутреннего рынка рыбопродуктов. Многообразие источников из Мирового океана, внутренних водоемов и рек усложняет решение задач сбалансированности рынка, непосредственно влияет на доступность цен и дефицитность сырья.

По данным РИА Fishnews в пресс-службе Росрыболовства в структуре экспорта 87% занимает мороженная рыба, 8,7% – филе и прочее мясо рыб, 3,7% – ракообразные, моллюски и прочие водные беспозвоночные, 0,4% – готовая или консервированная рыбная продукция [1–3].

Для цитирования
Антипова Л.В., Сеткова А.Ю., Дворянинова О.П. Веслонос – перспективный сырьевой источник для развития отечественного рынка рыбопродуктов // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 154–163. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-154-163

For citation
Antipova L.V., Poipova Y.A., Anosov D.S. Paddlefish is a promising source of raw materials for the development of the domestic market of fish products. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 154–163. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-154-163

© 2021, Антипова Л.В. и др. / Antipova L.V. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

В соответсвии с основными целями Концепции развития рыбного хозяйства и Стратегией развития АПК и рыболовства, важным направлением является увеличение объемов и расширение ассортимента рыбной продукции. В настоящее время, как в России, так и за рубежом, разработано множество изделий из гидробионтов. Интерес к производству такой продукции обусловлен не только необходимостью расширения ассортимента, но и возможностью получения продуктов высокой пищевой и энергетической ценности: так как гидробионты богаты полноценными белками, липидами, содержащими в необходимом количестве непредельные полиненасыщенные жирные кислоты, микро- и макроэлементы, витамины.

Проблемы возникают и за счет доли в общем объеме выращиваемой рыбы новых объектов переработки. В других индустриальных развитых странах требуется совершенствование технологии обработки рыбного сырья и разработки оригинальных подходов к его переработке.

Среди всех существующих, направление, связанное с производством рыбопродуктов широкого ассортимента, видится наиболее реальным и эффективным [8, 9, 17, 18, 20].

Одним из перспективных источников рыб внутренних водоемов является веслонос. Выше сказанное усиливает внимание к внутренним водоемам и видам рыб, их наполняющим. Ситуация осложняется недостатком знаний в области обработки и переработки рыб внутренних водоемов.

Систематика веслоноса выглядит следующим образом: царство – животные; тип – хордовые, класс – лучепёрные рыбы; отряд – осетрообразные; семейство – веслоносые; вид – веслонос.

Семейство веслоносовых Polyodontidae отряда осетрообразных включает 2 рода и 2 вида, оба – эндемики: американский веслонос (Psephurus gladius) – в бассейне Янцзы. В отличие от других осетрообразных на теле веслоноса отсутствуют жучки (рисунок 1).



(a) (b)

Рисунок 1. Внешний вид (a) американского и (b) китайского веслоносов

Figure 1. Appearance of the (a) American and (b) Chinese paddleboats

Многие российские хозяйства выращивают и поставляют на рынок это сырье. Интенсификация прудового рыбоводства в России достигнута благодаря оптимальной структуре поликультурного рыбоводства на основе культивирования карпа с растительными видами: обыкновенным и пестрым толстолобиками и белым амуром, удобрением прудов, кормлением рыбы, увеличением плотности посадки на 1 га площади прудов и механизации производственных процессов, а также акклиматизация и разведение новых видов рыб [9–13, 21].

Определены требования к водоемам комплексного назначения (ВКН) для выращивания маточных стад веслоноса: площадь от 100 до 200 га, глубина незамерзающего слоя – не менее 1,5 м, отсутствие загрязнений промышленными, сельскохозяйственными и иными стоками, соответствие режимов нормативам качества среды.

Переработку веслоноса ведут в специализированных хозяйствах с использованием специального технологического оборудования [11, 12, 15].

В настоящее время освоена в России технология выращивания веслоноса на базе предприятий:

- ООО «Рыбоводное сельскохозяйственное предприятие «Ангелинское» (Краснодарский край, Красноармейский район, станица Старонижестеблиевская);
- ФГУП «Медведицкий экспериментальный рыборазводный завод» (Волгоградская область, Даниловский район, р.п. Даниловка);
- ООО «Рыбколхоз им. И.В.Абрамова» (Ростовская область, г. Семикаракорск);
- ФГУП «КаспНИРХ» (г. Астарахань);
- ЗАО «Смоленскрыбхоз» (г. Смоленск);
- ЗАО «Павловскрыбхоз» (Воронежская область, Павловский район, с. Малая Казинка и с. Гаврильск);
- ООО рыбхоз «Березовский» (Воронежская область, Бобровский район, с. Сухая Березовка).

Цель работы – оценка комплекса свойств веслоноса как источника пищевых систем, позволяющих осуществить поступательное развитие отечественного рынка.

Материалы и методы

При постановке опытов и экспериментальных исследований использовали веслонос, производимый ЗАО «Павловскрыбхоз» (Воронежская обл., Павловский район, с. Малая Казинка и с. Гаврильск).

При проведении экспериментов использовались следующие методы исследования:

1) химического состава: массовую долю влаги по ГОСТ 31795 [4]; белка – методом Кьельдаля с предварительной минерализацией пробы; жира – рефрактометрически после экстрагирования жира из высушенной навески образца малолетучим растворителем; золы –по ГОСТ 31795 [4]; минеральных веществ – гравиметрическим методом; витаминного состава – по ГОСТ 7047 [5].

2) фракционного состава белков – биуретовым методом.

3) аминокислотного состава рыбопродуктов – методом ионообменной хроматографии.

4) аминокислотной сбалансированности и биологической ценности продуктов оценивали расчетным путем по формулам Н.Н.Липатова с использованием методов компьютерного моделирования по следующим показателям: аминокислотный скор, биологическая ценность, коэффициент различия аминокислотного скора, коэффициент утилитарности [6, 7].

5) жирнокислотного состава – методом ГЖХ по ГОСТ 31664 [8].

Массовый состав рыбы определяли в соответствии с принятыми методами разделки (удаление внутренностей, снятие чешуи и шкурки, обезглавливание прямым и косым срезом, отделение грудных, брюшных и хвостового плавников, разделка на филе). Соотношение отдельных частей рыбы устанавливали статистическим методом для каждого вида.

Результаты и обсуждение

Перед началом испытаний веслонос проявлял признаки жизни. Тела рыб имели чистую поверхность, плотно прилегающую к телу, без срывов и естественную окраску. Жабры у всех видов рыб были темно – красного цвета. Глаза светлые, выпуклые, без повреждений.

Исследования показали, что масс-метрические характеристики рыб внутренних водоемов определяются видом и способом разделки, а также строением (таблица 1). Так, например, у веслоноса, имеющего своеобразное и, отличающееся от других видов рыб, строение тела, в частности – головы, которая значительно больше, чем у остальных видов, за счет рострума, массовый выход головы составляет 26,2% что на 2,6% больше чем у толстолобика. Хотя, традиционно среди большинства рыб и толстолобик считается рыбой с наибольшим массовым выходом головы.

Анализ результатов проведенных исследований показал, что массовый состав рыбы в зависимости от возраста и массы изменяется. При большей массе рыбы увеличивается выход мышц и снижается выход костей.

Таблица 1.

Масс-метрические показатели продуктов разделки

Table 1.

Mass-metric indicators of cutting products

Показатели (масса, г) Indicators (weight, g)		Виды рыб Fish species
		Веслонос paddlefish
Целая рыба	Whole fish	1662,3 ±408,86
Голова: – с жабрами – без жабр	Head: - with gills - no gills	435,3 ±82,89 345,7 ±93,10
Плавники	Fins	52,3 ±5,79*
Плавники с головой	Fins with head	414,3 ±72,11
Рострум	Rostrum	77,0 ±10,7
Молоки	Mallets	77,0 ±42,34
Кожа	Skin	57,0 ±7,00
Селезенка	Spleen	5,7 ±1,70
Плавательный пузырь	Swim bladder	8,2 ±2,16
Поджелудочная железа	Pancreas	39,7 ±6,94
Печень	Liver	34,9 ±9,42*
Кишечник	Intestine	20,3 ±7,26*
Сердце	Heart	3,4 ±0,82*
Позвоночные хрящи (веслоноса), кости (карпа, толстолобика)	Vertebral cartilage (paddlefish), bones (carp, bighead carp)	65,0 ±10,42*
Филе: – со шкурой – без шкуры	Fillet: - with skin - without skin	796,3 ±170,19 760,0 ±161,14
Масса внутренностей	Weight of viscera	184,0 ±65,20
Чешуя	Scales	–

Показано (таблица 1), что наибольший массовый выход имеет филе без шкуры и составляет от 45,7 до 58,5%, что доказывает перспективность данного продукта разделки в технологиях продуктов широкого потребительского спроса.

Общая масса побочных продуктов говорит о целесообразности их дальнейшего сбора и переработки с выделением наиболее ценных частей, компонентов и веществ, включая биологические активные.

Для объективной оценки соотношения продуктов разделки и основных выделяемых внутренних органов, рассчитали массовую долю их относительно массы тела рыбы (рисунок 2).

Немаловажный интерес представляет массовая доля печени, которая у веслоноса оставляет 18,4% и примерно в 6 раз больше, чем у карпа и толстолобика (2,6 и 3,9% соответственно). Следовательно, учитывая известные показатели качества и достаточно высокий

массовый выход, печень веслоноса может рассматриваться как перспективный сырьевой ресурс в технологиях рыбопродуктов широкого покупательского спроса, в том числе полуфабрикатов, паштетов и консервов. Последний – излюбленный продукт современных россиян и употребляется ими в основном продуктами из печени трески. Вследствие чего печень веслоноса можно рассматривать как возможную альтернативу печени трески.

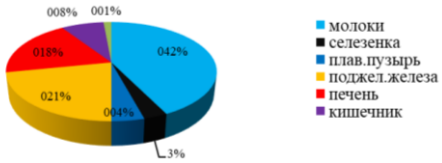


Рисунок 2. Соотношение массовых долей внутренних веслоноса

Figure1. Ratio of mass fractions of internal paddlefish

Треска относится к категории так называемых «тощих» рыб, у которых жиронакопление происходит в печени. Известно, что печень трески содержит до 70% жира, а также полиненасыщенные жирные кислоты, витамины А, B_1, B_2 и D. Данные элементы очень полезны, но будучи в натуральном продукте, подвержены порче, окислению и накоплению вредных веществ. Именно поэтому печень трески проходит отбор и подвергается очистке и термообработке.

Массовый выход печени у тихоокеанской трески составляет от 4,2 до 6,8% к массе целой рыбы, что примерно в 4 раза меньше, чем у веслоноса. Это является одним из основных показателей, свидетельствующим о целесообразности использования печени веслоноса взамен печени трески в отрасли.

Заметим, что у тихоокеанской трески масса печени изменяется в зависимости от ряда причин. С увеличением возраста рыбы увеличение массы печени происходит во много раз быстрее, чем увеличение массы рыбы. Так, например, при увеличении размера трески с 35 до 90 см масса рыбы возрастает в 14 раз (с 0,74 до 10,3 кг), а масса печени –в 34 раза (с 24 до 820 г.). Поэтому с увеличение массы трески возрастает не только абсолютная, но и относительная масса печени.

Относительная масса, печени находится в прямой зависимости от массы рыбы: массой 1,9–2,2 кг масса печени составляет 4,6–5,6%, а у рыб массой 4,6–5,6 кг от 5,6 до 6,5%.

Микроскопически структура печени веслоноса не выявляет четко выраженной дольчатости, свойственной органу млекопитающих. Клетки расположены тяжами с четко выявляющимися желчными капиллярами в виде слепых канальцев между ними.

Основу паренхимы органа составляют гепатоциты различных размеров.

В участках прилегающих к центральным венам выявляется радиальное расположение тяжей гепатоцитов, характерных для печени, так называемых балок.

Гепатоциты характеризуются полигональностью формы, довольно интенсивно окрашенной цитоплазмой, наличием четко выявляемого ядра округлой формы и ядрышек в их структуре.

Довольно часто в структуре гепатоцитов выявляется несколько ядер (многоядерные клетки) и крупные более светло окрашенные ядра похожие на ядра полиплоидных клеток. Такая картина характерна для печени, как органа, где интенсивно протекают процессы деления клеток, включая митотическое и амитотическое по типу. Среди клеток выделяются более крупные и интенсивно окрашенные купферовские клетки, принадлежащие к макрофагальной системе.

Печень веслоноса, кроме характерных для органа кровеносных сосудов и желчных протоков, пронизывающих паренхиму органа, отличается наличием значительного количества очажков кроветворения в виде скопления ярких с крупными ядрами клеток – предшественников клеток крови.

Результаты изучения химического состава печени веслоноса показали, что она богата жиром: 18,9 ± 2,15% против 8,4 ± 2,48% в образцах сравнения (мясо сельскохозяйственных животных). Дополнительно, в печени веслоноса относительно мяса, установлен более низкий уровень белка и минеральных веществ ($P \leq 0,05$), но больший уровень влаги.

Следует добавить, что печень гидробионтов, в том числе и веслоноса, отличается высокой пищевой и биологической ценностью по сравнению с печенью млекопитающих: она содержит значительное количество ПНЖК, в том числе ω-3 и ω-6, богата витаминами А и Д, а также группы В, депонирует в клетках микроэлементы. При этом энергетическая ценность печени существенно выше (225,30 ккал /100 г.), чем 100 г мяса веслоноса, что обусловлено высоким уровнем жира, превышающем этот показатель в мясе более чем в 2 раза.

Но наибольшая концентрация витамина А обнаружена в печени веслоноса и составляет 103 мкг/100 г. Следовательно, печень веслоноса может являться превосходным источником для получения витамина А и рыбьего жира, что, дополнительно может с успехом использоваться при создании рыбопродуктов функционального назначения.

Установлено, что печень веслоноса американского обладает нежной, мягкой консистенцией, имеет лучшую усвояемость, так как содержит незначительное количество щелочерастворимых белков (0,8%), это свидетельствует о менее развитой соединительной ткани в печени веслоноса. Следовательно, можно прогнозировать целесообразность применения печени веслоноса при производстве тонкоизмельченных продуктов, в том числе эмульсионного типа.

Таким образом, сравнительный анализ массового выхода и гистологического строения печени трески и веслоноса показал, что печень веслоноса может выступать альтернативным сырьевым источником в технологиях рыбопродуктов широкого потребительского спроса, включая консервы.

Что касается веслоноса, то его переработка и создание продуктов на его основе полностью вписывается в структуру современного рынка рыбопродуктов. Есть основание полагать, что развитие данного направления будет экономически целесообразным и позволит освоить новый сегмент рынка – производство широкого ассортимента продуктов из новых объектов аквакультуры.

Химический состав продуктов разделки рыб, определяющий ее питательную ценность и пищевкусовые свойства, характеризуется прежде всего содержанием белков, жиров, углеводов, витаминов, минеральных веществ и воды, а также наличием необходимых для человека аминокислот и их количеством. В рыбе находятся и продукты обмена органических веществ, а также соединения, сопутствующие жирам, и вещества, служащие регуляторами жизненных процессов [1–3].

Следует заметить, что сегодня многие продукты позиционируются, как необходимые человеку. Однако не всегда учитываются установленные критерии этих позиций. На самом деле необходим продукт, который нес бы пользу человеку.

Химический состав продуктов разделки прудовых рыб различных бассейнов достаточно подробно описан в работах отечественных ученых и специалистов (Л.В. Антипова, О.П. Дворянинова, Л.А. Борисенко, Е.Е. Иванова, Г.И. Касьянов, О.Я. Мезенова, Н.А. Студенцова, Мукатова М.Д., Долганова Н.В. и др.) Однако, для разработки новых подходов и способов максимального и рационального использования рыбных компонентов необходимо детализировано исследовать белковые и липидные фракции, оценить их функциональность, пищевую и биологическую ценность.

При анализе общего химического состава мяса прудовых рыб выявлено, что рыбы различаются по массовой доле жира 5,7–8,4%, при близких значениях содержания белка17,2–25,8% (таблица 2).

Таблица 2.

Сравнительный химический состав мяса рыб и печени веслоноса

Table 2.

Comparative chemical composition of fish meat and oarfish liver

Образец Sample	Влага, % Moisture, %	Жир, % Fat, %	Зола, % Ash, %	Белок, % Protein, %	Энергетическая ценность, ккал /100 г Energy value, kcal /100 g
Веслонос Paddleback	63,3 ±3,33	8,4 ±2,48	2,5 ±0,50	25,8 ±1,02	178,80

Однако особое внимание привлекает высокая массовая доля белков в мясе веслоноса (25,8%), общий дефицит и функциональность которых в пищевых системах известны в мировых масштабах.

Соотношение жир: белок для исследованных видов рыб различается. Так, например, для мышечной ткани карпа это соотношение 0,33:1, для толстолобика – 0,37:1, для веслоноса – 0,3:1 (при норме 1:1).

Это говорит о том, что мясо исследованных видов рыб не сбалансировано по содержанию белков и жиров, что, безусловно, скажется на усвояемости организмом человека. Полная усвояемость белков и лучшие товарно-пищевые качества рыбной продукции проявляются при одинаковом содержании белков и жиров.

Такое соотношение жиров и белков в мясе рыб возникает при рационе, богатом энергией и бедном структурой белков. Следовательно, при организации кормления в условиях рыбоводных хозяйств необходимо правильно распределять кормовые смеси в соответствии с продуктивностью рыб.

Энергетическая ценность мяса веслоноса, вследствие значительного содержания жира (8,4%) и белка (25,8%) примерно на 32% больше, чем у карпа и толстолобика.

Полученная информация позволяет варьировать сырьевые ресурсы при разработке продуктов функциональной направленности. Мясо веслоноса, например, выгодно использовать в высококалорийных белковых диетах.

Свойства пищевого сырья и продуктов обуславливают наличие и соотношение различных белков. Белки сосредоточены в мышечной, эпителиальной, соединительной тканях, а также в разновидностях жировой и нервной. В белках мышечной ткани прудовых рыб выделено 3 фракции: водорастворимая, (альбумины), солерастворимая (глобулины) и щелочерастворимая (белки стромы) (рисунок 3).

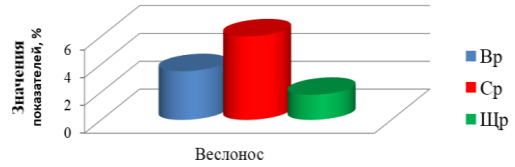


Рисунок 3. Фракционный состав белков мяса рыб и печени веслоноса

Figure2. Fractional composition of fish meat and oarfish liver proteins

Полученные результаты свидетельствуют о том, что общий фракционный состав белков исследуемых рыб представлен на 1,8–4,4% щелочерастворимыми белками, на 3,5–6,2% водорастворимыми, и на 6,0–6,8% солерастворимыми, которые играют в образовании рыбных систем роль стабилизаторов.

Однако мясо веслоноса содержит значительно меньше белков стромы. Это свидетельствует о менее развитой соединительной ткани в мясе веслоноса, которое обладает нежной консистенцией и имеет лучшую усвояемость. Но с другой стороны, так как щелочерастворимая фракция включает в основном белки соединительной ткани, ее можно рассматривать как пищевые волокна животного происхождения, обладающие функциональными свойствами, что позволяет их считать необходимыми компонентами здорового питания.

Заметим, что количественное соотношение между различными группами белковых веществ в мышцах рыб зависит от вида рыбы, ее возраста, характера питания и т. д.

Таким образом, оценка фракционного состава белков мяса веслоноса представляет интерес в связи с возможностью их дальнейшего использования в промышленном производстве, так как образование стабильных систем невозможно без участия таких фракций белка как соле- и водорастворимых.

Общее содержание белка и жира в мясе рыб недостаточно полно характеризует его пищевую ценность, так как наряду с полноценными белками, в состав которых входят все незаменимые аминокислоты, без которых невозможен синтез белков в организме, в мясе имеются неполноценные белки (коллаген, эластин). Поэтому пищевая ценность мяса рыбы определяется не только высоким содержанием белка, но также и составом, и соотношением незаменимых аминокислот.

Проанализировав аминокислотный состав белков мышечной ткани мяса веслоноса, пришли к выводу, что в их химический состав входит биологически полноценный белок, это подтверждается содержанием полного набора незаменимых аминокислот (таблица 3).

Таблица 3.

Аминокислотный состав мяса рыб и печени веслоноса

Table 3.

Amino acid composition of fish meat and oarfish liver

Аминокислота Amino Acid	Содержаниег/100 г.белка Content eg / 100 g of protein
	мясо веслоноса paddlefish meat
Ile	3,84 ±0,02
Thr	4,81 ±0,03
Val	4,92 ±0,03
Met + cys	7,45 ±0,05
Leu	8,31 ±0,05
Phe +Tyr	3,76 ±0,02
Lys	7,12 ±0,04
Сумма незаменимых The sum of essential	40,21 ±0,03

Содержание некоторых незаменимых аминокислот в белках мяса рыб подвержено значительным колебаниям (в г аминокислоты на 100 г белка): изолейцина – 2,19–4,32; метионин +цистин – 3,11–7,45; лейцин – 4,61–8,31; лизин – 5,80–8,56. Мы наблюдаем достоверное отличие в составе белка мяса веслоноса от других видов рыб.

Содержание незаменимых аминокислот в мясе примерно на 35% выше по сравнению с мясом толстолобика и на 11% выше, чем у карпа. Следовательно, белки мяса более полноценным, что необходимо учитывать при проектировании рецептурно-компонентных решений новых рыбопродуктов. Особое внимание следует обратить на содержание метионина. Данная аминокислота является незаменимой, стимулирующей интенсивный темп роста. Содержание именно этой кислоты в 2,5 раза выше у мяса веслоноса в отличие от мяса карпа и толстолобика.

Из заменимых аминокислот главное внимание следует уделять содержанию глутаминовой кислоте, так как она выступает в качестве донора аминогрупп и активно участвует в биосинтезе других аминокислот. Как показали наши исследования, ее содержание в мясе веслоноса выше на 13,05% по отношению к мясу толстолобика и карпа, но ниже на 2,3%, чем в печени веслоноса. Так как, дополнительно эта аминокислота, ответственна за вкусоароматические характеристики

мяса рыбы, отмечаем, что в мясе веслоноса ее содержится большое количество (22,13 г./100 г белка), что объясняет несколько своеобразный вкус, скорее напоминающий мясной.

Соотношения ароматических аминокислот тирозина и фенилаланина в мясе веслоноса меньше единицы, что соответствует полученным ранее данным для осетровых рыб.

Вторым компонентом, преобладающим количественно в составе мяса исследуемых видов рыб, является жир, представленный в основном триглицеридами. Биологическая роль триглицеридов состоит в том, что они являются источниками энергии и, кроме того, содержат не синтезируемые в организме человека высоконепредельные жирные кислоты и жирорастворимые витамины, роль которых в физиологии весьма велика.

Определение уровня биологической ценности липидов можно произвести расчетным путем, сопоставляя потребное количество каждого из незаменимых компонентов в формуле сбалансированного питания с его содержанием в продукте.

При определении биологической ценности жиров большое значение имеет наличие и количественное содержание “триады” так называемых незаменимых жирных кислот: линолевая, линоленовая и арахидоновая. Подобно незаменимым аминокислотам, они синтезируются ограниченно или не синтезируются в животных организмах совсем. Незаменимые ненасыщенные жирные кислоты (линолевая, линоленовая, арахидоновая) называются также витамином F.

Существует две группы полиненасыщенных жирных кислот – ω3 и ω6, которые содержаться в мясе прудовых рыб. Они необходимы для роста и правильного развития человека, а также обладают иммуномодулирующим действием.

Проведенные в последние 30 лет исследования показали, что организму человека требуется определенный баланс этих элементов (1:5). Следовательно, рацион питания обязательно должен включать обе группы кислот.

Жирнокислотныйсостав исследуемых объектов отличается высоким содержаниемнасыщенных иполиненасыщенных жирныхкислот (таблица 4).

Таблица 4.

Жирнокислотный состав липидов исследуемых объектов (содержание жирных кислот в%)

Table 4.

Fatty acid composition of lipids of the studied objects (the content of fatty acids in %)

Наименование жирных кислот Name of fatty acids	Индекс ЖК LCD index	Филе карпа Carp fillet	Филе толстолобика Silver carp fillet	Филе веслоноса Oarfish fillet
Миристиновая | Myristic	14:0	0,75±0,02	2,41±0,01	0,09±0,01
Пальмитиновая | Palmitic	16:0	16,05±0,04	24,60±0,03	16,6±0,03
Стеариновая | Stearic	18:0	7,22±0,02	5,12±0,02	1,37±0,02
Арахиновая | Arachin	20:0	0,13±0,01	0,11±0,01	0,07±0,01
Сумма насыщенных кислот The sum of saturated acids		**24,15**±0,02	**32,24**±0,02	**18,13**±0,02
Пальмитолеиновая | Palmitoleic	16:1 9-*цис*	4,76±0,02	8,19±0,02	5,58±0,03
Олеиновая | Oleic	18:1 9-*цис*	46,74±0,05	26,06±0,03	27,67±0,04
Линолевая | Linoleic	18:2	9,68±0,02	11,55±0,02	20,36±0,04
γ – линоленовая | γ-linolenic	18:3 ω-6	0,28±0,01	0,14±0,01	0,77±0,01
Сумма ненасыщенных кислот The sum of unsaturated acids		**61,46**±0,02	**45,94**±0,02	**54,38**±0,02
Отношение ненасыщенных к насыщенным The ratio of unsaturated to saturated		**2,5**	**1,4**	**2,9**

Результаты исследований жирнокислотного состава показывают, что по содержанию жира рыбы внутренних водоемов не относятся к продуктам высокой биологической ценности, что компенсируется высоким содержанием белка. Однако данная характеристика может быть значительно улучшена путем проектирования рецептур различной кулинарной продукции на их основе. При этом, как положительный факт, следует отметить наличие в филе карпа, толстолобика и веслоноса незаменимых факторов питания γ – линоленовая (ω-6), а также наличие полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК).

Результаты исследования подтверждают биологическую ценность исследованных прудовых рыб и их перспективность, как альтернативного сырьевого источника для производства разнообразного ассортимента рыбных продуктов, в т. ч. диетического, профилактического и функционального питания.

На базе БУВО «Воронежская областная ветеринарная лаборатория» был проведен анализ содержания микроэлементов методом атомно – абсорбционной спектроскопии. Данные о содержании микроэлементов в исследуемых образцах представлены в таблице 5.

Таблица 5.

Сравнительное содержание микроэлементов в мясе рыб, мг/кг свежей ткани

Table 5.

Comparative content of trace elements in fish meat, mg / kg of fresh tissue

Образец Sample	Содержание микроэлементов, мг/кг свежей ткани The content of trace elements, mg/kg of fresh tissue			
	Cu	Zn	Mn	Fe
Карп | Carp	0,7±0,30	5,6±0,40	0,037±0,02	6,2±1,10
Толстолобик | Silver Carp	0,8±0,16	22,0±5,39*	0,042±0,01	5,1±0,97
Веслонос | Paddleback	0,3±0,14*	7,5±1,59	0,176±0,04*	3,1±1,17*
Печень веслоноса | Oarfish liver	1,4±0,95*	6,6±2,34	2,7±0,03*	12,5±1,17*
*-P ≤ 0,05 к показателю для карпа | *-P ≤ 0.05 to the indicator for carp				

Анализ результатов проведенных исследований показал, что марганца в мясе веслоноса больше, чем в мясе карпа и толстолобика: 0,176 ± 0,037 мг/кг против 0,037 ± 0,015 мг/кг и 0,042 ± 0,010 мг/кг соответственно.

Роль марганца в жизнедеятельности организма многообразна, однако основным его свойством является участие в процессах костеобразования.

По-видимому, в организме веслоноса ввиду отсутствия костного скелета и незначительного количества костной ткани, марганец не используется на костеобразование и удерживается мышечной тканью.

Марганец, кроме того, стимулирует процессы роста, участвует в кроветворении, функциях эндокринной системы, обмене витаминов, регуляции углеводного и минерального обмена, обладает липотропным свойством.

Потребность в марганце – 5–10 мг в сутки.

Уровень меди и железа в мясе веслоноса меньше, чем у карпа и толстолобика.

Мясо веслоноса характеризуется меньшей аккумуляцией меди и железа, но высоким уровнем марганца.

Заключение

Сравнительный анализ результатов проведенных исследований показал, что марганца, меди и железа в печени веслоноса больше, чем в мясе. Но печень уступает мясу по содержанию цинка 6,6 ± 2,34 мг/кг против 7,5 ± 1,59 мг/кг. Так, уровень меди в 4,6 раза, марганца в 15,3 раза и железа в 4 раза выше, чем в мясе веслоноса.

Таким образом, для создания сбалансированного продукта необходимо использовать печень веслоноса в составе с продуктом бедным по содержанию фосфором и магнием и содержащим большее количество моно- и полиненасыщенных жирных кислот.

В питании человека наряду с белками, жирами, углеводами и минеральными веществами огромную роль играют биологически активные вещества, к которым относятся витамины.

Водорастворимые витамины B_1, B_2, B_6, PP, C содержатся в мясе и многих органах рыб, жирорастворимые витамины A, D –во внутренних органах и тех частях тела, где находятся жиры, особенно в печени.

Жирорастворимые витамины А (ретинол) и Е (токоферол) содержатся в мышечной ткани карпа и толстолобика и превышают их содержание в мясе наземных животных.

Так, если в мясе крупного рогатого скота содержание витамина А составляет 4,5–18 мкг/100 г. [2], то в мясе карпа и толстолобика его содержится 21 и 61,1 мкг/100 г соответственно.

Не маловажное значение имеет достаточно высокое содержание в опытных образцахвитаминов группы В. Особое внимание обращает на себя количество витамина В12 (цианокобаламин) в печени веслоноса (10,35 ±1,21 мкг/100 г), что примерно в 10 раз больше, чем для мяса карпа (1,49 ±0,04 мкг/100 г) и толстолобика (1,43 ±0,02 мкг/100 г).

Содержание витаминов С в мясе карпа и толстолобика покрывает суточную потребность организма человека и в 2–3 раза превышает этот показатель в морской рыбе.

На основании совокупности результатов можно сделать вывод о целесообразности разведения и переработки веслоноса для производства различных рыбопродуктов благодаря особенности сырьевого состава.

Литература

1 Золотокопова С.В., Лебедева Е.Ю., Золотокопов А.В. Товароведные свойства рыборастительных паштетов // ББК 36 С56. 2020. С. 135.

2 ГОСТ 31795–2012. Рыба, морепродукты и продукция из них. Метод определения массовой доли белка, жира, воды, фосфора, кальция и золы спектроскопией в ближней инфракрасной области.

3 ГОСТ 7047–55. Витамины А, С, Д, В1, В2 и РР. Отбор проб, методы определения витаминов и испытания качества витаминных препаратов.

4 Липатов Н.Н. (мл.) Некоторые аспекты моделирования аминокислотной сбалансированности пищевых продуктов // Пищевая и перерабатывающая промышленность. 1986. № 4. С. 48–52.

5 Липатов Н.Н. (мл.), Лисицин А.Б., Юдина С.Б. Совершенствование методики проектирования биологической ценности пищевых продуктов //Хранение и переработка сельхозсырья. 1996. № 2. С. 24–25.

6 ГОСТ 31664–2012. Масла растительные и жиры животные. Метод определения состава жирных кислот в положении 2 в молекулах триглицеридов.

7 Хрусталев Е.И., Курапова Т.М., Бубунец Э.В., Жигин А.В. Товарное осетроводство: учебник. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 300 с. URL: https://e.lanbook.com/book/168943

8 Рязанова О.А., Дацун В.М., Позняковский В.М. Атлас аннотированный. Рыбы пресноводные и полупроходные: справочник. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 160 с. URL: https://e.lanbook.com/book/167336

9 Дулина А.С., Алтуфьев Ю.В., Удалова О.В. Перспективы искусственного воспроизводства веслоноса (Polyodon Spathula) в условиях поликультуры рыбоводных хозяйств Астраханской области // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2012. № 3. С. 106–110. URL: https://e.lanbook.com/journal/issue/296200

10 Васильева А.М. и др. Аналитический обзор интеграции американского веслоноса в аквакультуру России // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК–продукты здорового питания. 2020. №. 2.

11 Алиева Е.М. и др. Биотехнология выращивания веслоноса. Веслонос как объект прудового рыбоводства // Горное сельское хозяйство. 2016. №. 3. С. 178-181.

12 Quddus A. et al. Gender role in pond fish culture in terms of decision making and nutrition security // Bangladesh Journal of Agricultural Economics. 2018. V. 38. №. 454-2018-4211.

13 Lisovec E.S. et al. Helminthoses of pond fish of the Krasnodar Territory // 16th Scientific Conference on the" Theory and practice of the struggle against parasitic diseases", 19-20 May 2015, Moscow, Russia. All-Russian KI Skryabin Scientific Research Institute of Parasitology of Animals and Plants, 2015. P. 215-218.

14 Botlíková M. Potential Pond Farming in the Context of Tourism // Journal of Tourism & Services. 2021. V. 12. №. 22.

15 Nechiporuk T.V. et al. Development prospects of pond pisciculture in modern economic conditions // Vestnik OrelGAU. 2016. №. 1. P. 70-75.

16 Botlíková M. Potential Pond Farming in the Context of Tourism: Reference: Milena Botlíková. Potential Pond Farming in the Context of Tourism // Journal of Tourism and Services. 2021. V. 12. №. 22. P. 42-65.

17 Шашкова И.Г., Романова Л.В. Развитие товарной аквакультуры // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. ПА Костычева. 2017. №. 2. Р. 115-121.

18 Павлов К.В., Андреева И.Г., Метелева М.Г. Современное состояние и перспективы развития аквакультуры: федеральный и региональный аспекты // Россия: тенденции и перспективы развития. 2019. №. 14-1.

19 Сытова М.В. Безопасность и информационное обеспечение прослеживаемости продукции аквакультуры. 2017.

20 Богачев А.И. Роль рыболовства и аквакультуры в обеспечении продовольственной безопасности: мировой аспект // Вестник сельского развития и социальной политики. 2017. №. 4 (16).

21 Лагуткина Л.Ю., Пономарёв С.В. Органическая аквакультура как перспективное направление развития рыбохозяйственной отрасли (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2018. V. 53. №. 2.

References

1 Zolotokopova S.V., Lebedeva E.Yu., Zolotokopov A.V. Commodity properties of fish pates. BBK 36 C56. 2020. pp. 135. (in Russian).

2 GOST 31795–2012. Fish, seafood and products from them. Method for determination of mass fraction of protein, fat, water, phosphorus, calcium and ash by spectroscopy in the near infrared region. (in Russian).

3 GOST 7047–55. Vitamins A, C, D, B1, B2 and PP. Sampling, methods for determining vitamins and testing the quality of vitamin preparations. (in Russian).

4 Lipatov N.N. (Jr.) Some aspects of modeling the amino acid balance of food products. Food and processing industry. 1986. no. 4. pp. 48–52. (in Russian).

5 Lipatov N.N. (Jr.), Lisitsin A.B., Yudina S.B. Improving the methodology for designing the biological value of food products. Storage and processing of agricultural raw materials. 1996. no. 2. pp. 24–25. (in Russian).

6 GOST 31664–2012. Vegetable oils and animal fats. Method for determining the composition of fatty acids at position 2 in triglyceride molecules. (in Russian).

7 Khrustalev E.I., Kurapova T.M., Bubunets E.V., Zhigin A.V. Commercial sturgeon breeding: textbook. St. Petersburg, Lan, 2021. 300 p. Available at: https://e.lanbook.com/book/168943 (in Russian).

8 Ryazanova O.A., Datsun V.M., Poznyakovsky V.M. Annotated atlas. Fish, freshwater and semi-anadromous: a reference book. St. Petersburg, Lan, 2021.160 p. Available at: https://e.lanbook.com/book/167336 (in Russian).

9 Dulina A.S., Altufiev Yu.V., Udalova O.V. Prospects for artificial reproduction of paddlefish (Polyodon Spathula) in the conditions of polyculture of fish farms in the Astrakhan region. Bulletin of Kazan State Agrarian University. 2012. no. 3. pp. 106–110. Available at: https://e.lanbook.com/journal/issue/296200 (in Russian).

10 Vasilyeva A.M. et al. Analytical review of the integration of the American paddlefish into the aquaculture of Russia. Technologies of food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products. 2020. no. 2. (in Russian).

11 Alieva E.M. and other Biotechnology of paddlefish growing. Paddlefish as an object of pond fish farming. Mining agriculture. 2016. no. 3. pp. 178-181. (in Russian).

12 Quddus A. et al. Gender role in pond fish culture in terms of decision making and nutrition security. Bangladesh Journal of Agricultural Economics. 2018. vol. 38. no. 454-2018-4211.

13 Lisovec E.S. et al. Helminthoses of pond fish of the Krasnodar Territory. 16th Scientific Conference on the "Theory and practice of the struggle against parasitic diseases", 19-20 May 2015, Moscow, Russia. All-Russian KI Skryabin Scientific Research Institute of Parasitology of Animals and Plants, 2015. pp. 215-218.

14 Botlíková M. Potential Pond Farming in the Context of Tourism. Journal of Tourism & Services. 2021. vol. 12. no. 22.

15 Nechiporuk T.V. et al. Development prospects of pond pisciculture in modern economic conditions. Vestnik OrelGAU. 2016. no. 1. pp. 70-75.

16 Botlíková M. Potential Pond Farming in the Context of Tourism: Reference: Milena Botlíková. Potential Pond Farming in the Context of Tourism. Journal of Tourism and Services. 2021. vol. 12. no. 22. pp. 42-65.

17 Shashkova I.G., Romanova L.V. Development of commercial aquaculture. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University. PA Kostychev. 2017. no. 2. pp. 115-121. (in Russian).

18 Pavlov K.V., Andreeva I.G., Meteleva M.G. Current state and prospects of aquaculture development: federal and regional aspects. Russia: trends and development prospects. 2019. no. 14-1. (in Russian).

19 Sytova M.V. Safety and information support for the traceability of aquaculture products. 2017. (in Russian).

20 Bogachev A.I. The role of fisheries and aquaculture in ensuring food security: the global aspect. Bulletin of rural development and social policy. 2017. no. 4 (16). (in Russian).

21 Lagutkina L.Yu., Ponomarev S.V. Organic aquaculture as a promising direction for the development of the fishery industry (review). Agricultural biology. 2018. vol. 53. no. 2. (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@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-1416-0297

Алина Ю. Сеткова экстерн, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, alinasetkova@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-9070-3935

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@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-7866-1813

Information about authors

Lyudmila V. Antipova Dr. Sci., Professor, Department of Technology of Animal Products, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, antipova.L54@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-1416-0297

Alina Yu. Setkova extern, Department of Technology of Animal Products, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, alinasetkova@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-9070-3935

Olga P. Dvoryaninova doctor of Technical Sciences, Professor, Quality management and technology of aquatic bioresources department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, olga-dvor@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-7866-1813

Вклад авторов

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

Contribution

All authors are equally involved 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 26/03/2021	**После редакции** 21/04/2021	**Принята в печать** 06/05/2021

Received 26/03/2021	**Accepted in revised** 21/04/2021	**Accepted** 06/05/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-164-168 Оригинальная статья/Research article
УДК 637.52:004.04 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Влияние способов тепловой обработки на цветовые характеристики мяса

Зоригма М. Намсараева [1] zorigma@mail.ru 0000-0001-8373-0428
Инга В. Хамаганова [1] xiv2609xiv2609@mail.ru 0000-0002-9953-7654
Татьяна Ц. Дамдинова [1] dtatyanac@mail.ru 0000-0002-3597-3262

1 Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, ул. Ключевская, 40в, г. Улан-Удэ, 670013, Россия

Аннотация. Производство продуктов питания с достаточным количеством функциональных ингредиентов является актуальной задачей для современной пищевой промышленности, так как здоровье каждого человека и нации в значительной мере определяется рационом питания. Важная роль в формировании ассортимента пищевых продуктов функционального назначения отводится разработке новых рецептур и технологий мясных изделий. В данной работе в качестве мясного сырья использована конина. При разработке продукта из конины применялись разные методы тепловой обработки основного сырья: традиционный способ – жарка и тушение, приготовление в пароконвектомате, технология су-вид. Проведен сравнительный анализ тепловой обработки мяса. Проведены исследования методами цифровой обработки изображений для сравнения изменения цвета образцов мяса в процессе приготовления указанными выше способами. Реализована возможность выделения фрагмента изображения для более подробного исследования с выводом статистической информации о количестве пикселей по вторичным или третичным цветам. Определены геометрические характеристики объектов – площадь, периметр, высота, ширина, а также цветовые характеристики по выбранным цветовым компонентам. С помощью метода цифровой обработки изображений установлены процессы, происходящие при тепловой обработке, что позволяет регулировать и корректировать технологию приготовления мясных продуктов, анализировать геометрические и цветовые характеристики готовых изделий. Разработаны программа и методика для определения цветовых характеристик исследуемых образцов мяса.

Ключевые слова: тепловая обработка, мясо, жарка, пароконвектомат, су-вид, цветовые характеристики

Influence of heat treatment methods on the color characteristics of meat

Zorigma M. Namsaraeva [1] zorigma@mail.ru 0000-0001-8373-0428
Inga V. Khamaganova [1] xiv2609@mail.ru 0000-0002-9953-7654
Tatyana Ts. Damdinova [1] dtatyanac@mail.ru 0000-0002-3597-3262

1 East Siberia State University of Technology and Management, Kluchevskaya Str., 40b, Ulan-Ude, 670013, Russia

Abstract. The production of food products with a sufficient amount of functional ingredients is an urgent task for the modern food industry, since the health of every person and nation is largely determined by the diet. An important role in the formation of the range of functional food products is assigned to the development of new recipes and technologies for meat products. In this work, horse meat was used as raw meat. When developing a horse meat product, different methods of heat treatment of the main raw materials were used: the traditional method - frying and stewing, cooking in a combi oven, sous-vide technology. A comparative analysis of heat treatment of meat has been carried out. Investigations were carried out using digital image processing methods to compare the color change of meat samples during cooking by the above methods. The ability to select a fragment of an image for a more detailed study with the output of statistical information about the number of pixels by secondary or tertiary colors has been implemented. The geometric characteristics of objects are determined - area, perimeter, height, width, as well as color characteristics for the selected color components. Using the method of digital image processing, the processes occurring during heat treatment have been established, which makes it possible to regulate and correct the technology of cooking meat products, analyze the geometric and color characteristics of finished products. A program and method for determining the color characteristics of the meat samples under study have been developed.

Keywords: heat theatment of meat, frying, combi steamer, sous-vide, color characteristics

Введение

В настоящее время приоритетной задачей индустрии питания является обеспечение населения продуктами сбалансированного здорового питания, так как здоровье человека во-многом зависит от обеспеченности его организма энергией и необходимыми количествами поступающих пищевых веществ.

Кроме того, является актуальным создание продуктов питания функциональной направленности. При формировании ассортимента таких пищевых продуктов важная роль отводится разработке новых рецептур и технологий мясных изделий [1–3]. При этом большое внимание нужно уделять сохранности их высокой биологической и пищевой ценности в процессе переработки, повышению усвояемости организмом пищевых веществ [4–6].

Для цитирования
Намсараева З.М., Хамаганова И.В., Дамдинова Т.Ц. Влияние способов тепловой обработки на цветовые характеристики мяса // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 164–168. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-164-168

For citation
Namsaraeva Z.M., Khamaganova I.V., Damdinova T.Ts. Influence of heat treatment methods on the color characteristics of meat. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 164–168. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-164-168

© 2021, Намсараева З.М. и др. / Namsaraeva Z.M. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Цвет продуктов питания является одним из основных характеристик привлекательности для потребителей. По данной теме в последние годы имеется ряд публикаций, посвященных созданию методов определения качества пищевых продуктов для количественной оценки изменений при различных внешних воздействиях [7, 8]. Другие исследования направлены на выявление определенных характеристик мясной продукции одного вида или для сравнения цветовых показателей мяса различных пород [9, 10–20]. Практический интерес представляет определение геометрических и цветовых характеристик мяса в процессе его тепловой обработки разными способами разработанным методом цифровой обработки изображений.

Цель работы – исследование цветовых характеристик мяса при различных способах его тепловой обработки.

Материалы и методы

Для цифровой обработки изображений мяса была разработана программа для определения геометрических и цветовых характеристик исследуемых образцов при различных способах тепловой обработки (Свидетельство № 2021613864).

Были выбраны следующие способы тепловой обработки: традиционный – жарка и тушение (способ 1), приготовление в пароконвектомате (способ 2), технология су-вид (способ 3). Для сравнительной оценки данных способов тепловой обработки в качестве объекта исследований служила односортная конина, нарезанная на кусочки массой 20–25 г. Тепловая обработка образцов велась до достижения температуры 85 °С в центре утолщенной части мяса.

Фотосъемка опытных образцов проводилась в сыром, полуготовом и готовом виде при помощи камеры OPPO A9.

Результаты и обсуждение

При традиционном способе тепловой обработки мясо обжаривали в течение 10 минут при температуре 150 °С при добавлении небольшого количества масла, затем тушили в течение 20 минут в соотношении с водой 1:0,3.

При приготовлении в пароконвектомате выбрана комбинированная тепловая обработка мяса, состоящая из трех этапов: в начале полуфабрикат в течение 3 минут обрабатывали паром (влажность 98%, температура 100 °С), затем обжаривали в течение 15 минут при температуре 160 °С, влажности 40%, за 5 минут до готовности температуру увеличили до 200 °С (влажность 0%) и обжаривали до образования золотистой корочки.

При приготовлении мяса по технологии су-вид полуфабрикат поместили в специальный пакет, из которого откачали воздух и запечатали. Тепловая обработка в водяной печи продолжалась в течение 120 минут при температуре 66 °С.

На рисунке 1 представлены исходные изображения образцов мяса в процессе его тепловой обработки всеми тремя способами: сырое мясо; мясо в состоянии полуготовности; мясо, доведенное до кулинарной готовности.

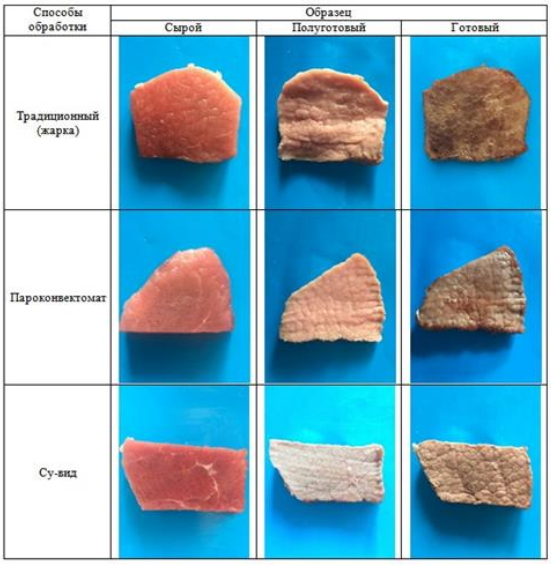


Рисунок 1. Изображение образцов мяса в процессе тепловой обработки

Figure 1. Image of meat samples during heat treatment

Как видно из рисунка, при тепловой обработке традиционным способом изделия приобрели поджаристую корочку. При приготовлении в пароконвектомате изделия получились более сочными и имели приятную золотистую корочку. Внешний вид изделия, приготовленного методом су-вид, оценили несколько ниже из-за отсутствия поджаристой корочки.

Программа обработки цветных изображений вычисляет количество пикселей выбранного цвета на изображении (рисунок 2).

Реализована возможность выделения фрагмента изображения для более подробного исследования с выводом статистической информации о количестве пикселей по вторичным или третичным цветам (рисунок 3).

Авторами разработана программа, в которой определяются геометрические характеристики объектов – площадь, периметр, высота, ширина, а также цветовые характеристики по выбранным цветовым компонентам – красному, зеленому, синему или полутоновому (рисунок 4).

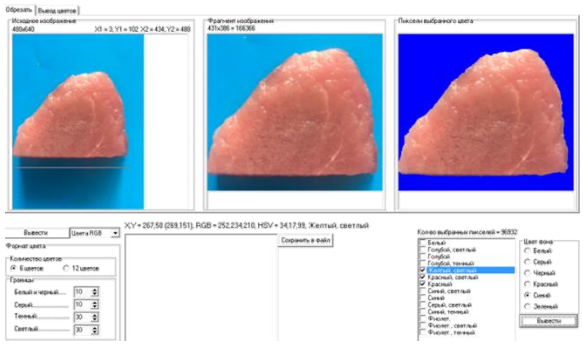


Рисунок 2. Изображение с количеством пикселей

Figure 2. Image with number of pixels

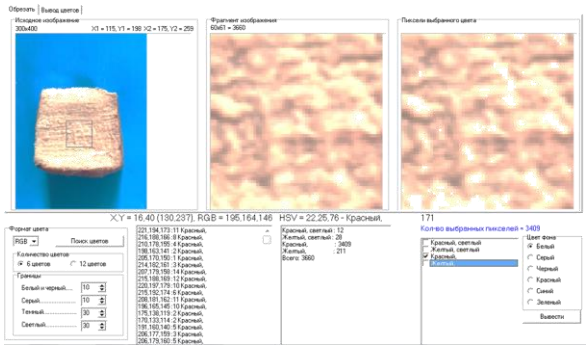


Рисунок 3. Статистическая информация о количестве пикселей

Figure 3. Statistical information about the number of pixels

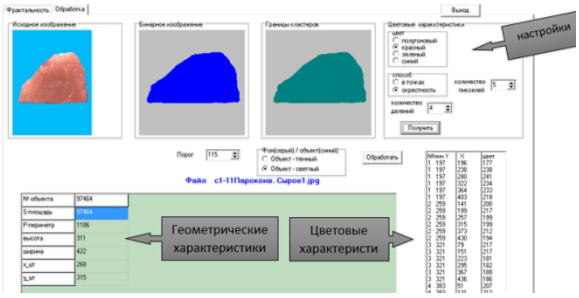
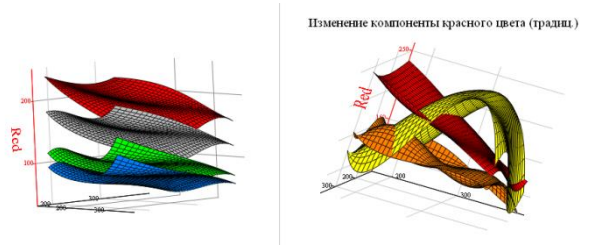


Рисунок 4. Геометрические характеристики объектов

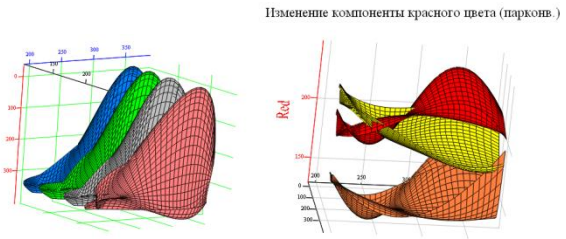
Figure 4. Geometric characteristics of objects

Для определения цветовых характеристик изображение делится по горизонтали и вертикали на количество частей, указанных в настройках программы. Яркости цвета можно вычислять в точках или как среднее окрестности точек. Данные сохраняются в таблице, на основе которой затем вычисляются и сравниваются изменение цвета мяса в процессе готовки.

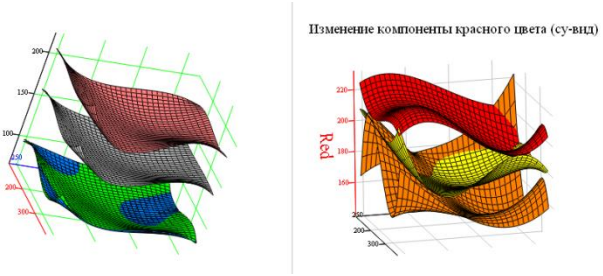
На графиках поверхностей (рисунок 5) видно, что разница по цветам (красный, зеленый, синий и полутоновый) отличается только яркостью. Формы поверхностей идентичны друг другу. Слева представлены графики RGB-цветов в начале термообработки, справа – в процессе термообработки: – сырое; – полуготовое; – готовое



(a)



(b)



(c)

Рисунок 5. Изменение цвета при способе: (a) – 1; (b) – 2; (c) – 3

Figure 5. Color change by method: (a) – 1; (b) – 2; (c) – 3

Как видно из представленных выше графиков, в процессе приготовления наиболее резкие изменения красного цвета происходят при традиционном способе. Здесь поведение цветовой компоненты красного цвета полуготового изделия (способ 1, поверхность желтого цвета) имеет пересечения с двумя другими графиками.

При тепловой обработке в пароконвектомате происходит более плавный цветовой переход. При наиболее медленном процессе приготовления по технологии су-вид изделие имеет плавное изменение цвета и график поверхности полуготового мяса (способ 3, поверхность желтого цвета) расположен преимущественно между

графиками сырого (красный) и готового (оранжевый) изделия.

Заключение

Наиболее щадящими способами тепловой обработки мяса являются приготовление в пароконвектомате и метод су-вид, что важно при создании продуктов здорового питания. Методы цифровой обработки изображений для исследования цветовых характеристик образцов мяса позволяют увидеть процессы, происходящие при тепловой обработке, регулировать и корректировать технологию приготовления мясных продуктов, анализировать геометрические и цветовые характеристики готовых изделий.

Литература

1 Domínguez R., Munekata P., Mirian P., Olalla L.-F. et al. Immobilization of oils using hydrogels as strategy to replace animal fats and improve the healthiness of meat products // Food Science. 2021. V. 37. P. 135–144. doi: 10.1016/j.cofs.2020.10.005

2 Iwatani S., Yamamoto N. Functional food products in Japan: A review // Food Science and Human Wellness. 2019. V. 8, № 2. P. 96–101. doi: 10.1016/j.fshw.2019.03.011

3 Намсараева З.М., Хамаганова И.В., Дамдинова Т.Ц. Технология приготовления функционального продукта из конины в соусе // Техника и технология пищевых производств. 2021. № 1. С. 77–85. doi: 10.21603/2074–9414–2021–1–77–85

4 Ткаль В.А., Жуковская И.А., Шараева А.В., Водолазова Н.Н. Цифровые методы экспресс-диагностики качества веществ различной физико-химической природы // Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2016. Т. 8. № 1. С. 55–72.

5 Chang W-C., Hu Y-T., Ting Y. Development of a topical applied functional food formulation: Adlay bran oil nanoemulgel // LWT. 2019. V. 117. P. 117. doi: 10.1016/j.lwt.2019.108619

6 Погожева А.В., Смирнова Е.А. К здоровью нации через многоуровневые образовательные программы для населения в области оптимального питания // Вопросы питания. 2020. Т. 4. № 4. С. 262–272. doi: 10.24411/0042–8833–2020–10060

7 Asomaning J., Zhao Y.Y., Curtis J.M. The development of a choline rich cereal based functional food: Effect of processing and storage // LWT. 2016. V.75. P. 447–452. doi: 10.1016/j.lwt.2016.09.022

8 Никифорова А.П, Дамдинова Т.Ц. Оценка качества пищевых продуктов методом цифровой обработки изображений // Контроль качества продукции. 2019. № 3. С. 32–39.

9 Дамдинова Т.Ц., Никифорова А.П., Прудова Л.Ю., Бубеев И.Т. Использование методов цифровой обработки изображений для определения влагосвязывающей способности мясных и рыбных продуктов // Программные системы и вычислительные методы. 2019. № 3. С. 20–29. doi: 10.7256/2454–0714.2019.3.30646.

10 Томашевич И.Б. Система компьютерного зрения для измерения цветовых параметров мяса и мясных продуктов: Обзор // Теория и практика переработки мяса. 2018. № 4. С. 4–15.

11 Ruiz-Carrascal J., Roldan M., Refolio F., Perez-Palacios T. et al. Sous-vide cooking of meat: A Maillarized approach // International Journal of Gastronomy and Food Science. 2019. V. 16. P. 100138. doi: 10.1016/j.ijgfs.2019.100138

12 Ayub H., Ahmad A. Physiochemical changes in sous-vide and conventionally cooked meat // International journal of gastronomy and food science. 2019. V. 17. P. 100145. doi: 10.1016/j.ijgfs.2019.100145

13 Park C.H., Lee B., Oh E., Kim Y.S. et al. Combined effects of sous-vide cooking conditions on meat and sensory quality characteristics of chicken breast meat // Poultry Science. 2020. V. 99. №. 6. P. 3286-3291. doi: 10.1016/j.psj.2020.03.004

14 Baldwin D.E. Sous vide cooking: A review // International Journal of Gastronomy and Food Science. 2012. V. 1. №. 1. P. 15-30. doi: 10.1016/j.ijgfs.2011.11.002

15 Gómez I., Ibañez F. C., Beriain M. J. Physicochemical and sensory properties of sous vide meat and meat analog products marinated and cooked at different temperature-time combinations // International Journal of Food Properties. 2019. V. 22. №. 1. P. 1693-1708. doi: 10.1080/10942912.2019.1666869

16 Ortuño J. et al. Effects of sous vide vs grilling methods on lamb meat colour and lipid stability during cooking and heated display // Meat Science. 2021. V. 171. P. 108287. doi: 10.1016/j.meatsci.2020.108287

17 Zhu X. et al. Actinidin pretreatment and sous vide cooking of beef brisket: Effects on meat microstructure, texture and in vitro protein digestibility // Meat science. 2018. V. 145. P. 256-265. doi: 10.1016/j.meatsci.2018.06.029

18 Hong G.E., Kim J.H., Ahn S.J., Lee C.H. Changes in meat quality characteristics of the sous-vide cooked chicken breast during refrigerated storage // Korean journal for food science of animal resources. 2015. V. 35. №. 6. P. 757. doi: 10.5851/kosfa.2015.35.6.757

19 Can Ö. P., Harun F. Shelf life of chicken meat balls submitted to sous vide treatment // Brazilian Journal of Poultry Science. 2015. V. 17. P. 137-144. doi: 10.1590/1516-635x1702137-144

20 Botinestean C., Hossain M., Mullen A.M., Kerry J.P. et al. The influence of the interaction of sous-vide cooking time and papain concentration on tenderness and technological characteristics of meat products // Meat Science. 2021. V. 177. P. 108491. doi:10.1016/j.meatsci.2021.108491

References

1 Domínguez R., Munekata P., Mirian P., Olalla L.-F. et al. Immobilization of oils using hydrogels as strategy to replace animal fats and improve the healthiness of meat products. Food Science. 2021. vol. 37. pp. 135–144. doi: 10.1016/j.cofs.2020.10.005

2 Iwatani S., Yamamoto N. Functional food products in Japan: A review. Food Science and Human Wellness. 2019. vol. 8. no. 2. pp. 96–101. doi: 10.1016/j.fshw.2019.03.011

3 Namsaraeva Z.M., Hamaganova I.V., Damdinova T.Ts. Technology of preparation of a functional product from horse-meat in sauce. Technics and technology of food production. 2021. no. 1. pp. 77–85. doi: 10.21603/2074–9414–2021–1–77–85 (in Russian).

4 Tkal V.A., Zhukovskaya I.A., Sharaeva A.V., Vodolazova N.N. Digital methods of express diagnostics of the quality of substances of various physical and chemical nature. Radioelectronics. Nanosystems. Information Technology. 2016. vol. 8. no. 1. pp. 55–72. (in Russian).

5 Chang W-C., Hu Y-T., Ting Y. Development of a topical applied functional food formulation: Adlay bran oil nanoemulgel. LWT. 2019. vol. 117. pp. 117. doi: 10.1016/j.lwt.2019.108619

6 Pogozheva A.V., Smirnova E.A. Towards the health of the nation through multilevel educational programs for the population in the field of optimal nutrition. Nutrition issues. 2020. vol. 4. no. 4. pp. 262–272. doi: 10.24411/0042–8833–2020–10060 (in Russian).

7 Asomaning J., Zhao Y.Y., Curtis J.M. The development of a choline rich cereal based functional food: Effect of processing and storage. LWT. 2016. vol. 75. pp. 447–452. doi: 10.1016/j.lwt.2016.09.022

8 Nikiforova A.P., Damdinova T.Ts. Evaluation of food quality by digital image processing. Product quality control. 2019. no. 3. pp. 32–39. (in Russian).

9 Damdinova T.Ts., Nikiforova A.P., Prudova L.Yu., Bubeev I.T. The use of digital image processing methods to determine the moisture binding capacity of meat and fish products. Software systems and computational methods. 2019. no. 3. pp. 20–29. doi: 10.7256/2454–0714.2019.3.30646. (in Russian).

10 Tomashevich I.B. Computer vision system for measuring the color parameters of meat and meat products: Review. Theory and practice of meat processing. 2018. no. 4. pp. 4–15. (in Russian).

11 Ruiz-Carrascal J., Roldan M., Refolio F., Perez-Palacios T. et al. Sous-vide cooking of meat: A Maillarized approach. International Journal of Gastronomy and Food Science. 2019. vol. 16. pp. 100138. doi: 10.1016/j.ijgfs.2019.100138

12 Ayub H., Ahmad A. Physiochemical changes in sous-vide and conventionally cooked meat. International journal of gastronomy and food science. 2019. vol. 17. pp. 100145. doi: 10.1016/j.ijgfs.2019.100145

13 Park C.H., Lee B., Oh E., Kim Y.S. et al. Combined effects of sous-vide cooking conditions on meat and sensory quality characteristics of chicken breast meat. Poultry Science. 2020. vol. 99. no. 6. pp. 3286-3291. doi: 10.1016/j.psj.2020.03.004

14 Baldwin D.E. Sous vide cooking: A review. International Journal of Gastronomy and Food Science. 2012. vol. 1. no. 1. pp. 15-30. doi: 10.1016/j.ijgfs.2011.11.002

15 Gómez I., Ibañez F. C., Beriain M. J. Physicochemical and sensory properties of sous vide meat and meat analog products marinated and cooked at different temperature-time combinations. International Journal of Food Properties. 2019. vol. 22. no. 1. pp. 1693-1708. doi: 10.1080/10942912.2019.1666869

16 Ortuño J. et al. Effects of sous vide vs grilling methods on lamb meat colour and lipid stability during cooking and heated display. Meat Science. 2021. vol. 171. pp. 108287. doi: 10.1016/j.meatsci.2020.108287

17 Zhu X. et al. Actinidin pretreatment and sous vide cooking of beef brisket: Effects on meat microstructure, texture and in vitro protein digestibility. Meat science. 2018. vol. 145. pp. 256-265. doi: 10.1016/j.meatsci.2018.06.029

18 Hong G.E., Kim J.H., Ahn S.J., Lee C.H. Changes in meat quality characteristics of the sous-vide cooked chicken breast during refrigerated storage. Korean journal for food science of animal resources. 2015. vol. 35. no. 6. pp. 757. doi: 10.5851/kosfa.2015.35.6.757

19 Can Ö. P., Harun F. Shelf life of chicken meat balls submitted to sous vide treatment. Brazilian Journal of Poultry Science. 2015. vol. 17. pp. 137-144. doi: 10.1590/1516-635x1702137-144

20 Botinestean C., Hossain M., Mullen A.M., Kerry J.P. et al. The influence of the interaction of sous-vide cooking time and papain concentration on tenderness and technological characteristics of meat products. Meat Science. 2021. vol. 177. pp. 108491. doi:10.1016/j.meatsci.2021.108491

Сведения об авторах

Зоригма М. Намсараева к.т.н., доцент, кафедра технологии продуктов общественного питания, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, ул. Ключевская, 40в, г. Улан-Удэ, 670013, Россия, zorigma@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-8373-0428

Инга В. Хамаганова д.т.н., доцент, кафедра технологии продуктов общественного питания, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, ул. Ключевская, 40в, г. Улан-Удэ, 670013, Россия, xiv2609@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-9953-7654

Татьяна Ц. Дамдинова к.т.н., доцент, кафедра инженерной и компьютерной графики, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, ул. Ключевская, 40в, г. Улан-Удэ, 670013, Россия, dtatyanac@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-3597-3262

Information about authors

Zorigma M. Namsaraeva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, catering food technology department, East Siberia State University of Technology and Management, 40b, Kluchevskaya Str., Ulan-Ude, 670013, Russia, zorigma@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-8373-0428

Inga V. Khamaganova Dr. Sci. (Engin.), professor, catering food technology department, East Siberia State University of Technology and Management, 40b, Kluchevskaya Str., Ulan-Ude, 670013, Russia, xiv2609@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-9953-7654

Tatyana Ts. Damdinova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, engineering and computer graphics department, East Siberia State University of Technology and Management, 40b, Kluchevskaya Str., Ulan-Ude, 670013, Russia, dtatyanac@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-3597-3262

Вклад авторов

Зоригма М. Намсараева обзор литературных данных по исследуемой проблеме, проведение эксперимента
Инга В. Хамаганова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, консультация в ходе исследования
Татьяна Ц. Дамдинова цифровая обработка изображений

Contribution

Zorigma M. Namsaraeva review of literature data on the problem under study, conducting an experiment
Inga V. Khamaganova review of literary sources on the problem under study, consultation during the study
Tatyana Ts. Damdinova digital imaging

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 26/04/2021	**После редакции** 17/05/2021	**Принята в печать** 02/06/2021

Received 26/04/2021	**Accepted in revised** 17/05/2021	**Accepted** 02/06/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-169-174 Оригинальная статья/Research article
УДК 664.14 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Исследование функционально-технологических свойств концентрата сывороточных белков в технологиях сбивных конфетных масс

Татьяна В. Калиновская [1] kalinovskaya_88@mail.ru 0000-000C-8052-2014
Елена Ю. Богодист-Тимофеева [1] bogodist_tim@mail.ru

1 Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, пр-т Вернадского, 4, г. Симферополь, 295007, Россия

Аннотация. В кондитерской промышленности в качестве пенообразователей чаще всего используются яичные белки. Другие пенообразователи, такие как белки сои, кровяной альбумин, экстракт сахарной свеклы, экстракт мыльного корня, корень солодки не нашли широкого применения, так как не соответствуют требованиям по органолептическим показателям. В последнее время значительное внимание производителей уделяется использованию молочных белков. При производстве молочных продуктов образуются значительные объемы сыворотки, которая, несмотря на высокую пищевую ценность, еще недостаточно используется в пищевой промышленности. Статья посвящена исследованиям функционально-технологических свойств сывороточных белков, комбинированных смесей концентрата сывороточного белка и яичного белка. Представлены теоретические сведения о функционально-технологических свойствах белков. Рассмотрены технологические факторы, влияющие на пенообразование и стойкость пен. При выполнении исследований использовали общепринятые и специальные методы исследований. Пенообразующую способность и устойчивость белковой пены определяли по методу Рауха, Поверхностное натяжение измеряли сталагмометрическим методом. Определение структуры и дисперсности белковых пен проводили с помощью электронного микроскопа. Исследованы функционально-технологические свойства концентрата сывороточных белков. Установлено, что при использовании сывороточных белков сбивные массы имели стабильную устойчивость, которая обеспечивалась повышенной способностью белков к гидратации, поверхностной активностью, типом межмолекулярных взаимодействий, а также повышенной температурой денатурации и способностью образовывать гели. Таким образом, совокупность проведенных исследований показывает целесообразность дальнейшего изучения и использования сывороточных белков при создании нового ассортимента сбивных конфетных масс.

Ключевые слова: белок яичный, белок сывороточный, стабилизация, конфетные массы, кондитерская промышленность

Research of functional and technological properties of whey protein concentrate in technologies of whipped candy masses

Tatiana V. Kalinovskaya [1] kalinovskaya_88@mail.ru 0000-000C-8052-2014
Elena Yu. Bogodist-Timofeeva [1] bogodist_tim@mail.ru

1 V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Prospekt Vernadskogo 4, Simferopol, Russia, 295007

Abstract. In the confectionery industry, egg whites are most often used as foaming agents. Other foaming agents, such as soy proteins, blood albumin, sugar beet extract, soap root extract, licorice root, have not found widespread use, since they do not meet the requirements for organoleptic characteristics. Recently, much attention has been paid by manufacturers to the use of milk proteins. The production of dairy products produces significant amounts of whey, which, despite its high nutritional value, is still underutilized in the food industry. The article is devoted to the study of the functional and technological properties of whey proteins, combined mixtures of whey protein concentrate and egg white. Theoretical information on the functional and technological properties of proteins is presented. The technological factors affecting foaming and foam stability are considered. When performing the research, the generally accepted and special research methods were used. The foaming capacity and stability of the protein foam were determined by the Rauch method. Surface tension was measured by the stalagmometric method. Determination of the structure and dispersion of protein foams was carried out using an electron microscope. The functional and technological properties of whey protein concentrate have been investigated. It was found that when whey proteins were used, the whipped masses had stable stability, which was provided by the increased ability of proteins to hydration, surface activity, the type of intermolecular interactions, as well as an increased denaturation temperature and the ability to form gels. Thus, the totality of the studies carried out shows the feasibility of further study and use of whey proteins when creating a new assortment of whipped candy masses.

Keywords: egg protein, whey protein, stabilization, candy masses, confectionery industry

Введение

Одними из главных компонентов сбивних конфетных масс являются пенообразователи, которые в основном относятся к классу белков. В кондитерской промышленности в качестве пенообразователей чаще всего используются яичные белки. Другие пенообразователи, такие как белки сои, кровяной альбумин, экстракт сахарной свеклы, экстракт мыльного корня, корень солодки не нашли широкого применения, так как не соответствуют требованиям по органолептическим показателям.

Исследования ученых показали, что яичные белки, несмотря на их высокую молекулярную массу и наличие сложных вторичных и третичных структур могут диффундировать из жидкой фазы и адсорбироваться на поверхности раздела фаз (при формировании пены) благодаря совместимости их гидрофобных частей с гидрофобной воздушной фазой. Адсорбция белка снижает поверхностное натяжение жидкости, хотя и в меньшей степени, чем поверхностно-активные вещества низкой молекулярной массы. Однако, снижение поверхностного натяжения способствует формированию пузырьков

Для цитирования
Калиновская Т.В., Богодист-Тимофеева Е.Ю. Исследование функционально-технологических свойств концентрата сывороточных белков в технологиях сбивных конфетных масс // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 169–174. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-169-174

For citation
Kalinovskaya T.V., Bogodist-Timofeeva E.Yu. Research of functional and technological properties of whey protein concentrate in technologies of whipped candy masses. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 169–174. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-169-174

© 2021, Калиновская Т.В. / Kalinovskaya T.

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

воздуха, а возникновение протеиновой пленки на межфазной поверхности ведет к повышению их устойчивости.

В последнее время значительное внимание производителей уделяется использованию молочных белков. При производстве молочных продуктов образуются значительные объемы сыворотки, которая, несмотря на высокую пищевую ценность, еще недостаточно используется в пищевой промышленности.

Материалы и методы

При выполнении исследований использовали общепринятые и специальные методы исследований. Пенообразующую способность и устойчивость белковой пены определяли по методу Рауха, который заключается в сопоставлении объема полученной белковой пены до и после взбивания; устойчивость пены фиксировали по высоте столба пены после завершения взбивания. Поверхностное натяжение измеряли сталагмометрическим методом. Определение структуры и дисперсности белковых пен проводили с помощью электронного микроскопа.

В качестве материалов исследования использовали сухой яичный белок производства ООО «OVOSTAR», концентрат сывороточных белков Lactomin 80 КСБ УФ.

Результаты и обсуждение

Ежегодное мировое производство сывороточных белков составляет около 600 тысяч тонн. Будучи вторичным продуктом в технологии сыроварения, сывороточные белки доступны в больших количествах и, как следствие, достаточно дешевы. Традиционным способом получения концентрата из молочной сыворотки белков является тепловая коагуляция с последующим ферментативным гидролизом и фракционирование гидролизатов.

Благодаря промышленному внедрению мембранных технологий, включая ультра- и диафильтрацию, а также ионообменную адсорбцию, появились концентраты и изоляты сывороточных белков с высокими функциональными свойствами [1].

Белки молочной сыворотки являются полноценными, имеют самую высокую скорость расщепления в пищеварительном тракте, усвояемость составляет 98%.

Кроме того, сывороточные белки по своей природе являются поверхностно-активными веществами и меняют свое поведение на границе раздела фаз, а также состояние пограничных с ним сред. Однако, эти свойства в технологиях пищевых производств используют ограниченно.

Белки молока представлены двумя группами белковых фракций – казеином и сывороточными белками. Казеин составляет 80% всех белков коровьего молока, в результате агломерации казеиновых мицелл аккумулируется в сгусток. Остальные белки переходят в сыворотку, и поэтому их называют сывороточными белками. Белковыми фракциями молочной сыворотки является β-лактоглобулин, α-лактоглобумины, иммуноглобулины, альбумины сыворотки крови, гликомакропептиды, лактоферрин [3].

Основным белковым компонентом молочной сыворотки является β-лактоглобулин, который является источником гипотензивных, антиоксидантных и иммуномодулирующих пептидов. β-лактоглобулин в молоке находится в виде димера, состоящий из двух полипептидных цепей. Молекула β-лактоглобулина состоит из 162 аминокислотных остатков и имеет молярную массу около 18000 [1, 3].

В таблице 1 приведено содержание незаменимых аминокислот белков в 100 граммах сухих веществ [2].

Таблица 1.

Содержание незаменимых аминокислот протеинов

Table 1.

Essential amino acid content of proteins

Аминокислота | Amino acid	Массовая доля аминокислоты в белке, г / 100 г. Mass fraction of amino acids in protein, g / 100 g		
	Эталон ФАО / ВООЗ Reference FAO / WHO	Яичный протеин Egg Protein	Сывороточный протеин Whey Protein
Try	1,0	1,5	2,2
Lys	5,5	7,0	9,1
Thr	4,0	4,3	5,2
Val	5,0	7,2	5,7
Ise	4,0	7,7	6,2
Leu	7,0	9,2	12,3
Phe + Tyr	6,0	6,3	8,2
Met + Cys	3,5	4,0	5,7
Сумма незаменимых Sum of essential amino acids	36,0	47,2	54,6

Белок имеет две дисульфидные связи, соединяющие остатки цистеина, а также одну свободную сульфгидридную группу в остатке цистеина. Свободная сульфгидридная группа, которая располагается внутри свернутого полипептидной цепи, раскрывается в результате тепловой денатурации белка. При нагревании молока до температуры выше 30 °С β-лактоглобулин распадается на мономеры, которые при дальнейшем нагревании агрегируют за счет образования дисульфидных связей:

$$R - SH + HS - R \underset{-H_2O}{\overset{+O}{\rightarrow}} R - \underset{\|}{S} - \underset{\|}{S} - R.$$

Тепловая денатурация β-лактоглобулина приводит к коагуляции агрегированного белка (он коагулирует почти полностью при 85–100 °С).

Полипептидная цепь α-лактоглобумина состоит из 123 аминокислотных остатков и имеет молекулярную массу 14000. Молекула α-лактоглобумина содержит 4 дисульфидные связи, соединяющие остатки цистеина [4].

В молоке α-лактоглобумин тонкодиспергован, размер частиц 15–20 нм. Не коагулирует в изоэлектрической точке при pH 4,2–4,5 в силу своей большой гидратационной способности, не свертывается под действием сычужного фермента, термостойкий. Повышенная устойчивость α-лактоглобумина к нагреванию обусловлена наличием в его молекуле большого количества дисульфидных связей.

Устойчивость α-лактоглобумины к нагреванию достигается оборачиваемостью денатурации белка – после охлаждения наблюдается восстановление его нативной структуры за счет самовольного повторного свертывания цепей – ренатурация.

Для ренатурация α-лактоглобумина необходимые ионы Ca^{2+}, которые стабилизируют его пространственную структуру.

Сывороточные белки образуют при нагревании необратимые гели, а в зависимости от pH могут формировать сетевые структуры двух типов: в виде тонкоскрученних или распределенных частиц.

Совокупность приведенных данных показывает целесообразность дальнейшего изучения и использования сывороточных белков при создании нового ассортимента сбивных конфетных масс с повышенной пищевой ценностью.

Поскольку в литературе не найдено сведений о восстановлении сывороточных белков, нами проведено исследование по установлению пенообразующей способности от времени взбивания и соотношение воды к белку (рисунок 1).

Учеными [5] установлено, что для восстановления сухого яичного белка водой, оптимальным соотношением является 1:7. При таком соотношении белка и воды пенообразующая способность раствора максимальная, при изменении концентрации начинает снижаться или остается на постоянном уровне.

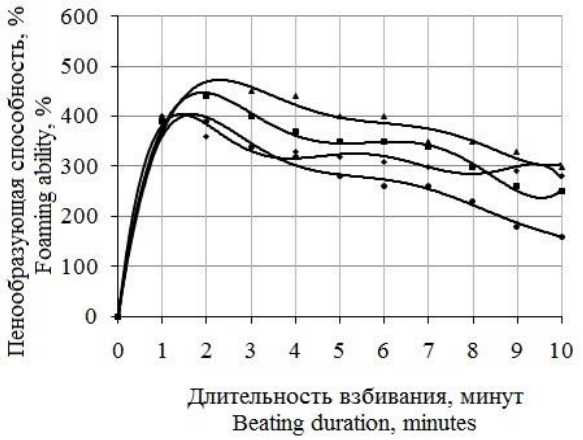


Рисунок 1. Зависимость пенообразующей способности сывороточного белка от продолжительности взбивания и соотношения, %: ● – соотношение белка и воды 1:5; ■ – соотношение белка и воды 1:7; ▲ – соотношение белка и воды 1:10; ♦ – соотношение белка и воды 1:12

Figure 1. Dependence of the foaming ability of whey protein on the duration of whipping and the ratio, %: ● – the ratio of protein and water 1: 5; ■ – the ratio of protein and water 1: 7; ▲ – ratio of protein and water 1:10; ♦ – ratio of protein and water 1:12

Кроме того, при достижении такого соотношения происходит формирование адсорбционного слоя, который имеет максимальную прочность [6, 7].

Для сывороточного белка самая высокая пенообразующая способность наблюдалась в соотношении 1:10 при взбивании 3 минуты (рисунок 1).

Это объясняется большей гидратационной способностью сывороточного белка по сравнению с яичным белком. Максимальное значение пенообразующая способность смеси белков наблюдается в соотношении комбинированной белковой смеси к воде 1:7 при 2–3 минуты взбивания [8, 9–20]. На основании полученных данных были разработаны рекомендации по восстановлению сухого сывороточного белка для сбивных конфетных масс.

При образовании области повышенного поверхностного натяжения в результате истончение пленки на ее поверхности устанавливается градиент поверхностного натяжения, следствием которого наблюдается быстрое движение мономолекулярного слоя (эффект Марангони). Явление, названное поверхностным переносом, способствует стабилизации пленки пен.

Для определения поверхностного натяжения белковых растворов с разной концентрацией использовали сталагмометрический метод. Результаты исследований приведены на рисунке 2.

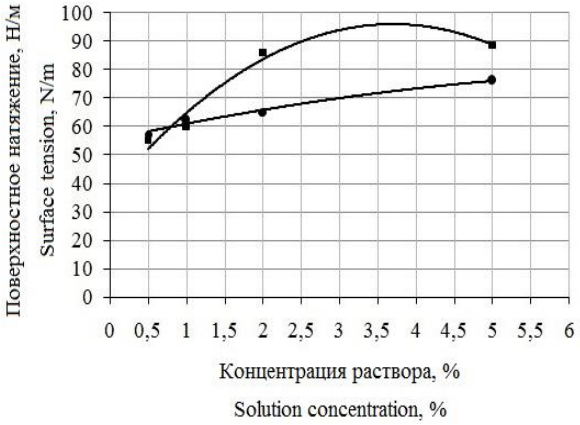


Рисунок 2. Зависимость поверхностного натяжения растворов белков от их концентрации, Н/м: ● – раствор яичного белка; ■ – раствор сывороточного белка

Figure 2. Dependence of the surface tension of protein solutions on their concentration, N/m: ● – egg white solution; ■ – whey protein solution

Из приведенных данных видно, что для яичного белка с концентрацией раствора 0,5% показатель поверхностного натяжения составляет 57,43 ± 1,72 Н/м, а для сывороточного белка с аналогичной концентрацией 55,13 ± 1,65 Н/м. Однако, с увеличением концентрации поверхностное натяжение растворов сывороточного белка существенно возрастает по сравнению с яичным белком.

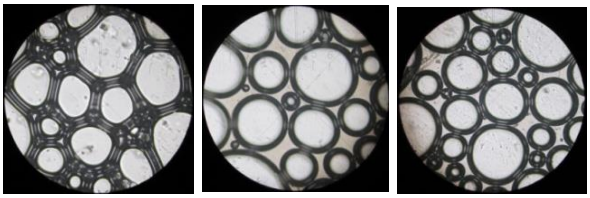
Так, поверхностное натяжение 5% раствора яичного белка составляет 76,13 ± 2,28 Н/м, сывороточного 88,67 ± 2,66 Н/м.

Увеличение поверхностного натяжения с увеличением концентрации белков объясняется их сложной структурой. Несмотря на наличие гидрофильных и гидрофобных групп, в первичной структуре они распределены неупорядоченно, а в четвертичной свернутой конформации некоторые гидрофобные остатки образуют на поверхности молекулы белка отдельные участки, большинство гидрофобных остатков «углубленные» внутрь молекулы. Таким образом, в технологии сбивных конфетных масс целесообразно использовать небольшие концентрации белков.

Следует отметить, что поверхностные явления наиболее важные для пенообразования и свойств пен. Поведение белков на границе раздела фаз сложная и еще недостаточно изученная тема. Основными характеристиками пен, которые имеют важное значение в кондитерской промышленности является пенообразующая способность и устойчивость пен.

Результаты исследований показали, что пенообразующая способность яичного белка составила 420%, а сывороточного 400%. При комбинировании яичного и сывороточного белков в различных соотношениях, увеличение количества сывороточного белка в суспензии приводило к снижению показателя пенообразующей способности.

Для определения структуры и дисперсности пен, полученных из яичного, сывороточного и смеси яичного и сывороточного белков проводили микросъемки, микрофотографии приведены на рисунке 3.



а в с

Рисунок 3. Микроструктура пен: а – раствор яичного белка; в – раствор сывороточного белка; с – комбинированный раствор яичного и сывороточного белков в соотношении 1:1

Figure 3. Foam microstructure: a – egg white solution; в – whey protein solution; c – a combined solution of egg and whey proteins in a 1: 1 ratio

Установлено, что пузырьки воздуха при одинаковом взбивании в пене яичного белка имеют многогранную (полиэдрическую) форму, а сывороточного белка – сферическую. Ячейки пены, состоящий из яичного и сывороточного белков имеют сферическую форму. Однако, в яичном белке (рисунок 3 а) больше межпоровых перегородок, чем можно объяснить высокую стабильность его пены – 92%. Пена из смеси белков (рисунок 3, с) отличается от сывороточного белка (рисунок 3, в) большей равномерностью распределения воздушных пузырьков и более тесным их расположением относительно друг друга.

Заключение

Исследованы функционально-технологические свойства концентрата сывороточных белков. Установлено, что при использовании сывороточных белков сбивные массы имели стабильную устойчивость, которая обеспечивалась повышенной способностью белков к гидратации, поверхностной активностью, типом межмолекулярных взаимодействий, а также повышенной температурой денатурации и способностью образовывать гели.

Таким образом, совокупность проведенных исследований показывает целесообразность дальнейшего изучения и использования сывороточных белков при создании нового ассортимента сбивных конфетных масс.

Литература

1 Дамодаран Ш., Паркин К.Л., Феннема О.Р. Химия пищевых продуктов; пер. с англ. СПб.: Профессия, 2012. 1040 с.

2 Богданова Е.В., Мельникова Е.И. Гидролизаты сывороточных белков в технологии продуктов для спортивного питания // Молочная промышленность. 2018. № 4. С. 45–47.

3 Богданова Е.В., Мельникова Е.И., Гребенщиков А.В. Усвояемость гидролизата β-лактоглобулина в экспериментах in vivo // Молочная промышленность. 2019. № 3. С. 41–42.

4 Гарбуз С.А., Забодалова Л.А. Методы получения биологически активных пептидов путем гидролиза молочных белков // Естественные и технические науки. 2018. № 2 (116). С. 79–81.

5 Кондратова И.И., Томашевич С.Е. Оптимизация технологических режимов изготовления сбивных кондитерских масс // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2010. № 1 (7). С. 38–45.

6 Евдокимов И.А., Володин Д.Н. Современное состояние и перспективы переработки молочной сыворотки // Переработка молока. 2016. № 8. С. 10–13.

7 Золоторева М.С. и др. О переработке молочной сыворотки и внедрении наилучших доступных технологий // Переработка молока. 2016. № 7 (202). С. 17–19.

8 Cabral S.R. Optimization of Cheese Whey Ultrafiltration/Diafiltration for the Production of Beverage Liquid Protein Concentrates with Lactose Partially Removed // Journal of Membrane Science & Research. 2019. V. 5. № 2. P. 172–177.

9 Henriques M., Gomes D., Pereira C. Liquid Whey Protein Concentrates Produced by Ultrafiltration as Primary Raw Materials for Thermal Dairy Gels // Food Technology and Biotechnology. 2017. № 55 (4). P. 454–463.

10 Iwaniak A. et al. Understanding the nature of bitter-taste di- and tripeptides derived from food proteins based on chemometric analysis // Journal of Food Biochemistry. 2018. V. 11. P. 235–244.

11 Shydakova-Kameniuka O., Shkliaiev O., Samokhvalova O., Artamonova M. et al. Harnessing the technological potential of chia seeds in the technology of cream-whipped candy masses // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. V. 2. №. 11. P. 104. doi: 10.15587/1729-4061.2020.199923

12 Smolikhina P.M., Muratova E.I., Dvoretsky S.I. The study of structure formation processes in the confectionery mass // Advanced Materials & Technologies. 2016. №. 2. doi: 10.17277/amt.2016.02.pp.043-047

13 Smolikhina P., Muratova E. Technological aspects of the results on rheological studies of candy mass // 9th Baltic Conference on Food Science and Technology “Food for Consumer Well-Being. 2014. P. 105.

14 Shydakova-Kameniuka O., Shkliaiev O., Samokhvalova O., Artamonova M. et al. Estimation of oxidative stability of the lipid complex of creamy-shaken candies with chia seeds at storage // EUREKA: Life Sciences, (2). 2020. P. 54-62. doi:10.21303/2504-5695.2020.001192

15 Moriano M.E., Alamprese C. Whey protein concentrate and egg white powder as structuring agents of double emulsions for food applications // Food and Bioprocess Technology. 2020. V. 13. P. 1154-1165. doi:10.1007/s11947-020-02467-0

16 Yin L., Zhou X.G., Yu J.S., Wang H. et al. Protein foaming method to prepare Si3N4 foams by using a mixture of egg white protein and whey protein isolate // Ceramics International. 2014. V. 40. №. 8. P. 11503-11509. doi: 10.1016/j.ceramint.2014.03.043

17 Tan M.C., Chin N.L., Yusof Y.A., Taip F.S. et al. Improvement of eggless cake structure using ultrasonically treated whey protein // Food and Bioprocess Technology. 2015. V. 8. №. 3. P. 605-614. doi: 10.1007/s11947-014-1428-1

18 Díaz-Ramírez M., Calderón-Domínguez G., García-Garibay M., Jiménez-Guzmán J. et al. Effect of whey protein isolate addition on physical, structural and sensory properties of sponge cake // Food Hydrocolloids. 2016. V. 61. P. 633-639. doi: 10.1016/j.foodhyd.2016.06.020

19 Oboroceanu D., Wang L., Magner E., Auty M.A. Fibrillization of whey proteins improves foaming capacity and foam stability at low protein concentrations // Journal of Food Engineering. 2014. V. 121. P. 102-111. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.08.023

20 Pico J., Reguilón M.P., Bernal J., Gómez M. Effect of rice, pea, egg white and whey proteins on crust quality of rice flour-corn starch based gluten-free breads // Journal of Cereal Science. 2019. V. 86. P. 92-101. doi: 10.1016/j.jcs.2019.01.014

References

1 Damodaran Sh., Parkin K.L., Fennema O.R. Food chemistry; per. from English. SPb, Professiya, 2012. 1040 p. (in Russian).

2 Bogdanova E.V., Melnikova E.I. Whey protein hydrolysates in the technology of products for sports nutrition. Dairy industry. 2018. no. 4. pp. 45–47. (in Russian).

3 Bogdanova E.V., Melnikova E.I., Grebenshchikov A.V. Digestibility of β-lactoglobulin hydrolyzate in in vivo experiments. Dairy industry. 2019. no. 3. pp. 41–42. (in Russian).

4 Garbuz S.A., Zabodalova L.A. Methods for obtaining biologically active peptides by hydrolysis of milk proteins. Natural and technical sciences. 2018. no. 2 (116). pp. 79–81. (in Russian).

5 Kondratova I.I., Tomashevich S.E. Optimization of technological modes of production of whipped confectionery masses. Food industry: science and technology. 2010. no. 1 (7). pp. 38–45. (in Russian).

6 Evdokimov I.A., Volodin D.N. Current state and prospects of milk whey processing. Processing of milk. 2016. no. 8. pp. 10–13. (in Russian).

7 Zolotoreva M.S. et al. About the processing of milk whey and the introduction of the best available technologies. Processing of milk. 2016. no. 7 (202). pp. 17-19. (in Russian).

8 Cabral S.R. Optimization of Cheese Whey Ultrafiltration/Diafiltration for the Production of Beverage Liquid Protein Concentrates with Lactose Partially Removed. Journal of Membrane Science & Research. 2019. vol. 5. no. 2. pp. 172–177.

9 Henriques M., Gomes D., Pereira C. Liquid Whey Protein Concentrates Produced by Ultrafiltration as Primary Raw Materials for Thermal Dairy Gels. Food Technology and Biotechnology. 2017. no. 55 (4). pp. 454–463.

10 Iwaniak A. et al. Understanding the nature of bitter-taste di- and tripeptides derived from food proteins based on chemometric analysis. Journal of Food Biochemistry. 2018. vol. 11. pp. 235–244.

11 Shydakova-Kameniuka O., Shkliaiev O., Samokhvalova O., Artamonova M. et al. Harnessing the technological potential of chia seeds in the technology of cream-whipped candy masses. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. vol. 2. no. 11. pp. 104. doi: 10.15587/1729-4061.2020.199923

12 Smolikhina P.M., Muratova E.I., Dvoretsky S.I. The study of structure formation processes in the confectionery mass. Advanced Materials & Technologies. 2016. no. 2. doi: 10.17277/amt.2016.02.pp.043-047

13 Smolikhina P., Muratova E. Technological aspects of the results on rheological studies of candy mass. 9th Baltic Conference on Food Science and Technology "Food for Consumer Well-Being. 2014. pp. 105.

14 Shydakova-Kameniuka O., Shkliaiev O., Samokhvalova O., Artamonova M. et al. Estimation of oxidative stability of the lipid complex of creamy-shaken candies with chia seeds at storage. EUREKA: Life Sciences, (2). 2020. pp. 54-62. doi:10.21303/2504-5695.2020.001192

15 Moriano M.E., Alamprese C. Whey protein concentrate and egg white powder as structuring agents of double emulsions for food applications. Food and Bioprocess Technology. 2020. vol. 13. pp. 1154-1165. doi:10.1007/s11947-020-02467-0

16 Yin L., Zhou X.G., Yu J.S., Wang H. et al. Protein foaming method to prepare Si3N4 foams by using a mixture of egg white protein and whey protein isolate. Ceramics International. 2014. vol. 40. no. 8. pp. 11503-11509. doi: 10.1016/j.ceramint.2014.03.043

17 Tan M.C., Chin N.L., Yusof Y.A., Taip F.S. et al. Improvement of eggless cake structure using ultrasonically treated whey protein. Food and Bioprocess Technology. 2015. vol. 8. no. 3. pp. 605-614. doi: 10.1007/s11947-014-1428-1

18 Díaz-Ramírez M., Calderón-Domínguez G., García-Garibay M., Jiménez-Guzmán J. et al. Effect of whey protein isolate addition on physical, structural and sensory properties of sponge cake. Food Hydrocolloids. 2016. vol. 61. pp. 633-639. doi: 10.1016/j.foodhyd.2016.06.020

19 Oboroceanu D., Wang L., Magner E., Auty M.A. Fibrillization of whey proteins improves foaming capacity and foam stability at low protein concentrations. Journal of Food Engineering. 2014. vol. 121. pp. 102-111. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.08.023

20 Pico J., Reguilón M.P., Bernal J., Gómez M. Effect of rice, pea, egg white and whey proteins on crust quality of rice flour-corn starch based gluten-free breads. Journal of Cereal Science. 2019. vol. 86. pp. 92-101. doi: 10.1016/j.jcs.2019.01.014

Сведения об авторах

Татьяна В. Калиновская к.т.н., доцент, кафедра технологии и оборудования производства и переработки продукции животноводства, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, пр-т Вернадского, 4, г. Симферополь, 295007, Россия, kalinovskaya_88@mail.ru

https://orcid.org/0000-000C-8052-2014

Елена Ю. Богодист-Тимофеева к.т.н., доцент, кафедра технологии и оборудования производства жиров и эфирных масел, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, пр-т Вернадского, 4, г. Симферополь, 295007, Россия, bogodist_tim@mail.ru

Information about authors

Tatiana V. Kalinovskaya Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technologies and equipment for production and processing of livestock products department, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Prospekt Vernadskogo 4, Simferopol, Russia, 295007, Russia, kalinovskaya_88@mail.ru

https://orcid.org/0000-000C-8052-2014

Elena Yu. Bogodist-Timofeeva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology and equipment for the production of fats and essential oils department, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Prospekt Vernadskogo 4, Simferopol, Russia, 295007, Russia, bogodist_tim@mail.ru

Вклад авторов

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

Contribution

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

Конфликт интересов

Авторы заявляет об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interes.

Поступила 26/04/2021	**После редакции** 17/05/2021	**Принята в печать** 03/06/2021
Received 26/04/2021	**Accepted in revised** 17/05/2021	**Accepted** 03/06/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-175-179 Оригинальная статья/Research article
УДК 637.2.05 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Сметанный продукт функциональной направленности

Ольга И. Долматова [1] olgadolmatova@rambler.ru 0000-0002-4450-8856
Марина И. Машкова [1] meatech@yandex.ru

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

Аннотация. Среди разнообразного ассортимента молочных продуктов сметана занимает лидирующие позиции по объемам производства. Несмотря на сложившуюся экономическую ситуацию, производство сметаны по сравнению с предыдущим годом выросло на 3.4 %. Нехватка молочного сырья, а также повышенный спрос на продукты здорового питания привели к созданию новой группы сметанных продуктов, в которые добавлены немолочные компоненты - обогатители. За счет компонентов растительного происхождения можно скорректировать свойства продукта, придать ему функциональную направленность. Авторами предложен способ производства сметанного продукта с добавлением пшеничных хлопьев и персикового пюре. Сметанный продукт вырабатывали по традиционной технологической схеме. Особенностью технологии является внесение растительных компонентов в сквашенный продукт. Выбор оптимальной дозировки пшеничных хлопьев и персикового пюре проводили в соответствии с сочетаемостью вкуса и запаха наполнителя и продукта, показателей консистенции и цвета сметанного продукта. Экспериментальным путем подобраны оптимальные дозировки вносимых компонентов. Проведена оценка показателей качества готового продукта. Изучена влагоудерживающая способность образцов сметанных продуктов. По количеству сыворотки можно судить о способности пищевых волокон к набуханию. Чем меньше объем сыворотки, тем больше пищевые волокна впитывают в себя влаги, что положительно влияет на хранимоспособность продукта. Вязкость определяли на вибровискозиметре в пробах образцов с ненарушенным, нарушенным и восстановленным сгустком. Установлено, что сметанный продукт обладает наилучшей влагопоглощающей способностью, достаточно густой консистенцией и после перемешивания хорошо восстанавливает структуру. Определено, что использование растительного сырья оказывает благоприятное воздействие на качество продукта.

Ключевые слова: сметанный продукт, вкусовые компоненты, технология, молочные продукты, пшеничные хлопья, персиковое пюре, показатели качества

Functional sour cream product

Olga I. Dolmatova [1] olgadolmatova@rambler.ru 0000-0002-4450-8856
Marina I. Mashkova [1] meatech@yandex.ru

1 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. Among the diverse assortment of dairy products, sour cream occupies a leading position in terms of production. Despite the current economic situation, sour cream production increased by 3.4% compared to the previous year. The lack of raw milk, as well as the increased demand for healthy food products have led to the creation of a new group of sour cream products, which are supplemented with non-dairy ingredients - fortifiers. Due to the components of plant origin, it is possible to adjust the properties of the product, to give it a functional orientation. The authors proposed a method for the production of a sour cream product with the addition of wheat flakes and peach puree. The sour cream product was produced according to the traditional technological scheme. A feature of the technology is the introduction of plant components into the fermented product. The choice of the optimal dosage of wheat flakes and peach puree was carried out in accordance with the combination of the taste of the filler and the product, the indicators of the consistency and color of the sour cream product. The optimal dosages of the introduced components have been selected experimentally. An assessment of the quality indicators of the finished product has been carried out. The water-holding capacity of samples of sour cream products has been studied. By the amount of whey, you can judge the ability of dietary fiber to swell. The smaller the volume of whey, the more the dietary fiber absorbs moisture, which has a positive effect on the shelf life of the product. The viscosity was determined on a vibration viscometer in samples of samples with an undisturbed, damaged and restored clot. It was found that the sour cream product has the best moisture-absorbing ability, a fairly thick consistency, and after mixing it well restores the structure. It has been determined that the use of plant materials has a beneficial effect on the quality of the product.

Keywords: sour cream product, flavoring components, technology, dairy products, wheat flakes, peach puree, quality indicators

Введение

Среди разнообразного ассортимента молочных продуктов сметана занимает лидирующие позиции по объемам производства (рисунок 1). Несмотря на сложившуюся экономическую ситуацию, производство сметаны по сравнению с предыдущим годом выросло на 3,4% [1].

Нехватка молочного сырья, а также повышенный спрос на продукты здорового питания привели к созданию новой группы кисломолочных продуктов, в которые добавлены немолочные компоненты – обогатители [2–5].

Применение растительных рецептурных компонентов в сметанных продуктах позволяет расширить их ассортимент, обогатить их

Для цитирования
Долматова О.И., Машкова М.И. Сметанный продукт функциональной направленности // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 175–179. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-175-179

For citation
Dolmatova O.I., Mashkova M.I. Functional sour cream product. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 175–179. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-175-179

© 2021, Долматова О.И. и др. / Dolmatova O.I. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

жирно-кислотный, витаминный и минеральный состав [6–11].

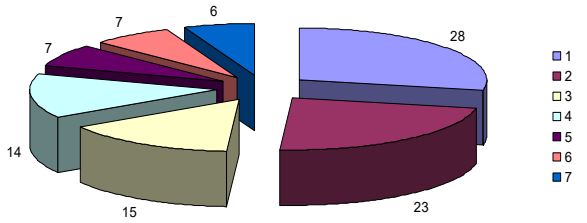


Рисунок 1. Структура производства кисломолочных продуктов в России в 2020 году по видам: 1 – кефир; 2 – йогурт; 3 – сметана; 4 – творог; 5 – ряженка и варенец; 6 – продукты на основе творога; 7 – прочее

Figure 1. Structure of production of fermented milk products in Russia in 2020 by types: 1 – kefir; 2 – yogurt; 3 – sour cream; 4 – cottage cheese; 5 – fermented baked milk and varenets; 6 – products based on cottage cheese; 7 – other

За счет компонентов растительного происхождения можно скорректировать свойства продукта, придать ему функциональную направленность [12–17].

Авторами предложен способ производства сметанного продукта с добавлением пшеничных хлопьев и персикового пюре. Продукт обладает функциональной направленностью и улучшенными реологическими показателями.

Сметану и сметанные продукты вырабатывают термостатным и резервуарным способами.

К основным задачам получения качественного продукта следует отнести сырье и соблюдение технологических режимов при их производстве [18–20].

Материалы и методы

Объекты исследования: сливки молочные, закваска, пшенные хлопья, пюре персиковое, сметана, сметанный продукт.

Оценку качества готового продукта проводили в соответствии с требованиями ТР ТС 033/2013, ГОСТ 31452.

Влагоудерживающую способность сгустка определяли методом центрифугирования (10 мл продукта центрифугируют в пробирке 10 мин при частоте 2000 об/мин), объем выделившейся сыворотки, соответствует способности сгустков к влагоотдаче.

Вязкость определяли в лаборатории Центра стратегического развития научных исследований ВГУИТ на вибровискозиметре в пробах образцов с ненарушенным, нарушенным и восстановленным сгустком.

Результаты и обсуждение

Выбор оптимальной дозировки пшеничных хлопьев проводили в соответствии с сочетаемостью вкуса и запаха наполнителя и продукта, показателей консистенции и цвета сметанного продукта (рисунок 2).

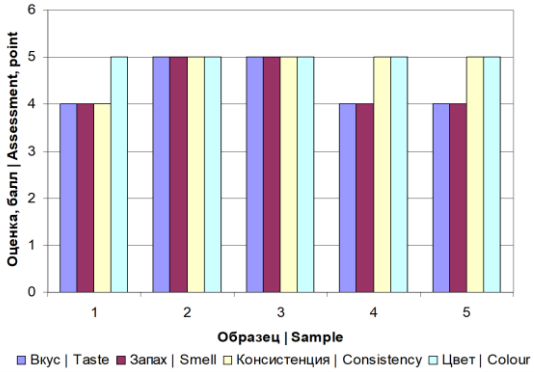


Рисунок 2. Органолептическая оценка сметанных продуктов с различной дозировкой пшеничных хлопьев: 1–1%; 2–2%; 3–3%; 4–4%; 5 – 5%

Figure 2. Organoleptic evaluation of sour cream products with different dosages of wheat flakes: 1–1%; 2–2%; 3–3%; 4–4%; 5 – 5%

Установлена оптимальная дозировка пшеничных хлопьев в сметанном продукте – 2,5 ± 0,5%.

По аналогичным критериям определяли оптимальную дозировку персикового пюре (рисунок 3).

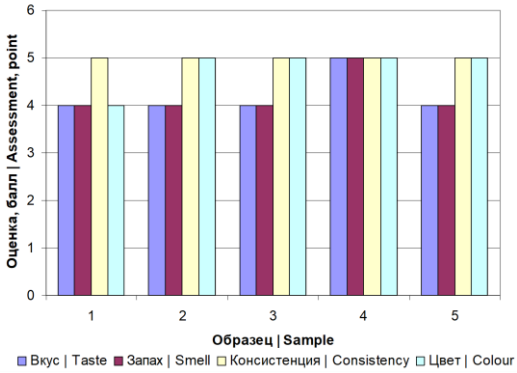


Рисунок 3. Органолептическая оценка сметанных продуктов с пшеничными хлопьями с различной дозировкой персикового пюре: 1–3,5%; 2–4,0%; 3–4,5%; 4–5,0%; 5–5,5%

Figure 3. Organoleptic evaluation of sour cream products with wheat flakes with different dosages of peach puree: 1–3.5%; 2–4.0%; 3–4.5%; 4–5.0%; 5–5.5%

Персиковое пюре в количестве 5,0% гармонично сочетается со сметанной основой и проявляет свойства цветокорректирующего компонента.

Сметанный продукт вырабатывали по традиционной технологической схеме. Особенностью технологии является внесение растительных компонентов в сквашенный продукт.

Готовый продукт хранили при температуре 4 ± 2 ºС в течение 14 суток. В ходе лабораторных исследований проводили контроль качества сметаны и сметанных продуктов на протяжении

всего срока годности: образец № 1 – сметана (контрольный образец); № 2 – сметанный продукт с добавлением пшеничных хлопьев 1% и персикового пюре в количестве 5%; № 3 – сметанный продукт с добавлением пшеничных хлопьев 2% и персикового пюре в количестве 5%; № 4 – сметанный продукт с добавлением пшеничных хлопьев 3% и персикового пюре в количестве 5%; № 5 – сметанный продукт с добавлением пшеничных хлопьев 4% и персикового пюре в количестве 5%; № 6 – сметанный продукт с добавлением пшеничных хлопьев 5% и персикового пюре в количестве 5%.

Массовая доля жира сметанного продукта – 15%.

Одним из показателей, влияющих на срок годности продукта является титруемая кислотность. Образцы № 2–4 на протяжении всего срока хранения проявляли оптимальные значения кислотности и не уступали контрольному образцу (от 60 до 100 ºТ). Образцы № 5 и 6 отличались стремительным ростом кислотности, их показатели превысили отметку 100 ºТ на 10-е сутки.

В сметанных продуктах определяли показатель вязкости. Результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Вязкость сметанных продуктов при хранении

Table 1.

Storage viscosity of sour cream products

Образец Sample	Вязкость, Па · с | Viscosity, Pa· s					
	3 день			10 день		
	Ненарушенный сгусток Undisturbed clot	Перемешанный сгусток Mixed clot	Восстановленный сгусток Reconstituted clot	Ненарушенный сгусток Undisturbed clot	Перемешанный сгусток Mixed clot	Восстановленный сгусток Reconstituted clot
№ 1	373	307	330	410	310	355
№ 2	490	378	441	606	338	491
№ 3	580	480	537	668	485	550
№ 4	670	506	609	722	524	648
№ 5	1260	610	750	1370	1060	1109
№ 6	1370	857	998	2080	1550	1601

Образцы № 2–6 обладают достаточно густой консистенцией и после перемешивания хорошо восстанавливает структуру. Консистенция сметанного продукта при этом вязкая, что играет немаловажную роль при производстве сметаны с относительно невысокой массовой долей жира.

Проведены исследования влагоудерживающей способности образцов сметанных продуктов. По количеству сыворотки можно судить о способности пищевых волокон к набуханию. Чем меньше объем сыворотки, тем больше пищевые волокна впитывают в себя влаги, что положительно влияет на хранимоспособность продукта (таблица 2).

Таблица 2.

Влагоудерживающая способность сметаны и сметанных продуктов

Table 2.

Water-holding capacity of sour cream and sour cream products

Образец Sample	Количество выделившейся сыворотки, мл The amount of released serum, ml
№ 1	0,30
№ 2	0,30
№ 3	0,30
№ 4	0,20
№ 5	0,20
№ 6	0,10

Установлено, что образцы № 4–6 обладает наилучшей влагопоглащающей способностью.

Определено, что образец № 4 (сметанный продукт с добавлением пшеничных хлопьев 3% и персикового пюре в количестве 5%) обладает оптимальными показателями качества. Установлен срок годности сметанного продукта – 10 суток.

Заключение

Экспериментальным путем подобраны оптимальные дозировки вносимых компонентов.

Разработан способ получения сметанного продукта с пшенными хлопьями и персиковым пюре.

Проведена оценка показателей качества готового продукта.

Установлено, что сметанный продукт обладает наилучшей влагопоглащающей способностью, достаточно густой консистенцией и после перемешивания хорошо восстанавливает структуру.

Определено, что использование растительного сырья оказывает благоприятное воздействие на качество продукта.

Литература

1 Точиева Л. Российский рынок кисломолочных продуктов: творог, сметана, йогурт // Российский продовольственный рынок. 2021. № 2.

2 Голубева Л.В., Долматова О.И., Иванцова М.И. Кисломолочный продукт функционального назначения // Вестник ВГУИТ. 2016. № 2 (68). С. 148–152.

3 Голубева Л.В., Долматова О.И., Пожидаева Е.А., Гребенкина А.Г. и др. Новый кисломолочный продукт с вкусовыми компонентами растительного происхождения // Пищевая промышленность. 2016. № 12. С. 18–20.

4 Суховеркова Е.Б. Стабилизационные системы для сметанного продукта. Технология и особенности производства // Молочная промышленность. 2020. № 8. С. 43–44.

5 Божкова С.Е., Пилипенко Д.Н. Новый комбинированный молочный продукт на основе сметаны // Молочная индустрия. 2018. № 1. С. 28–29.

6 Honcharov D., Tkachenko N., Nikolaieva V. Development of fermentation parameters of milk-fat mixtures in the production of sour cream product with phytosterols // Technology Audit and Production Reserves. 2021. V. 4. №. 3 (60). P. 37-41. doi: 10.15587/2706-5448.2021.237443

7 Гетманец В.Н. Производство сметаны и сметанного продукта // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 2 (148). С. 167–171.

8 Цибизова М.Е., Магданова Ю.А., Вышлова Э.А. Разработка технологии сметанного продукта // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2018. № 4 (51). С. 26–31.

9 Белозерова М.С., Евстигнеева Т.Н., Григорьева А.А. Разработка состава и технологии молочного десерта с морковной клетчаткой // Вестник ВГУИТ. 2016. № 2 (68). С. 140–147.

10 Цибизова М.Е., Магданова Ю.А., Вышлова Э.А. Разработка технологии сметанного продукта // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2018. № 4 (51). С. 26–31.

11 Заверталенко Г.Ю., Степанова Л.И. Сметанный продукт с ЗМЖ: формула вашего успеха // Переработка молока. 2017. № 3 (209). С. 36–37.

12 Chernjpolskaya N., Gavrilova N., Rebezov M., Dolmatova I. et al. Biotechnology of specialized product for sports nutrition // International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. V. 8. № 4. P. 40–45.

13 Gavrilova N., Chernjpolskaya N., Rebezov M., Moisejkina D. et al. Advanced biotechnology of specialized fermented milk product // International Journal of Recent Technology and Engineering. 2019. V. 8. № 2. P. 2718–2722.

14 Гаврилина А.Д., Шелагинова И.Р., Зобкова З.С. Кисломолочные продукты как составляющая функционального питания // Молочная промышленность. 2019. № 2. С. 44.

15 Ивкова И.А., Четвергова И.Г., Николаева Е.А., Толстогузова Т.Т. Разработка жировой основы эмульсионных продуктов питания функционального назначения // Переработка молока. 2020. № 4 (246). С. 34–37.

16 Danylenko S.G. et al. The effects of thickeners upon the viscous properties of sour cream with a low fat content // Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria. 2020. V. 19. №. 3. doi: 10.17306/J.AFS.2020.0836

17 Hassan M.N.A. et al. Formulation and characterization aspects of light sour cream // Journal of Food and Dairy Sciences. 2017. V. 8. №. 6. P. 257-262. doi: 10.21608/JFDS.2017.38690

18 Афонькина С.Р., Зеленковская Е.Е., Аллаярова Г.Р., Мусабиров Д.Э. и др.Анализ показателей качества и безопасности кисломолочного продукта: сметана // Новые концептуальные подходы к решению глобальной проблемы обеспечения продовольственной безопасности в современных условиях: сборник научных статей VII Международной научно-практической конференции. Курск, 2020. С. 43–46.

19 Колотова Н.А., Павленко Д.М., Рябошкапова К.А. Исследование качества сметаны разных торговых марок // Современные проблемы товароведения, экономики и индустрии питания. 2018. С. 63–66.

20 Визгалина К.А. Определение качества сметаны. Сравнительный анализ // Интеллектуальный потенциал общества как драйвер инновационного развития науки. 2019. С. 5–7.

References

1 Tochieva L. Russian market of fermented milk products: cottage cheese, sour cream, yogurt. Russian food market. 2021. no. 2. (in Russian).

2 Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Ivantsova M.I. Functional fermented milk product. Proceedings of VSUET. 2016. no. 2 (68). pp. 148-152. (in Russian).

3 Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Pozhidaeva E.A., Grebenkina A.G. et al. New fermented milk product with flavoring components of plant origin. Food industry. 2016. no. 12. pp. 18–20. (in Russian).

4 Sukhoverkova E.B. Stabilization systems for sour cream product. Technology and features of production. Dairy industry. 2020. no. 8. pp. 43–44. (in Russian).

5 Bozhkova S.E., Pilipenko D.N. New combined dairy product based on sour cream. Dairy industry. 2018. no. 1. pp. 28–29. (in Russian).

6 Honcharov D., Tkachenko N., Nikolaieva V. Development of fermentation parameters of milk-fat mixtures in the production of sour cream product with phytosterols. Technology Audit and Production Reserves. 2021. vol. 4. no. 3 (60). pp. 37-41. doi: 10.15587/2706-5448.2021.237443

7 Getmanets V.N. Production of sour cream and sour cream product. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2017. no. 2 (148). pp. 167-171. (in Russian).

8 Tsibizova M.E., Magdanova Yu.A., Vyshlova E.A. Development of sour cream product technology. Technology and commodity science of innovative food products. 2018. no. 4 (51). pp. 26–31. (in Russian).

9 Belozerova M.S., Evstigneeva T.N., Grigorieva A.A. Development of the composition and technology of a dairy dessert with carrot fiber. Proceedings of VSUET. 2016. no. 2 (68). pp. 140-147. (in Russian).

10 Tsibizova M.E., Magdanova Yu.A., Vyshlova E.A. Development of sour cream product technology. Technology and commodity science of innovative food products. 2018. no. 4 (51). pp. 26–31. (in Russian).

11 Zavertalenko G.Yu., Stepanova L.I. Sour cream product with milk replacer: the formula for your success. Milk processing. 2017. no. 3 (209). pp. 36–37. (in Russian).

12 Chernjpolskaya N., Gavrilova N., Rebezov M., Dolmatova I. et al. Biotechnology of specialized product for sports nutrition. International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. vol. 8. no. 4. pp. 40–45.

13 Gavrilova N., Chernjpolskaya N., Rebezov M., Moisejkina D. et al. Advanced biotechnology of specialized fermented milk product. International Journal of Recent Technology and Engineering. 2019. vol. 8. no. 2. pp. 2718–2722.

14 Gavrilina A.D., Shelaginova I.R., Zobkova Z.S. Fermented milk products as a component of functional nutrition. Dairy industry. 2019. no. 2. pp. 44. (in Russian).

15 Ivkova I.A., Chetvergova I.G., Nikolaeva E.A., Tolstoguzova T.T. Development of the fat base of emulsion food products for functional purposes. Processing of milk. 2020. no. 4 (246). pp. 34–37. (in Russian).

16 Danylenko S.G. et al. The effects of thickeners upon the viscous properties of sour cream with a low fat content. Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria. 2020. vol. 19. no. 3. doi: 10.17306/J.AFS.2020.0836

17 Hassan M.N.A. et al. Formulation and characterization aspects of light sour cream. Journal of Food and Dairy Sciences. 2017. vol. 8. no. 6. pp. 257-262. doi: 10.21608/JFDS.2017.38690

18 Afonkina S.R., Zelenkovskaya E.E., Allayarova G.R., Musabirov D.E. Analysis of indicators of quality and safety of a fermented milk product: sour cream. New conceptual approaches to solving the global problem of ensuring food security in modern conditions: collection of scientific articles of the VII International Scientific and Practical Conference. Kursk, 2020, pp. 43–46. (in Russian).

19 Kolotova N.A., Pavlenko D.M., Ryaboshkapova K.A. Investigation of the quality of sour cream of different brands. Modern problems of commodity science, economics and food industry. 2018. pp. 63–66. (in Russian).

20 Vizgalina K.A. Determination of the quality of sour cream. Comparative analysis. Intellectual potential of society as a driver of innovative development of science. 2019. pp. 5–7. (in Russian).

Сведения об авторах

Ольга И. Долматова к.т.н., доцент, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, olgadolmatova@rambler.ru
https://orcid.org/0000-0002-4450-8856

Марина И. Машкова студент, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, meatech@yandex.ru

Information about authors

Olga I. Dolmatova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, animal origin products technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, olgadolmatova@rambler.ru
https://orcid.org/0000-0002-4450-8856

Marina I. Mashkova student, animal origin products technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, meatech@yandex.ru

Вклад авторов

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

Contribution

All authors are equally involved 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 12/04/2021 **После редакции** 30/04/2021 **Принята в печать** 28/05/2021

Received 12/04/2021 **Accepted in revised** 30/04/2021 **Accepted** 28/05/2021

Химическая технология

Chemical Technology

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-180-183 Краткое сообщение/Short message

УДК 666.758.2 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Воздействие депрессорно-диспергирующей присадки Dewaxol 7801 на летнее дизельное топливо

Елизавета Л. Иовлева [1] elizaveta-iovleva@ya.ru 0000-0002-5429-4329

1 Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, ул. Белинского, 58, г. Якутск, 677000, Россия

Аннотация. Получение зимнего дизельного топлива, процесс дорогостоящий и сложный, при котором углеводороды парафиновой группы из топлива удаляются. На сегодняшний день потребление зимнего дизельного топлива в России достигло своего максимума, и того производимого объема не хватает для удовлетворения потребностей российского рынка. Поэтому получение зимнего дизельного топлива из летних сортов, путем добавления депрессорной присадки, остается актуальной. Наиболее распространенными депрессорными присадками являются сополимеры этилена с винилацетатом. Эффективность депрессорно-диспергирующих присадок зависит от фракционного и группового углеводородного состава дизельного топлива. Также немало важную роль играет физико-химические характеристики парафинов, содержащихся в топливе. При длительном хранении топлива депрессорные присадки не предупреждают расслоение топлива. Поэтому совместно с депрессорной присадкой используют диспергатор парафинов, в состав таких присадок входит в основном амиды и имиды моно- и дикарбоновых кислот. Депрессорно-диспергирующая присадка Dewaxol 7801 это специально подобранная композиция на основе поверхностно-активных веществ и сополимеров в углеводородном растворителе. Использование этой присадки позволяет улучшать низкотемпературные показатели дизельного топлива, не оказывая воздействия на другие свойства. Из низкотемпературных свойств дизельного топлива, мы выбрали предельную температуру фильтруемости, так как именно эта температура, характеризует реальные условия работы. При достижении предельной температуры фильтруемости кристаллы н-парафинов достигают размеров превышающих диаметры пор фильтров, топливо не прокачивается через фильтры тонкой очистки топливного насоса высокого давления, при этом ухудшается текучесть топлива. В статье показаны влияние депрессорно-диспергирующей присадки Dewaxol 7801, на летнее дизельное топливо, в различных концентрациях и при нагретом топливе от 40 до 60 градусов в шагом в 10 градусов.

Ключевые слова: депрессорно-диспергирующая присадка, дизельное топливо, низкотемпературные свойства, предельная температура, фильтруемость

Effect of the Dewaxol 7801 depressant-dispersant additive on summer diesel fuel

Elizaveta L. Iovleva [1] elizaveta-iovleva@ya.ru 0000-0002-5429-4329

1 North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosova, st. Belinsky, 58 Yakutsk, 677000, Russia

Abstract. Obtaining winter diesel fuel is an expensive and complex process, in which paraffinic hydrocarbons are removed from the fuel. Today, the consumption of winter diesel fuel in Russia has reached its maximum, and the volume produced is not enough to meet the needs of the Russian market. Therefore, obtaining winter diesel fuel from summer grades, by adding a depressant additive, remains relevant. The most common depressants are ethylene vinyl acetate copolymers. The effectiveness of depressant-dispersant additives depends on the fractional and group hydrocarbon composition of diesel fuel. Also, the physicochemical characteristics of the paraffins contained in the fuel play an important roleDuring long-term storage of fuel, depressants do not prevent fuel stratification. Therefore, together with a depressant additive, a paraffin dispersant is used, the composition of such additives includes mainly amides and imides of mono- and dicarboxylic acids. Dewaxol 7801 depressant and dispersant additive is a specially selected composition based on surfactants and copolymers in a hydrocarbon solvent. The use of this additive makes it possible to improve the low-temperature performance of diesel fuel without affecting other properties. From the low-temperature properties of diesel fuel, we have chosen the limiting filterability temperature, since it is this temperature that characterizes the real working conditions. When the maximum filterability temperature is reached, the n-paraffin crystals reach sizes exceeding the pore diameters of the filters, the fuel is not pumped through the fine filters of the high-pressure fuel pump, and the fluidity of the fuel deteriorates. The article shows the effect of Dewaxol 7801, a depressant-dispersant additive, on summer diesel fuel, in various concentrations and when the fuel is heated from 40 to 60 degrees in steps of 10 degrees.

Keywords: depressant-dispersant additive, diesel fuel, low-temperature properties, limiting temperature, filterability

Введение

Работоспособность дизельного топлива в дизельном двигателе оценивается предельной температурой фильтруемости (ПТФ). Влияние депрессорных присадок на дизельные топлива (ДТ) всегда зависит от состава и свойства топлива. Топлива с различными свойствами по-разному реагируют на депрессоры, это следует учесть при использовании присадок. Хоть и механизм действия депрессорных присадок на дизельные топлива до конца не изучен, в этой статье мы будем основываться, на принципе действия депрессора на кристаллы парафинов. Из выше сказанного, следует, что воздействие присадки на дизельное топливо, зависит от фракционного и группового углеводородным состава, а также от природы парафинов, содержащихся в дизельном топливе. Дизельное топливо обладает с широкими пределами выкипания. Как известно,

Для цитирования

Иовлева Е.Л. Воздействие депрессорно-диспергирующей присадки Dewaxol 7801 на летнее дизельное топливо // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 180–183. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-180-183

For citation

Iovleva E.L. Effect of the Dewaxol 7801 depressant-dispersant additive on summer diesel fuel. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 180–183. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-180-183

© 2021, Иовлева Е.Л. и др. / Iovleva E.L. et al.

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

из различных источников, дизельные топлива с широкими пределами выкипания наиболее восприимчивы к депрессорам [1–5].

Цель работы – изучить воздействие депрессорно-диспергирующей присадки (ДДП) Dewaxol 7801 на летнее дизельное топливо ЕВРО, сорта С, экологического класса К5.

Материалы и методы

ДДП Dewaxol 7801 состоит из композиции на основе поверхностно-активных веществ и сополимеров в углеводородном растворителе [2, 6]. Для проведения экспериментов концентрации присадки были выбраны в интервале от 0,05 до 0,2 % масс. Присадки вводились в предварительно нагретое топливо (до 40, 50, 60 ℃). А сама присадка была нагрета до 30 ℃. Всего было заготовлено 9 образцов ДТ с различными концентрациями присадки:

- Образец № 1 ДТ нагретое до 40 ℃ с концентрацией присадки 0,05 % масс.
- Образец № 2 ДТ нагретое до 40 ℃ с концентрацией присадки 0,1 % масс.
- Образец № 3 ДТ нагретое до 40 ℃ с концентрацией присадки 0,2 % масс.
- Образец № 4 ДТ нагретое до 50 ℃ с концентрацией присадки 0,05 % масс.
- Образец № 5 ДТ нагретое до 50 ℃ с концентрацией присадки 0,1 % масс.
- Образец № 6 ДТ нагретое до 50 ℃ с концентрацией присадки 0,2 % масс.
- Образец № 7 ДТ нагретое до 60 ℃ с концентрацией присадки 0,05 % масс.
- Образец № 8 ДТ нагретое до 60 ℃ с концентрацией присадки 0,1 % масс.
- Образец № 9 ДТ нагретое до 60 ℃ с концентрацией присадки 0,2 % масс.

Предельная температура фильтруемости – это самая высокая температура, при которой данный объем топлива не протекает через стандартизованное фильтрующее оборудование в течение заданного времени, во время охлаждения в стандартизованных условиях. Ее определяли по «ГОСТ Р 54269–2010. Топлива. Метод определения предельной температуры фильтруемости на холодном фильтре» [6–11].

Результаты

Результаты исследования 9 образцов ДТ с ДДП Dewaxol 7801 при различной температуре нагрева топлива показаны в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты смешивания ДДП Dewaxol 7801 с летним дизельным топливом ЕВРО, сорт С, экологический класс К5

Table 1.

Mixing results of Dewaxol 7801 LDPE with EURO summer diesel fuel, grade C, emission class K5

Концентрация присадки, % масс. Additive concentration, % wt.	Температура смешивания ДТ, ℃ Mixing temperature, ℃		
	40	50	60
0,05	-16		
0,1	-18		
0,2	-15		
0,05		-19	
0,1		-20	
0,2		-17	
0,05			-20
0,1			-22
0,2			-21

На рисунках 1–3 показаны графики зависимости ПТФ от концентрации присадки при различных температурах смешивания.

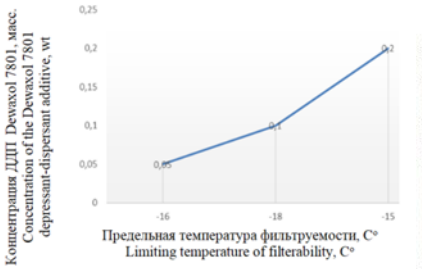


Рисунок 1. Зависимость ПТФ от концентрации присадки Dewaxol 7801 при температуре нагрева топлива 40 ℃

Figure 1. Dependence of PTF on the concentration of the Dewaxol 7801 additive at a fuel heating temperature of 40 ℃

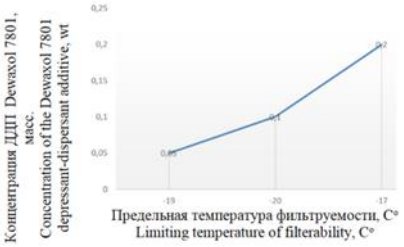


Рисунок 2. Зависимость ПТФ от концентрации присадки Dewaxol 7801 при температуре нагрева топлива 50 ℃

Figure 2. Dependence of PTF on the concentration of Dewaxol 7801 additive at a fuel heating temperature of 50 ℃

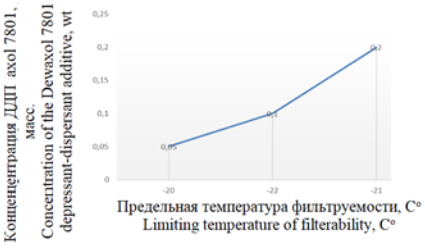


Рисунок 3. Зависимость ПТФ от концентрации присадки Dewaxol 7801 при температуре нагрева топлива 60 ℃

Figure 3. Dependence of PTF on the concentration of the Dewaxol 7801 additive at a fuel heating temperature of 60 ℃

Обсуждения

Из графика видно, что максимальное понижение ПТФ достигается при концентрации присадки в 0,1 % масс, причем такой максимум прослеживается при всех температурах нагрева ДТ. Однако, значительное уменьшение ПТФ получили при нагреве топлива 60° С.

Еще одна особенность, которую можно увидеть, чем выше температура подогрева топлива, тем ниже ПТФ. Это можно объяснить принципом действия самого депрессорно-диспергирующей присадки, который заключается в том, что кристаллы н-парафинов должны начинать сформироваться в топливе, в этом случае молекулы депрессора могут воспрепятствовать, зарождающимся кристаллам парафинов увеличиваться в размерах, сближаться и образовывать связи друг с другом [12–20]. Вводить присадку нужно в ДТ, до его помутнения, потому что парафины должны полностью раствориться в топливе. Поэтому производители присадок, рекомендуют подогревать топливо, прежде, чем вводить присадки.

Вторая причина, такой зависимости кроется в самой ДДП. Присадка имеет высокую вязкость, ее плотность, выше плотности дизельного топлива. Высокое компаундирование можно достичь при жидкой присадке, а жидким она становится при температуре выше 30 °С, поэтому наравне с топливом нужно, подогревать и саму присадку.

Максимальный эффект от ДДП Dewaxol 7801 можно получить когда, парафины полностью растворены, а это произошло при температуре нагрева 60 °С.

Заключение

Исходя из выше изложенного, можно заключить, что:

1. Максимальный депрессорный эффект, достигается при температуре нагрева топлива 60° С.

2. Концентрация присадки, при которой можно получить понижение ПТФ – 0,1 % масс.

3. Опытным путем доказано, что добавлять присадку нужно только в прозрачное дизельное топливо, иначе эффективность присадки будет невысокой.

Литература

1 Сибиряков К.А., Тархов Л.Г. Исследование влияния депрессорно-диспергирующих присадок на низкотемпературные свойства дизельного топлива // Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология. 2018. № 1.С. 86–89.

2 Гилязова В.Р., Орловская Н.Ф., Цыганкова Е.В. Эффективность действия депрессорно-диспергирующих присадок для низкозастывающих дизельных топлив // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2016. №. 3.

3 Иовлева Е.Л., Лебедев М.П. Определение концентрации депрессорной присадки в составе дизельного топлива, полученного из Талаканской нефти // Химическая технология. 2016. Т. 17. №. 6. С. 251–255.

4 Гурбанов Г.Р. и др. Исследование влияния депрессорной присадки Difron 4201 на формирование парафиноотложений в лабораторных условиях // Азербайджанское нефтяное хозяйство. 2020. №. 12. С. 30–35.

5 Нижник А.Е. и др. Снижение потери текучести высоковязких нефтей методом внесения депрессорных присадок // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2020. №. 11. С. 39–42.

6 Безюков О.К., Жуков В.А., Моххамед М.М. Современные присадки к дизельному топливу // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2016. №. 1 (61).

7 ГОСТ Р 54269–2010. Топлива. Метод определения предельной температуры фильтруемости на холодном фильтре.

8 Tu K. et al. Reduction-Induced Crystallization-Driven Self-Assembly of Main-Chain-Type Alternating Copolymers: Transformation from 1D Lines to 2D Platelets // ACS Macro Letters. 2021. V. 10. P. 564–569. doi: 10.1021/acsmacrolett.1c00109

9 Nifant'ev I. et al. DFT Modeling of the Alternating Radical Copolymerization and Alder-Ene Reaction between Maleic Anhydride and Olefins // Polymers. 2020. V. 12. №. 4. P. 744. doi: 10.3390/polym12040744

10 Pat. № 9688792, U.S. Use of a metallocene catalyst to produce a polyalpha-olefin / Welle A., Wassenaar J., Slawinski M. 2017.

11 Wang W. et al. Synthesis of high viscosity index base stock and study on the lubricating properties //Industrial Lubrication and Tribology. 2016. doi: 10.1108/ILT-02-2015-0020

12 Nifant'ev I.E. et al. Catalytic oligomerization of α-olefins in the presence of two-stage activated zirconocene catalyst based on 6, 6-dimethylfulvene 'dimer' // Mendeleev Communications. 2017. V. 1. №. 27. P. 35–37. doi: 10.1016/j.mencom.2017.01.010

13 Уразаева А.А. и др. Улучшение низкотемпературных свойств дизельного топлива // Современные наукоемкие технологии. 2017. №. 6. С. 93–98.

14 Зиннатуллина Г.М. и др. Улучшение низкотемпературных свойств дизельного топлива // Научные труды НИПИ Нефтегаз ГНКАР. 2018. №. 2. С. 77–81.

15 Камешков А.В., Федоров В.И., Семикин К.В. Влияние режима гидродепарафинизации на низкотемпературные свойства дизельной фракции // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. 2016. №. 4. С. 3–7.

16 Муродова Ю.М.К. и др. Исследование показателей и свойств дизельных топлив, влияющих на подачу и смесеобразование // Вопросы науки и образования. 2020. №. 23 (107).

17 Вафаев О.Ш., Таджиходжаев З.А., Джалилов А.Т. Влияние добавок на низкотемпературные свойства дизельного топлива // Universum: технические науки. 2019. №. 6 (63).

18 Сибиряков К.А., Тархов Л.Г. Исследование влияния депрессорно-диспергирующих присадок на низкотемпературные свойства дизельного топлива // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. 2018. №. 1.

19 Яковлев Н.С., Агаев С.Г. Улучшение низкотемпературных свойств дизельного топлива антипинского НПЗ // Арктика: современные подходы к производственной и экологической безопасности в нефтегазовом секторе. 2020. С. 243–245.

20 Слептерев А.А. Улучшение низкотемпературных характеристик летних дизельных топлив // Наукосфера. 2020. №. 10–1. С. 121–124.

References

1 Sibiryakov K.A., Tarkhov L.G. Investigation of the effect of depressant-dispersing additives on the low-temperature properties of diesel fuel. Bulletin of PNRPU. Chemical technology and biotechnology. 2018. no. 1. pp. 86–89. (in Russian).

2 Gilyazova V.R., Orlovskaya N.F., Tsygankova E.V. Effectiveness of depressant-dispersing additives for low-solidifying diesel fuels. Bulletin of the Tula State University. Technical science. 2016. no. 3. (in Russian).

3 Iovleva E.L., Lebedev M.P. Determination of the concentration of a depressant additive in the composition of diesel fuel obtained from Talakan oil. Khimicheskaya tekhnologiya. 2016. vol. 17. no. 6. pp. 251–255. (in Russian).

4 Gurbanov G.R. et al. Investigation of the effect of the Difron 4201 depressant additive on the formation of paraffin deposits in laboratory conditions. Azerbaijan Oil Industry. 2020. no. 12. pp. 30–35. (in Russian).

5 Nizhnik A.E. et al. Reducing the loss of fluidity of high-viscosity oils by introducing depressants. Construction of oil and gas wells on land and at sea. 2020. no. 11. pp. 39–42. (in Russian).

6 Bezyukov O.K., Zhukov V.A., Mohamed M.M. Modern additives to diesel fuel. Bulletin of the Astrakhan State Technical University. 2016. no. 1 (61). (in Russian).

7 State Standard R 54269–2010. Fuel. Method for determining the limiting filterability temperature on a cold filter. (in Russian).

8 Tu K. et al. Reduction-Induced Crystallization-Driven Self-Assembly of Main-Chain-Type Alternating Copolymers: Transformation from 1D Lines to 2D Platelets. ACS Macro Letters. 2021. vol. 10. pp. 564–569. doi: 10.1021/acsmacrolett.1c00109

9 Nifant'ev I. et al. DFT Modeling of the Alternating Radical Copolymerization and Alder-Ene Reaction between Maleic Anhydride and Olefins. Polymers. 2020. vol. 12. no. 4. pp. 744. doi: 10.3390/polym12040744

10 Welle A., Wassenaar J., Slawinski M. Use of a metallocene catalyst to produce a polyalpha-olefin. Patent U.S., no. 9688792, 2017.

11 Wang W. et al. Synthesis of high viscosity index base stock and study on the lubricating properties. Industrial Lubrication and Tribology. 2016. doi: 10.1108/ILT-02-2015-0020

12 Nifant'ev I.E. et al. Catalytic oligomerization of α-olefins in the presence of two-stage activated zirconocene catalyst based on 6, 6-dimethylfulvene 'dimer'. Mendeleev Communications. 2017. vol. 1. №. 27. pp. 35–37. doi: 10.1016/j.mencom.2017.01.010

13 Urazaeva A.A. et al. Improvement of low-temperature properties of diesel fuel. Modern science-intensive technologies. 2017. no. 6. pp. 93–98. (in Russian).

14 Zinnatullina G.M. et al. Improvement of low-temperature properties of diesel fuel. Scientific works of NIPI Neftegaz SOCAR. 2018. no. 2. pp. 77–81. (in Russian).

15 Kameshkov A.V., Fedorov V.I., Semikin K.V. Influence of the hydrodewaxing regime on the low-temperature properties of the diesel fraction. Oil refining and petrochemistry. Scientific and technical achievements and best practices. 2016. no. 4. pp. 3–7. (in Russian).

16 Murodova Yu.M.K. et al. Research of indicators and properties of diesel fuels affecting the supply and mixture formation. Problems of Science and Education. 2020. no. 23 (107). (in Russian).

17 Vafaev O.Sh., Tadzhikhodzhaev Z.A., Dzhalilov A.T. Influence of additives on low-temperature properties of diesel fuel. Universum: technical sciences. 2019. no. 6 (63). (in Russian).

18 Sibiryakov K.A., Tarkhov L.G. Investigation of the effect of depressant-dispersing additives on the low-temperature properties of diesel fuel. Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Chemical technology and biotechnology. 2018. no. 1. (in Russian).

19 Yakovlev N.S., Agaev S.G. Improvement of low temperature properties of diesel fuel at antipinsky refinery. Arctic: modern approaches to industrial and environmental safety in the oil and gas sector. 2020. pp. 243–245. (in Russian).

20 Slepterev A.A. Improvement of low temperature characteristics of summer diesel fuels. Naukosphere. 2020. no. 10–11. pp. 121–124. (in Russian).

Сведения об авторах

Елизавета Л. Иовлева к.т.н., доцент, кафедра машиноведения, автодорожный факультет, Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, ул. Белинского, 58, г. Якутск, 677000, Россия, elizaveta-iovleva@ya.ru

https://orcid.org/0000-0002-5429-4329

Information about authors

Elizaveta L. Iovleva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, mechanical engineer department, automotive engineering faculty, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosova, st. Belinsky, 58, Yakutsk, 677000, Russia, elizaveta-iovleva@ya.ru

https://orcid.org/0000-0002-5429-4329

Вклад авторов

Елизавета Л. Иовлева написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Contribution

Elizaveta L. Iovleva wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Поступила 29/03/2021	**После редакции** 07/05/2021	**Принята в печать** 28/05/2021
Received 29/03/2021	**Accepted in revised** 07/05/2021	**Accepted** 28/05/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-184-190 Оригинальная статья/Research article
УДК 547.534.1:66.011 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Реконструкция аппаратурного оформления производства изопропилбензола с целью выпуска этилбензола

Сергей В. Попов [1] svpopov2018@ya.ru
Никита Ю. Крымкин [1] krymkinnyu@mail.ru
Оксана В. Хабибрахманова [1] chemicaluniversity@mail.ru
Евгения Н. Папуловских [1] glazik.eva@mail.ru

1 Самарский государственный технический университет, филиал в г. Новокуйбышевске, ул. Миронова, 5, г. Новокуйбышевск, 446200, Россия

Аннотация. Рассматривается аппаратурное оформление узла ректификации производства изопропилбензола в присутствии катализатора $AlCl_3$, использование которого имеет ряд проблем, связанных с его коррозионной активностью, быстрой дезактивацией, сложностью регенерации и т.д. Одним из возможных решений перечисленных технологических Недостатков является использование гетерогенных цеолитсодержащих катализаторов. В этом случае при реконструкции действующего производства изопропилбензола в технологической схеме разделения алкилата высвобождаются три ректификационные колонны, которые целесообразно использовать для разделения алкилата производства этилбензола. Для исследования возможности использования высвобождающихся ректификационных колонн проведен вычислительный эксперимент с использованием моделирующей системы Honeywell UniSim Design, в которой сформировали модель узла разделения алкилата производства этилбензола. В качестве математического пакета для расчета термодинамических свойств компонентов смеси использовали метод NRTL. В результате моделирования работы узла разделения алкилата для каждой ректификационной колонны получены оптимальные режимные технологические параметры: давление верха и Низа колонны, флегмовое число, температурный профиль по высоте колонны. В рассчитанном материальном балансе технологической схемы показано, что в первой ректификационной колонне достигается полное выделение бензола из реакционной массы алкилирования, вторая колонна обеспечивает получение товарного этилбензола, а в третьей колонне получено достаточно четкое разделение диэтилбензола от оставшихся компонентов смеси. Проведенный вычислительный эксперимент показал, что для организации стабильной работы технологической схемы разделения алкилата производства этилбензола возможно использование всех рассмотренных ректификационных колонн без изменения их конструкционных параметров при нагрузке по реакционной массе алкилирования порядка 60 т/час.

Ключевые слова: изопропилбензол, этилбензол, реакционная масса алкилирования, ректификационная колонна, Honeywell UniSim Design

Reconstruction of the hardware design for isopropylbenzene production for the production of ethylbenzene

Sergey V. Popov [1] svpopov2018@ya.ru
Nikita Yu. Krymkin [1] krymkinnyu@mail.ru
Oksana V. Khabibrakhmanova [1] chemicaluniversity@mail.ru
Evgeniya N. Papulovskikh [1] glazik.eva@mail.ru

1 Samara State Technical University, Novokuibyshevsk branch, st. Mironova, 5, Novokuibyshevsk, 446200, Russia

Abstract. The hardware design of the rectification unit for the production of isopropylbenzene in the presence of the $AlCl_3$ catalyst is considered, the use of which has a number of problems associated with its corrosiveness, rapid deactivation, the complexity of regeneration, etc. One of the possible solutions to the listed technological disadvantages is the use of heterogeneous zeolite-containing catalysts. In this case, during the reconstruction of the existing production of isopropylbenzene in the technological scheme of separation of alkylate, three rectification columns are released, which are expediently used to separate the alkylate of ethylbenzene production. To study the possibility of using the discharging distillation columns, a computational experiment was carried out using the Honeywell UniSim Design modeling system, in which a model of the alkylate separation unit for ethylbenzene production was formed. The NRTL method was used as a mathematical package for calculating the thermodynamic properties of the mixture components. As a result of modeling the operation of the alkylate separation unit for each distillation column, the optimal operating process parameters were obtained: pressure of the top and bottom of the column, reflux ratio, temperature profile along the height of the column. The calculated material balance of the technological scheme shows that in the first distillation column, complete separation of benzene from the alkylation reaction mass is achieved, the second column ensures the production of commercial ethylbenzene, and in the third column, a fairly clear separation of diethylbenzene from the remaining components of the mixture is obtained. The performed computational experiment showed that for the organization of the stable operation of the technological scheme for the separation of alkylate in the production of ethylbenzene, it is possible to use all the considered distillation columns without changing their design parameters at a load on the reaction mass of alkylation of about 60 t / h.

Keywords: isopropylbenzene, ethylbenzene, alkylation reaction mass, distillation column, Honeywell UniSim Design

Для цитирования
Попов С.В., Крымкин Н.Ю., Хабибрахманова О.В., Папуловских Е. Н. Реконструкция аппаратурного оформления производства изопропилбензола с целью выпуска этилбензола // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83 . № 2. С. 184–190. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-184-190

For citation
Popov S.V., Krymkin N.Yu., Khabibrakhmanova O.V., Papulovskikh E.N. Reconstruction of the hardware design for isopropylbenzene production for the production of ethylbenzene . *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83 . no. 2. pp. 184–190. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-184-190

© 2021, Попов С.В. и др. / Popov S.V. at al

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Алкилбензолы имеют разностороннее применение в технологии основного органического и Нефтехимического синтеза, в частности из этилбензола синтезируют стирол, а основное количество производимого изопропилбензола идет на получение фенола и ацетона кумольным методом [1]. В промышленных условиях на ряде производств их получают алкилированием бензола олефинами (этиленом и пропиленом соответственно) в присутствии катализатора $AlCl_3$, использование которого имеет ряд проблем, связанных с его коррозионной активностью, быстрой дезактивацией, сложностью регенерации и т. д.

Одним из возможных решений перечисленных технологических Недостатков является использование гетерогенных цеолитсодержащих катализаторов [2]. При этом, при реконструкции действующего производства возможно высвобождение аппаратов технологической схемы процесса и появляется целесообразность их оптимального использования в других технологических схемах для получения иных товарных Нефтехимических продуктов.

Цель работы – анализ принципиальной возможности использования высвободившихся ректификационных аппаратов узла разделения алкилата производства изопропилбензола для разделения компонентов алкилата производства этилбензола и получения товарного этилбензола (при переходе на производстве изопропилбензола с катализатора $AlCl_3$ На гетерогенный цеолитсодержащий катализатор).

Материалы и методы

На рисунке 1 показана «типовая» технологическая схема узла разделения алкилата в производстве изопропилбензола с применением в качестве катализатора $AlCl_3$. На действующем производстве в результате перехода на использование при алкилировании бензола пропиленом цеолитсодержащих катализаторов будут задействованы колонны К12/1, К22/1, К32, следовательно колонны К42, К52 и К22/2 высвобождаются из технологической схемы (на рисунке 1 выделены цветом). Ниже рассматривается возможность их включения в технологическую схему производства этилбензола.

Дальнейшие исследования проводили с использованием моделирующей системы

Honeywell UniSim Design [3–5], в которой сформировали модель узла разделения реакционной массы алкилирования (РМА) производства этилбензола (рисунок 2). В качестве математического пакета для расчета термодинамических свойств компонентов смеси использовали метод NRTL [6–10].

В состав компонентов РМА входили бензол C_6 H_6, этилбензол C_6H_5-C_2H_5, диэтилбензол C_6H_4-$(C_2H_5)_2$, триэтилбензол C_6H_3-$(C_2H_5)_3$, тетраэтилбензол C_6H_2-$(C_2H_5)_4$, изопропилбензол C_6H_5-C_3H_7, дифенилэтан $(C_6H_5)_2$-$CHCH_3$, дифенилкарбинол $(C_6H_5)_2$-CHOH, смолы ПАБ, толуол, $AlCl_3$ и $Al(OH)_3$.

Система ректификационного разделения компонентов РМА (рисунок 2) рассматривается как «типовая» схема, где выделение компонентов смеси проводится последовательно с учетом их температур кипения. РМА из резервуара Насосом подается в колонну К-42–2 (поток **РМАнаК42–2**), предназначенную для отгонки Непрореагировавшего бензола. С верхней части колонны поток возвратного бензола (поток **возврБ-2**) рециркулирует на узел алкилирования бензола, кубовый продукт (поток Н**аК-22/2–2**) транспортируется на питание колонны К-22/2–2, где выделяется фракция товарного этилбензола (поток **ЭБ-2**). Кубовый продукт колонны К-22/2–2 Насосом Р-100–2 подается в колонну К-52–2, с Низа которой отбираются три-этилбензол и другие продукты (поток **триЭБ + ост 2**), а с верха колонны отбирается поток диэтилбензола (поток **диЭБ-2**).

Результаты и обсуждение

Использование высвобождающегося ректификационного оборудования в технологической схеме производства этилбензола имеет ряд особенностей. В частности, в сравнении с производством изопропилбензола существенно изменяется компонентный состав реакционной массы алкилирования, соответственно изменяется Назначение выделяемых фракций и способы их разделения, вместе с тем желательно максимально сохранить конструкционные параметры колонн и используемые контактные устройства. Если бы проводили проектный расчет технологической схемы без наличия ограничений На геометрию колонн, то было бы Необходимо определить оптимальные значения режимных параметров аппаратов (температуру *T*, давление *P*, флегмовое число *R*), обеспечивающих получение товарного этилбензола по ГОСТ, и геометрические размеры колонн для достижения заданной мощности производства. При использовании уже существующего оборудования для оценки мощности производства этилбензола необходимо учитывать расчетную гидродинамику аппарата при уже заданных геометрических размерах ректификационных колонн [11, 12].

Для моделирования работы всех колонн, показанных на рисунке 2, использовали их существующие конструкционные параметры.

В высвобождаемой колонне К-42–2 используются однопоточные клапанные тарелки FLEXITRAY с клапанами типа Т, число тарелок 68, расстояние между тарелками 350 мм, диаметр колонны D = 3000 мм, высота Н = 34550 мм. В результате моделирования работы данной колонны получили следующие режимные технологические параметры: давление верха и Низа колонны $P_{верх}$ = 54 кПа и $P_{низ}$ = 55.73 кПа, флегмовое число R = 0.68; температура РМА $T_{пит}$ = 125° С.

Изменение температуры по высоте колонны показано на рисунке 3(а). Расчеты показали, что максимальная Нагрузка колонны по питанию может составляет $G_{пит} \approx 60$ т/час. Составы технологических потоков для всей схемы (рисунок 2) приведены в таблице 1. Видно, что в колонне К-42–2 достигается полное выделение непрореагировавшего бензола (столбец 3 таблица 1). Анализ потоков фаз в исчерпывающей и укрепляющей частях колонны (рисунок 3(b)) показывает на возможность использования аппарата одного диаметра.

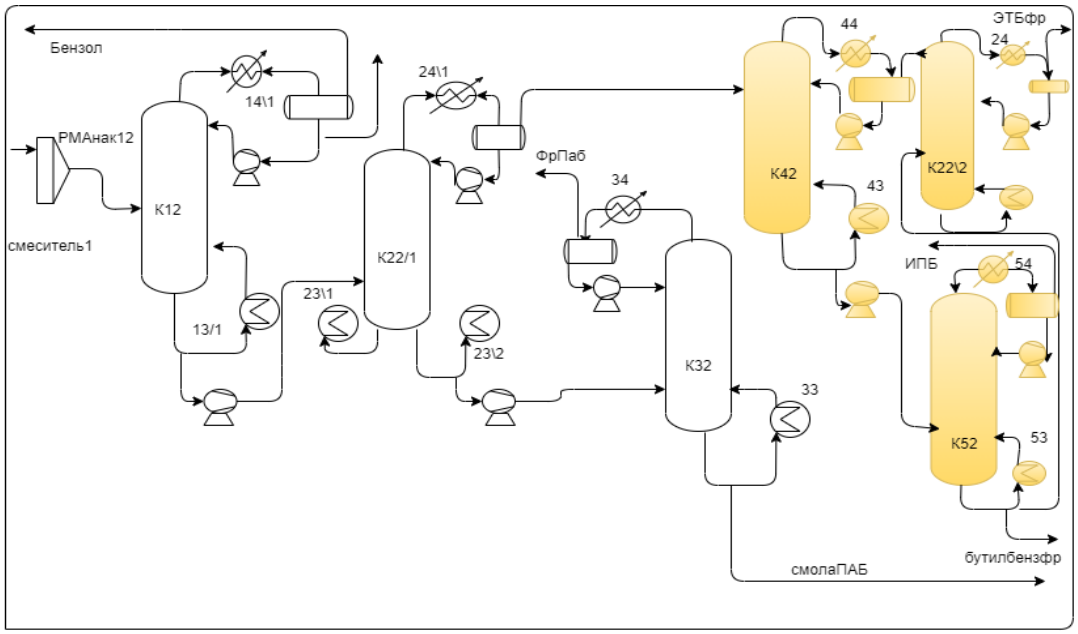


Рисунок 1. Технологическая схема узла ректификации производства изопропилбензола в присутствии хлоралюминиевого катализатора

Figure 1. Flow diagram of the rectification unit for the production of isopropylbenzene in the presence of an aluminum chloro catalyst

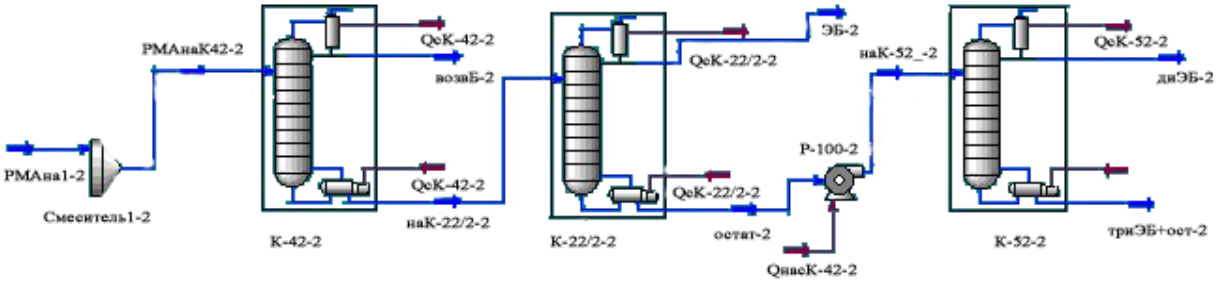
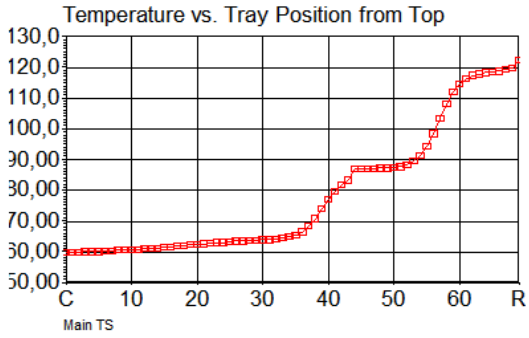


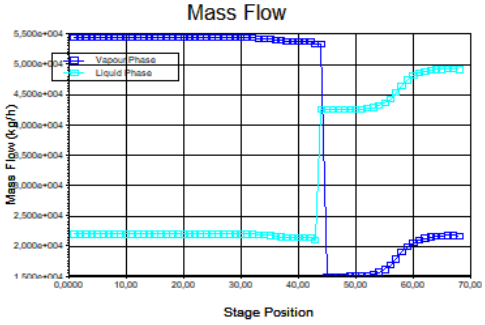
Рисунок 2. Технологическая схема узла ректификации производства этилбензола

Figure 2. Process flow diagram of the ethylbenzene production rectification unit

Колонна К-22/2–2 предназначена для выделения фракции товарного этилбензола. В Ней используются 60 колпачковых тарелок, расстояние между тарелками 400 мм, диаметр колонны D = 3000 мм, высота Н = 35300 мм. Результаты моделирования работы колонны: давление верха и низа колонны $P_{верх}$ = 16 кПа и $P_{низ}$ = 28 кПа; температура Низа $T_{низ}$ = 140.4° С; флегмовое число R = 0.5. При данных технологических режимах достигается достаточно четкое выделение этилбензола (столбец 4 таблица 1), содержание которого составляет 99.25% мас. Для рассматриваемой ректификационной колонны К-22/2–2 с учетом существующих конструкционных параметров для обеспечения её устойчивой работы также целесообразна нагрузка по РМА 60 т/час [13, 14].



(a)



(b)

Рисунок 3. Результаты моделирования ректификационной колонны К-42–2: (a) – изменение температуры по высоте колонны; (b) – потоки фаз в исчерпывающей и укрепляющей частях колонны (распечатка в среде UniSim Design)

Figure 3. Results of modeling the distillation column K-42–2: (a) – temperature change along the column height; (b) – phase flows in the exhaustive and reinforcing parts of the column (printout in the UniSim Design environment)

Таблица 1.

Составы потоков технологической схемы (% мас.)

Table 1.

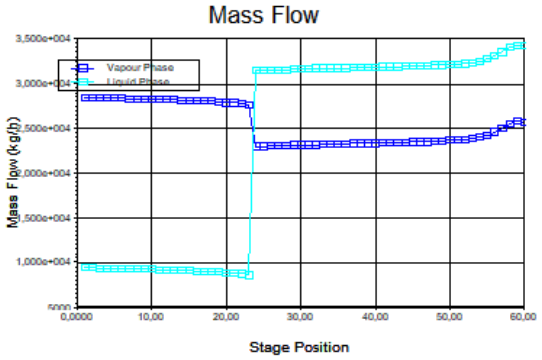
Compositions of flows of the technological scheme (% wt.)

Компонент смеси Blend component	Поток Flow **РМАнаК42–2**	Поток Flow **возврБ-2**	Поток Flow **ЭБ-2**	Поток Flow **диЭБ-2**	Поток Flow **триЭБ+**
Бензол Benzene	63.34	99.83			
Этилбензол E-Benzene	27.18		99.25	0.37	
Диэтидбензол mDiEBenzene	6.76			92.36	
Триэтилбензол 135-E-BZ	1.29			1.98	61.30
Тетраэтилбензол 1234-E-BZ	0.17				9.33
Изопропилбензол Cumene	0.15			1.98	
Дифенилэтан DiPhenylC2	0.51				27.30
Дифенилкарбинол BZ-Phenone	0.04				2.07
Толуол Toluene	0.32	0.17	0.75		
$AlCl_3$	0.24			3.31	
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

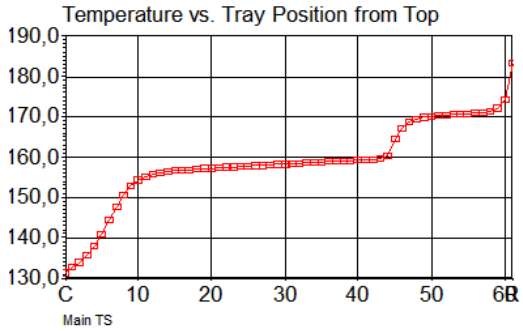
На рисунке 4 показаны потоки фаз для колонны К-22/2–2. Их сравнение с аналогичными потоками колонны К-42–2 показывает, что в укрепляющей части колонн Наблюдаются близкие тенденции движения фаз, в то время как в исчерпывающей части соотношение фаз по высоте аппарата заметно различаются, что связано с организацией в колоннах различающихся орошений. Вместе с тем, для колонны К-22/2–2 также имеется возможность использования аппарата одного диаметра [15–20].

В колонне К-52–2 (рисунок 2) осуществляется разделение фракции диэтилбензола от фракции триэтилбензола, составы потоков приведены в таблице 1 (столбцы 5 и 6 соответственно). Используются 60 однопоточных клапанных тарелок FLEXITRAY с клапанами типа Т, диаметр колонны D = 3000 мм, высота H = 35300 мм. В результате проведения вычислительного эксперимента получили следующие технологические параметры: давление верха и низа колонны $P_{верх}$ = 25 кПа и $P_{низ}$ = 30 кПа, флегмовое число R = 3.135; температурный профиль по высоте колонны показан на рисунке 5.

Расчеты показывают, что геометрические размеры колонны К-52–2 дают возможность её работы в технологической схеме с нагрузкой по РМА 60 т/час.



(a)



(b)

Рисунок 4. (a) – Потоки фаз в исчерпывающей и укрепляющей частях колонны К-22/2–2 (распечатка в среде UniSim Design); (b) – Изменение температуры по высоте колонны К-52–2 (распечатка в среде UniSim Design)

Figure 4. Phase flows in the exhaustive and reinforcing parts of the K-22 / 2–2 column (printout in the UniSim Design environment); (b) – Temperature change along the height of the K-52–2 column (printout in the UniSim Design environment)

Заключение

Проведенный вычислительный эксперимент по оценке возможности использования высвобождаемого оборудования узла ректификации РМА производства изопропилбензола для разделения РМА производства этилбензола показывает, что для организации стабильной работы технологической схемы разделения РМА производства этилбензола возможно использование всех рассмотренных ректификационных колонн без изменения их конструкционных параметров при Нагрузке по РМА порядка 60 т/час.

Литература

1 Yang W., Wang Z., Sun H., Zhang B. Advances in development and industrial applications of ethylbenzene processes // Chinese Journal of Catalysis. 2016. V. 37. №. 1. P. 16-26. doi: 10.1016/S1872-2067(15)60965-2

2 Husson B., Ferrari M., Herbinet O., Ahmed S.S. et al. New experimental evidence and modeling study of the ethylbenzene oxidation // Proceedings of the Combustion Institute. 2013. V. 34. №. 1. P. 325-333. doi: 10.1016/j.proci.2012.06.002Get

3 Guo F., Yang P., Pan Z., Cao X.N. et al. Carbon- Doped BN Nanosheets for the Oxidative Dehydrogenation of Ethylbenzene // Angewandte Chemie. 2017. V. 129. №. 28. P. 8343-8347. doi: 10.1002/ange.201703789

4 Genuino H.C., Dharmarathna S., Njagi E.C., Mei M.C. et al. Gas-phase total oxidation of benzene, toluene, ethylbenzene, and xylenes using shape-selective manganese oxide and copper manganese oxide catalysts // The Journal of Physical Chemistry C. 2012. V. 116. №. 22. P. 12066-12078. doi: 10.1021/jp301342f

5 Diao J., Liu H., Feng Z., Zhang Y. et al. Highly dispersed nanodiamonds supported on few-layer graphene as robust metal-free catalysts for ethylbenzene dehydrogenation reaction // Catalysis Science & Technology. 2015. V. 5. №. 11. P. 4950-4953. doi: 10.1039/C5CY01213A

6 Паппел К.Х. Моделирование работы промышленной установки получения этилбензола. 2016.

7 Терехин Р.М., Ривин Э.М. Использование топливных элементов в процессе дегидрирования этилбензола // Промышленное производство и использование эластомеров. 2019. №. 4.

8 Романова Н.А., Дымова А.А., Шванкин А.М. Модернизация узла выделения этилбензола на основе высокоэффективных импортозамещающих регулярных насадок // Евразийское Научное Объединение. 2015. Т. 1. №. 4. С. 50-51.

9 Мирхайдарова К.А., Заруцкий С.А., Просочкина Т.Р. Процесс алкилирования на цеолитах // Редакционная коллегия. 2017. С. 85.

10 Кузичкин Н.В., Сладковский Д.А., Сладковская Е.В., Семикин К.В. Определение оптимальной структуры реакционно-ректификационной системы процесса алкилирования изобутана бутенами // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2018. №. 46. С. 22-27.

11 Рамазанов К.Р. Моделирование каталитического алкилатора получения прекурсора для синтеза различных полимеров // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2013. Т. 2. №. 1 (70).

12 Карпачев С.О., Гариева Ф.Р. Техническое перевооружение узла алкилирования бензола пропиленом // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. №. 2.

13 Гараев А.Р., Мусин Р.Р. Бифункциональный катализатор процесса алкилирования бензола пропиленом // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19. №. 13.

14 Эрштейн А.С., Шавалеева Н.Н., Павлов М.Л., Басимова Р.А. Алкилирование бензола этан-этиленовой фракцией на новом цеолитсодержащем катализаторе // Нефтегазовое дело. 2013. Т. 11. №. 4. С. 165-170.

15 Берберов А.Б., Афонин Д.С., Борзаев Х.Х., Иванов Е.В. и др. Алкилирование бензола этиленом // Башкирский химический журнал. 2014. Т. 21. №. 1.

16 Gerzeliev I.M., Zhmylev V.P., Khusaimova D.O., Shkuropatov A.V. et al. Effect of Binder on the Properties of MWW Zeolite Catalysts in Benzene Alkylation with Propylene // Petroleum Chemistry. 2019. V. 59. №. 7. P. 695-700. doi: 10.1134/S0965544119070041

17 Bok T.O., Andriako E.P., Knyazeva E.E., Konnov S.V. et al. Influence of the Binder Type on the Properties of Nanocrystalline Zeolite Beta-Based Catalysts for Benzene Alkylation with Propylene // Petroleum Chemistry. 2018. V. 58. №. 10. P. 833-840. doi: 10.1134/S0965544118100195

18 Moliner M., Martínez C., Corma A. Multipore zeolites: synthesis and catalytic applications // Angewandte Chemie International Edition. 2015. V. 54. №. 12. P. 3560-3579. doi: 10.1002/anie.201406344

19 Saenluang K., Imyen T., Wannapakdee W., Suttipat D. et al. Hierarchical Nanospherical ZSM-5 Nanosheets with Uniform Al Distribution for Alkylation of Benzene with Ethanol // ACS Applied Nano Materials. 2020. V. 3. №. 4. P. 3252-3263. doi: 10.1021/acsanm.9b02568

20 Shi J., Wang Y., Yang W., Tang Y. et al. Recent advances of pore system construction in zeolite-catalyzed chemical industry processes // Chemical Society Reviews. 2015. V. 44. №. 24. P. 8877-8903. doi: 10.1039/C5CS00626K

References

1 Yang W., Wang Z., Sun H., Zhang B. Advances in development and industrial applications of ethylbenzene processes. Chinese Journal of Catalysis. 2016. vol. 37. no. 1. pp. 16-26. doi: 10.1016/S1872-2067(15)60965-2

2 Husson B., Ferrari M., Herbinet O., Ahmed S.S. et al. New experimental evidence and modeling study of the ethylbenzene oxidation. Proceedings of the Combustion Institute. 2013. vol. 34. no. 1. pp. 325-333. doi: 10.1016/j.proci.2012.06.002Get

3 Guo F., Yang P., Pan Z., Cao X.N. et al. Carbon- Doped BN Nanosheets for the Oxidative Dehydrogenation of Ethylbenzene. Angewandte Chemie. 2017. vol. 129. no. 28. pp. 8343-8347. doi: 10.1002/ange.201703789

4 Genuino H.C., Dharmarathna S., Njagi E.C., Mei M.C. et al. Gas-phase total oxidation of benzene, toluene, ethylbenzene, and xylenes using shape-selective manganese oxide and copper manganese oxide catalysts. The Journal of Physical Chemistry C. 2012. vol. 116. no. 22. pp. 12066-12078. doi: 10.1021/jp301342f

5 Diao J., Liu H., Feng Z., Zhang Y. et al. Highly dispersed nanodiamonds supported on few-layer graphene as robust metal-free catalysts for ethylbenzene dehydrogenation reaction. Catalysis Science & Technology. 2015. vol. 5. no. 11. pp. 4950-4953. doi: 10.1039/C5CY01213A

6 Pappel K.H. Modeling the operation of an industrial plant for the production of ethylbenzene. 2016. (in Russian).

7 Terekhin R.M., Rivin E.M. The use of fuel cells in the dehydrogenation of ethylbenzene. Industrial production and the use of elastomers. 2019. no. 4. (in Russian).

8 Romanova N.A., Dymova A.A., Shvankin A.M. Modernization of the ethylbenzene separation unit based on highly efficient import-substituting regular packings. Eurasian Scientific Association. 2015. vol. 1. no. 4. pp. 50-51. (in Russian).

9 Mirkhaidarova K.A., Zarutsky S.A., Prosochkina T.R. The process of alkylation on zeolites. Editorial board. 2017. pp. 85. (in Russian).

10 Kuzichkin N.V., Sladkovsky D.A., Sladkovskaya E.V., Semikin K.V. Determination of the optimal structure of the reaction-rectification system of the process of alkylation of isobutane with butenes. Bulletin of the St. Petersburg State Technological Institute (Technical University). 2018. no. 46. pp. 22-27. (in Russian).

11 Ramazanov K.R. Simulation of a catalytic alkylator for obtaining a precursor for the synthesis of various polymers. Bulletin of the Saratov State Technical University. 2013. vol. 2. no. 1 (70). (in Russian).

12 Karpachev S.O., Garieva F.R. Technical re-equipment of the benzene alkylation unit with propylene. Bulletin of Kazan Technological University. 2015. vol. 18. no. 2. (in Russian).

13 Garaev A.R., Musin R.R. Bifunctional catalyst for the alkylation of benzene with propylene. Bulletin of Kazan Technological University. 2016. vol. 19. no. 13. (in Russian).

14 Ershtein A.S., Shavaleeva N.N., Pavlov M.L., Basimova R.A. Alkylation of benzene with ethane-ethylene fraction on a new zeolite-containing catalyst. Oil and Gas Business. 2013. vol. 11. no. 4. pp. 165-170. (in Russian).

15 Berberov A.B., Afonin D.S., Borzaev Kh.Kh., Ivanov E.V. et al. Alkylation of benzene with ethylene. Bashkir Chemical Journal. 2014. vol. 21. no. 1. (in Russian).

16 Gerzeliev I.M., Zhmylev V.P., Khusaimova D.O., Shkuropatov A.V. et al. Effect of Binder on the Properties of MWW Zeolite Catalysts in Benzene Alkylation with Propylene. Petroleum Chemistry. 2019. vol. 59. no. 7. pp. 695-700. doi: 10.1134/S0965544119070041

17 Bok T.O., Andriako E.P., Knyazeva E.E., Konnov S.V. et al. Influence of the Binder Type on the Properties of Nanocrystalline Zeolite Beta-Based Catalysts for Benzene Alkylation with Propylene. Petroleum Chemistry. 2018. vol. 58. no. 10. pp. 833-840. doi: 10.1134/S0965544118100195

18 Moliner M., Martínez C., Corma A. Multipore zeolites: synthesis and catalytic applications. Angewandte Chemie International Edition. 2015. vol. 54. no. 12. pp. 3560-3579. doi: 10.1002/anie.201406344

19 Saenluang K., Imyen T., Wannapakdee W., Suttipat D. et al. Hierarchical Nanospherical ZSM-5 Nanosheets with Uniform Al Distribution for Alkylation of Benzene with Ethanol. ACS Applied Nano Materials. 2020. vol. 3. no. 4. pp. 3252-3263. doi: 10.1021/acsanm.9b02568

20 Shi J., Wang Y., Yang W., Tang Y. et al. Recent advances of pore system construction in zeolite-catalyzed chemical industry processes. Chemical Society Reviews. 2015. vol. 44. no. 24. pp. 8877-8903. doi: 10.1039/C5CS00626K

Сведения об авторах

Сергей В. Попов к.т.н., доцент, кафедра химии и химической технологии, Самарский государственный технический университет, филиал в г. Новокуйбышевске, ул. Миронова, 5, г. Новокуйбышевск, 446200, Россия, svpopov2018@ya.ru

Никита Ю. Крымкин к.х.н., доцент, кафедра химии и химической технологии, Самарский государственный технический университет, филиал в г. Новокуйбышевске, ул. Миронова, 5, г. Новокуйбышевск, 446200, Россия, krymkinnyu@mail.ru

Оксана В. Хабибрахманова к.х.н., доцент, кафедра химии и химической технологии, Самарский государственный технический университет, филиал в г. Новокуйбышевске, ул. Миронова, 5, г. Новокуйбышевск, 446200, Россия, chemicaluniversity@mail.ru

Евгения Н. Папуловских магистрант, кафедра химии и химической технологии, Самарский государственный технический университет, филиал в г. Новокуйбышевске, ул. Миронова, 5, г. Новокуйбышевск, 446200, Россия, glazik.eva@mail.ru

Information about authors

Sergey V. Popov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, chemistry and chemical technology department, Samara State Technical University, Novokuibyshevsk branch, st. Mironova, 5, Novokuibyshevsk, 446200, Russia, svpopov2018@ya.ru

Nikita Yu. Krymkin Cand. Sci. (Chem.), associate professor, chemistry and chemical technology department, Samara State Technical University, Novokuibyshevsk branch, st. Mironova, 5, Novokuibyshevsk, 446200, Russia, krymkinnyu@mail.ru

Oksana V. Khabibrakhmanova Cand. Sci. (Chem.), associate professor, chemistry and chemical technology department, Samara State Technical University, Novokuibyshevsk branch, st. Mironova, 5, Novokuibyshevsk, 446200, Russia, chemicaluniversity@mail.ru

Evgeniya N. Papulovskikh master student, chemistry and chemical technology department, Samara State Technical University, Novokuibyshevsk branch, st. Mironova, 5, Novokuibyshevsk, 446200, Russia,, glazik.eva@mail.ru

Вклад авторов

Сергей В. Попов разработал модели и провел вычислительный эксперимент

Никита Ю. Крымкин консультация в ходе исследования

Оксана В. Хабибрахманова консультация в ходе исследования

Евгения Н. Папуловских обзор литературных источников по исследуемой проблеме

Contribution

Sergey V. Popov developed models and conducted a computational experiment

Nikita Yu. Krymkin consultation during the study

Oksana V. Khabibrakhmanova consultation during the study

Evgeniya N. Papulovskikh review of the literature on an investigated problem

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 05/04/2021	**После редакции** 10/05/2021	**Принята в печать** 31/05/2021
Received 05/04/2021	**Accepted in revised** 10/05/2021	**Accepted** 31/05/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-191-196 Оригинальная статья/Research article
УДК 691.175:678(075.8) Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Противоспаечные мембраны на основе сшитой карбоксиметилцеллюлозы

Валерий А. Жуковский [1] rdd.lintex@gmail.com 0000-0001-7092-9155
Вячеслав Е. Немилов [1] vyachnem@mail.ru 0000-0002-4500-1862
Татьяна С. Филипенко [1] tanek-f@rambler.ru 0000-0001-7878-6371
Татьяна Ю. Анущенко [1] atu0106@ya.ru 0000-0002-9266-0756

1 Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, ул. Большая Морская, д. 18, Санкт-Петербург, 191186, Россия

Аннотация. В последние годы разрабатываются и активно внедряются в хирургическую практику новые противоспаечные средства, в том числе на основе карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ), обладающие «барьерным» эффектом. «Барьер» должен полностью рассасываться по истечении срока, необходимого для восстановления морфофункциональной целостности поврежденной брюшины, быть экономически доступным и простым в применении (включая лапароскопические технологии). Но время пребывания КМЦ в организме недостаточно для профилактики образования спаек, в частности в присутствии нерассасывающихся ригидных имплантатов. Наличие в карбоксиметилцеллюлозе реакционноспособных функциональных групп позволяет преобразовывать макромолекулы КМЦ в пространственную структуру. Для этого требуется использование бифункциональных (бикарбоновых или аминокарбоновых) кислот, а также перевод части карбоксильных групп из Na-формы в труднорастворимую Н-форму, т. е. необходимо осуществить сшивку макромолекул КМЦ. С этой целью в качестве сшивающих агентов были использованы адипиновая и глутаровая, аминоуксусная и аминокапроновая кислоты. Изучено влияние параметров модификации на степень набухания полимеров в воде. Таким образом, для получения мембран, предназначенных для лечения спаечной болезни, рекомендовано применять добавки в КМЦ бифункциональных соединений.

Ключевые слова: антиадгезивный барьер, карбоксиметилцеллюлоза, адипиновая, аминокапроновая, глутаровая, аминоуксусная кислота

Anti-adhesive membranes based on crosslinked carboxymethyl cellulose

Valeriy A. Zhukovskiy [1] rdd.lintex@gmail.com 0000-0001-7092-9155
Vyacheslav E. Nemilov [1] vyachnem@mail.ru 0000-0002-4500-1862
Tatyana S. Filipenko [1] tanek-f@rambler.ru 0000-0001-7878-6371
Tatyana Yu. Anuschenko [1] atu0106@ya.ru 0000-0002-9266-0756

1 Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Bolshaya Morskaya Street, 18, Saint-Petersburg, 191186, Russia

Abstract. In recent times, new anti-adhesion devices including devices based on carboxymethyl cellulose (CMC), which have “barrier” effect are being developed and actively introduced into surgical practice. The “barrier” should be completely resorbed after the time required to healing the morphofunctional integrity of the injured peritoneum, be economically available and easy to use (including laparoscopic technologies). But the time when the CMC is in the body is insufficient to prevent the formation of adhesions, particularly in the presence of non-absorbable rigid implants. The reactive functional groups in CMC allow to transform the CMC-macromolecule into a spatial structure. For this are required the using of bifunctional (bicarboxylic or aminocarboxylic) acids and the transform of a part of the carboxyl groups from the Na-form to the hardly soluble H-form, i.e., it is necessary to crosslink CMC-macromolecules. Adipic acid and glutaric acid, aminoacetic acid and amino capronic acid used are linking agents. The influence of modification parameters on the degree of polymers swelling in water is studied. As a result, to obtain membranes designed for the treatment of adhesive disease, it is recommended to use additives in CMC of bifunctional compounds.

Keywords: anti-adhesion barrier, carboxymethyl cellulose, adipic, aminocaproic, glutaric, aminoacetic acids

Введение

По данным экспертов Международного общества изучения спаек (International Adhesion Society, Dallas, TX, USA), адгезивный процесс является наиболее частым осложнением хирургических операций на органах брюшной полости [1-3] и малого таза [4-7]. Количество рецидивов в раннем и позднем послеоперационном периоде после вмешательств по поводу спаечной болезни достигает 32–71% [8], при этом лапароскопическая хирургия, в сравнении с открытыми операциями, практически не снижает частоту и распространенность спаечного процесса [9].

Для цитирования
Жуковский В.А., Немилов В.Е., Филипенко Т.С., Анущенко Т.Ю. Противоспаечные мембраны на основе сшитой карбоксиметилцеллюлозы // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 191–196. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-191-196

For citation
Zhukovskiy V.A., Nemilov V.E., Filipenko T.S., Anuschenko T.Yu. Anti-adhesive membranes based on crosslinked carboxymethyl cellulose. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 191–196. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-191-196

© 2021, Жуковский В.А. и др. / Zhukovskiy V.A et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Формирование спаек происходит между поверхностями с травмированным покровом внутренних органов [10, 11]. Очевидно, что разделение травмированных поверхностей так называемыми «барьерами» в течение 5–8 суток, необходимых для восстановления брюшинного покрова, должно теоретически помочь нормальному заживлению, независимо от изменяющихся биохимических процессов [12, 13]. По этой причине, «барьеры» могут быть прямым и простым средством для сокращения или предотвращения образования спаек [14]. Хотя концепция «барьера» проста, он должен соответствовать ряду требований, чтобы найти широкое применение в клинической практике. «Барьер» должен быть биосовместимым, эффективным в присутствии крови и экссудата, должен быть безопасен, инертен, т.е. не быть очагом воспаления, инфекции, фиброза, не должен инкапсулироваться, стимулировать прорастание сосудов. «Барьер» должен полностью рассасываться, быть удобным и легким в применении (в том числе при лапароскопии), по возможности не нуждаться в креплении с помощью шва [15, 16].

Цель работы – определение параметров модификации противоспаечных мембран на основе карбоксиметилцеллюлозы для снижения степени их набухания в водной среде и увеличения продолжительности «барьерных» функций, предотвращающих спайкообразование при операциях на органах брюшной полости.

Материалы и методы

Показаниями к использованию биосовместимых материалов для лечения грыж брюшной стенки являются замена потерянной мышечной и (или) фасциальной ткани, когда первичное их состояние не может быть восстановлено обычными методами [17]. Эти материалы также могут быть использованы для упрочнения грыжевых дефектов, связанных со слабостью собственных тканей, следствием чего является выпячивание внутренностей и, обусловленные этим, нарушения функций органов и тканей.

Развитие химии высокомолекулярных соединений дало новые виды герниопластических материалов – синтетические полимеры, многие из которых стали широко применяться в различных отраслях восстановительной хирургии, в том числе при лечении грыж [18].

Использование полимерных материалов с этой целью обусловлено рядом важных преимуществ, которые им характерны: малый удельный вес; возможность изготовления любых текстильных структур (пористых, монолитных, сетчатых и т.д.), обладающих различной упругостью, гибкостью, прочностью; достаточная химическая и биологическая инертность и др.

Карбоксиметилцеллюлоза хорошо растворяется в воде, образуя гель. Она нетоксична, не канцерогенна, не оказывает эмбриотоксического эффекта, рассасывается в организме в заданные сроки. Однако время ее пребывания, особенно в присутствии нерассасывающихся имплантатов, недостаточно для профилактики образования спаек [19, 20].

Для изготовления мембран, представляющих собой гелевые пленки, в настоящем исследовании использовали: КМЦ–натриевую соль карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ) со степенью замещения 0,60–0,98 и содержанием основного вещества не менее 99,0% (марка «Cekol-2000» производства компании «CP-Kelko», Финляндия); глутаровую кислоту, 99,0% (код CAS 110–94–1), адипиновую кислоту, 99,0% (ГОСТ 10558–80), ε-аминокапроновую кислоту, 99,0% (код CAS 60–32–2), аминоуксусную кислоту, 98,5% (ГОСТ 5860–75).

В качестве критерия модификации пленок исследовали степень их набухания (α), определяемую отношением массы поглощенной полимером жидкости к массе исходного полимера:

$$\alpha_m = \frac{m - m_0}{m_0} \cdot 100\%,$$

где m – масса набухшего образца, г; m_0 – масса исходного образца, г.

Наличие в КМЦ реакционноспособных групп – карбоксильных и гидроксильных – позволяет преобразовать линейную молекулу КМЦ в сетчатую макромолекулярную структуру. Для этого требуется использование бифункциональных соединений, а также перевод части карбоксильных групп из Na-формы в реакционноспособную Н-форму.

Перевод части групп КМЦ в реакционноспособные карбоксильные осуществляли введением 50% от массы полимера 5%-ого раствора хлористоводородной кислоты.

Сшивающие агенты вводили в модифицирующую ванну в количестве 15% от массы полимера.

Получение раствора осуществляли при комнатной температуре и тщательном перемешивании в течение 12 часов.

Пленки образовывались в результате испарения растворителя (воды), которое осуществляли путем выдерживания чашек Петри с растворами полимера при температурах 20, 30, 50 и 70 °С на воздухе до получения пленок. Полученные пленки термообрабатывали при 120 °С в течение 2 часов в термошкафу и определяли степень их набухания путем выдерживания в воде в течение суток (модуль ванны 500) при комнатной температуре.

Результаты и обсуждение

Показано, что содержание карбоксильных групп в Н-форме, температура и продолжительность термообработки пленок оказывают влияние на степень их набухания. Регулируя эти параметры можно получить пленки с минимальными значениями степени набухания.

В таблице 1 приведены показатели степени набухания пленок, полученных при испарении растворителя при разных температурах.

Таблица 1.

Влияние температуры испарения растворителя из растворов КМЦ на степень набухания образцов

Table 1.

The influence of the evaporation temperature of the solvent from CMC solutions on the degree of swelling of the samples

Температура испарения растворителя, °С Solvent evaporation temperature, °С	Степень набухания КМЦ пленок (α), содержащих кислоты Degree of swelling of CMC films (α) containing acids			
	глутаровую glutaric	адипиновую adipic	аминоуксусную aminoacetic	ε-аминокапроновую ε-aminocaproic
20	0,29	0,44	0,39	0,27
30	0,33	0,46	0,40	0,40
50	0,39	0,50	0,45	0,46
70	0,50	0,71	0,50	0,55

Из представленных в таблице 1 данных видно, что повышение температуры испарения растворителя приводит к увеличению степени набухания пленок. Это можно объяснить частичным разрушением пространственной сетки и уменьшением количества образующихся сложноэфирных групп при повышении температуры.

В процессе высокотемпературной обработки пленок возникают условия для протекания реакций между гидроксильными и карбоксильными группами:

– реакции внутримолекулярная и межмолекулярная между гидроксильными и карбоксильными группами КМЦ;

– реакции между гидроксильными группами КМЦ и карбоксильными группами дикарбоновых кислот;

– реакции между карбоксильными группами КМЦ и аминогруппами аминокислот.

Термообработку пленок КМЦ (содержание 15% сшивающего агента и 0,5% хлористоводородной кислоты от массы полимера), высушенных при комнатной температуре, проводили в течение 120 минут.

Таблица 2.

Влияние условий термообработки пленок КМЦ на степень их набухания

Table 2.

The influence of the conditions of heat treatment of CMC films on the degree of their swelling

Температура термообработки, °С Heat treatment temperature, °С	Степень набухания КМЦ пленок (α), содержащих кислоты Degree of swelling of CMC films (α) containing acids			
	глутаровую glutaric	адипиновую adipic	аминоуксусную aminoacetic	ε-аминокапроновую ε-aminocaproic
110	0,26	0,44	0,29	0,38
120	0,31	0,48	0,41	0,40
130	0,39	0,48	0,44	0,49
140	0,50	0,52	0,52	0,60

Увеличение температуры и продолжительности обработки во всех случаях приводит к уменьшению степени набухания. Вероятно, длительная термообработка при более высоких температурах может способствовать протеканию параллельных реакций сшивания и термической деструкции [15].

Для образования амидов кислот при термообработке в раствор вводили хлористоводородную кислоту, которая частично переводила Na-форму КМЦ в Н-форму, способную взаимодействовать с аминогруппой аминокислоты [17].

Наличие в КМЦ реакционноспособных групп – карбоксильных и гидроксильных – позволяет преобразовать линейные молекулы КМЦ в пространственную структуру. Для этого требуется использование бифункциональных соединений. В отличие от сшивания КМЦ бикарбоновыми кислотами, аминокислоты способны взаимодействовать как с гидроксильными, так и с карбоксильными группами КМЦ.

Заключение

Наименьшая степень набухания гелевых пленок, предназначенных для изготовления противоспаечных мембран, при взаимодействии с водой наблюдается у образцов с применением в качестве сшивающего агента глутаровой кислоты. При этом температура испарения растворителя находится в пределах от 20 до 30 °С.

Термическая обработка гелевых мембран с глутаровой кислотой при температуре 110 °С незначительно снижает степень набухания. Повышение температуры термической обработки приводит к увеличению этого показатели для пленок со всеми используемыми сшивающими агентами.

Для дальнейших исследование гелевых пленок в качестве противоспаечных мембран определены следующие параметры их получения: в качестве сшивающего агента для КМЦ рекомендовано использовать глутаровую кислоту; получение пленок с наименьшей степенью набухания возможно при комнатной температуре испарения растворителя и дополнительной термической обработки при температуре 110 °С в течение 120 минут.

Литература

1 Winny M., Maegel L., Grethe L.V. et al. Treatment of de-peritonealized intestine with 4DryField® PH prevents adhesions between non-resorbable intra-peritoneal hernia mesh and bowel // American journal of translational research. 2016. V. 8. №. 12. P. 5706.

2 Blázquez R., Sánchez-Margallo F.M., Álvarez V. Fibrin glue mesh fixation combined with mesenchymal stem cells or exosomes modulates the inflammatory reaction in a murine model of incisional hernia // Acta biomaterialia. 2018. V. 71. P. 318-329. doi: 10.1016/j.actbio.2018.02.014

3 Chen C.H., Chen S.H., Mao S.H. et al. Injectable thermosensitive hydrogel containing hyaluronic acid and chitosan as a barrier for prevention of postoperative peritoneal adhesion // Carbohydrate polymers. 2017. V. 173. P. 721-731. doi: 10.1016/j.carbpol.2017.06.019

4 Беженарь В.Ф., Цыпурдеева А.А., Байлюк Е.Н. Спаечная болезнь органов малого таза у гинекологических больных: от патогенеза к практике // Онкогинекология. 2014; № 4. С. 68-74.

5 Тихомиров А.Л., Манухин И.Б., Казенашев В.В. и др. Профилактика спаечного процесса и его осложнений в оперативной гинекологии // Российский вестник акушера-гинеколога. 2016. № 16(5). С. 100-105.

6 Попов А.А., Мананникова Т.Н., Колесник Н.А., Рамазанов М.Р. и др. Применение противоспаечных препаратов в программе хирургического лечения трубно-перитонеального бесплодия // Журнал акушерства и женских болезней. 2012. № 61 (4). С. 97-103.

7 Ткаченко Л.В., Свиридова Н.И., Веровская Т.А., Хохлова Р.Р. Профилактика спаечной болезни как этап ранней реабилитации репродуктивной функции после миомэктомии // Акушерство и Гинекология. 2019. № 1. С. 118-124.

8 Лазаренко В.А., Липатов В.А., Бежин А.И. и др. Пути поиска эффективных методик профилактики и лечения послеоперационного спаечного процесса брюшной полости // Экспериментальная и клиническая хирургия: проблемы и решения. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Курск: КМГУ, 2016. С. 125-127.

9 Мешкова О.А., Богданов Д.Ю., Матвеев Н.Л., Курганов И.А. Применение современных противоспаечных препаратов в хирургии. Эндоскопическая хирургия. 2015. № 21(3). С. 37-42.

10 Адамян Л.В., Козаченко А.В., Кондратович Л.М. Спаечный процесс в брюшной полости: история изучения, классификация, патогенез (обзор литературы) // Проблемы репродукции. 2013. № 19(6) С. 7-13.

11 Кондратович Л.М. Основы понимания формирования спаечного процесса в брюшной полости. Интраоперационная профилактика противоспаечными барьерными препаратами (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. 2014. № 21 (3). С. 169-172.

12 Звягин И.Н., Фролова О.Г., Липатов В.А. и др. Влияние лекарственных препаратов, депонированных в средстве «МЕЗОГЕЛЬ», на его противоспаечную активность в эксперименте // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 6. С. 89.

13 Алиев С.Р., Силуянов С.В. Первый опыт применения противоспаечной коллагеновой мембраны при операциях на органах брюшной полости и малого таза // Русский медицинский журнал. 2015. № 13. С. 789-796.

14 Park H., Baek S., Kang H., Lee D. Biomaterials to Prevent Post- Operative Adhesion // Materials. 2020. V. 13. №. 14. P. 3056. doi: 10.3390/ma13143056

15 Липатов В.А., Пучкова Е.Л., Наимзада М.Д.З. Измерение физико-механических характеристик медицинских изделий для оценки их манипуляционных свойств // Хирургия и онкология: эксперимент и клиника. Сборник научных трудов и материалов научно-практической конференции с международным участием. 2020. С. 28-30.

16 Насонова М. В., Ходыревская Ю. И., Бураго А. Ю. и др. Противовоспалительные биодеградируемые мембраны для профилактики образования послеоперационных спаек // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). 2014. № 131(8). С. 54-59

17 Суковатых Б.С., Жуковский В.А., Липатов В.А., Блинков Ю.Ю. Современные технологии профилактики послеоперационного спайкообразования // Вестник хирургии. 2014. Т. 173. № 5. С. 98-102.

18 Жуковский В.А., Немилов В.Е., Полянский А.В., Скворцова К.Е. Противоспаечные хирургические материалы с прогнозируемыми сроками рассасывания // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии. XIX Международный научно-практический форум SMARTEX-2016. Иваново, 2016. С. 134-142.

19 Затолокина М.А., Инархов М.А., Липатов В.А., Ярмамедов Д.М. Изучение особенностей реактивных изменений тканей на подкожную имплантацию новых рассасывающихся мембран на основе карбоксиметилцеллюлозы в экспериментах «in vivo» // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 5. С. 52.

20 Baek S., Park H., Park Y. et al. Development of a Lidocaine-Loaded Alginate/CMC/PEO Electrospun Nanofiber Film and Application as an Anti-Adhesion Barrier // Polymers. 2020. V. 12. №. 3. P. 618. doi: 10.3390/polym12030618

References

1 Winny M., Maegel L., Grethe L.V. et al. Treatment of de-peritonealized intestine with 4DryField® PH prevents adhesions between non-resorbable intra-peritoneal hernia mesh and bowel. American journal of translational research. 2016. vol. 8. no. 12. pp. 5706.

2 Blázquez R., Sánchez-Margallo F.M., Álvarez V. Fibrin glue mesh fixation combined with mesenchymal stem cells or exosomes modulates the inflammatory reaction in a murine model of incisional hernia. Acta biomaterialia. 2018. vol. 71. pp. 318-329. doi: 10.1016/j.actbio.2018.02.014

3 Chen C.H., Chen S.H., Mao S.H. et al. Injectable thermosensitive hydrogel containing hyaluronic acid and chitosan as a barrier for prevention of postoperative peritoneal adhesion. Carbohydrate polymers. 2017. vol. 173. pp. 721-731. doi: 10.1016/j.carbpol.2017.06.019

4 Bezhenar V.F., Tsyputdeeva A.A., Bajlyuk E.N. Pelvic adhesive disease in gynecologic patients: from pathogenesis to practice. Oncogynecology. 2014. no. 4. pp.68-74. (in Russian).

5 Tikhomirov A.L., Manukhin I.B., Kazenashev V.V. et al. Prevention of a commissural process and its complications in operative gynecology. Russian bulletin of obstetrician-gynecologyst. 2016. no. 16(5). pp. 100-105. (in Russian).

6 Popov A.A., Manannikova T.N., Kolesnik N.A., Ramazanov M.R. et al. Antiadhesion barriers application in infertil patients with pelvic adhesions. Journal of obstetrics and and women's diseases. 2012. no. 61 (4). pp. 97-103. (in Russian).

7 Tkachenko L.V., Sviridova N.I., Verovskaya T.A., Khokhlova R.R. Prevention of peritoneal adhesions as a stage of early rehabilitation of reproductive function after myomectomy. Obstetrics and Gynecology. 2019. no. 1. pp. 118-124. (in Russian).

8 Lazarenko V.A., Lipatov V.A., Bezhin A.I. et al. Ways to find of effective methods of prevention and treatment of postoperative abdominal adhesions. Experimental and clinical surgery: problems and solutions. Collection of materials of the Russian Scientific and Practical Conference with international participation. Kursk, KMSU, 2016. pp. 125-127. (in Russian).

9 Meshkova O.A., Bogdanov D. Yu., Matveev N.L., Kurganov I.A. Application of modern anti-adhesive agents in surgery. Endoscopic surgery. 2015. no. 21(3). pp. 37-42. (in Russian).

10 Adamyan L.V., Kozachenko A.V., Kondratovich L.M. Peritoneal adhesions: the history of research, classification and pathogenesis (a review). Russian Journal of Human Reproduction. 2013. no. 19(6). pp. 7-13. (in Russian).

11 Kondratovich L.M. The basics for comprehension of adhesive process formation in abdominal cavity. Perioperative prevention by means of anti-adhesive drugs (review of literature). Journal of New Medical Technologies. 2014. no. 21 (3). pp. 169-172. (in Russian).

12 Zvyagin I.N., Frolova O.G., Lipatov V.A. et al. Influence of pharmaceuticals products deposited in the MEZOGEL on its anti-adhesive activity in the experiment. Modern problems of the Science and Education. 2018. no. 6. pp. 89. (in Russian).

13 Aliev S.R., Siluyanov S.V. The first experience of using anti-adhesive collagen membrane in operations on the abdominal cavity and pelvic organs. Russian Medical Journal. 2015. no. 13. pp.789-796. (in Russian).

14 Park H., Baek S., Kang H., Lee D. Biomaterials to Prevent Post- Operative Adhesion. Materials. 2020. vol. 13. no. 14. pp. 3056. doi: 10.3390/ma13143056

15 Lipatov V.A., Puchkova E.L., Naimzada M.D.Z. Measurement of physical and mechanical characteristics of medical devices to evaluate their manipulative properties. Surgery and oncology: experiment and clinic. Collection of scientific works and materials of a Scientific-Practical Conference with international participation. 2020. pp. 28-30. (in Russian).

16 Nasonova M.V., Khodyrevskaya Yu. I., Burago A. Yu. et al. Anti-inflammatory effects of biodegradable membranes in prevention of postoperative adhesion formations. Siberian Medical Journal (Irkutsk). 2014. no. 131(8). pp. 54-59. (in Russian).

17 Sukovatykh B.S., Zhukovsky V. A., Lipatov V. A., Blinkov Yu. Yu. Modern technologies of prevention of postoperative adhesive formations. The Bulletin of Surgery. 2014. vol. 173. no. 5. pp. 98-102. (in Russian).

18 Zhukovsky V.A., Nemilov V.E., Polyansky A.V., Skvortsova K.E. Anti-adhesive surgical materials with predicted terms of resorption. Physics of fibrous materials: structure, properties, high-tech technologies. XIX International Scientific-Practical Forum SMARTEX-2016. Ivanovo, 2016. pp. 134-142. (in Russian).

19 Zatolokina M.A., Inarkhov M.A., Lipatov V.A., Yarmamedov D.M. Study of the features of reactive tissue changes on subcutaneous implantation of new absorbable membranes based on carboxymethylcellulose in experiments "in vivo". Modern Problems of Science and Education. 2016. no. 5. pp. 52. (in Russian).

20 Baek S., Park H., Park Y. et al. Development of a Lidocaine-Loaded Alginate/CMC/PEO Electrospun Nanofiber Film and Application as an Anti-Adhesion Barrier. Polymers. 2020. vol. 12. no. 3. pp. 618. doi: 10.3390/polym12030618

Сведения об авторах

Валерий А. Жуковский д.т.н., профессор, кафедра наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов им. А.И. Меоса, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, ул. Большая Морская, д. 18, Санкт-Петербург, 191186, Россия, rdd.lintex@gmail.com

https://orcid.org/0000-0001-7092-9155

Information about authors

Valeriy A. Zhukovskiy Cand. Sci. (Engin.), professor, nanostructured, fiber and composite materials. A.I. Meosa department, Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Bolshaya Morskaya Street, 18, Saint-Petersburg, 191186, Russia, rdd.lintex@gmail.com

https://orcid.org/0000-0001-7092-9155

Вячеслав Е. Немилов ведущий инженер, НИИ Спецматериалов, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, ул. Большая Морская, д. 18, Санкт-Петербург, 191186, Россия, vyachnem@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-4500-1862

Татьяна С. Филипенко к.т.н., директор Центра сопровождения научных разработок, НИИ Спецматериалов, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, ул. Большая Морская, д. 18, Санкт-Петербург, 191186, Россия, tanek-f@rambler.ru
https://orcid.org/0000-0001-7878-6371

Татьяна Ю. Анущенко ведущий инженер, НИИ Спецматериалов, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, ул. Большая Морская, д. 18, Санкт-Петербург, 191186, Россия, atu0106@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-9266-0756

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Vyacheslav E. Nemilov leading engineer, Research Institute of Special Materials, Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Bolshaya Morskaya Street, 18, Saint-Petersburg, 191186, Russia, vyachnem@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-4500-1862

Tatyana S. Filipenko Cand. Sci. (Engin.), director of the center for support of scientific developments, Research Institute of Special Materials, Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Bolshaya Morskaya Street, 18, Saint-Petersburg, 191186, Russia, tanek-f@rambler.ru
https://orcid.org/0000-0001-7878-6371

Tatyana Yu. Anuschenko leading engineer, Research Institute of Special Materials, Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Bolshaya Morskaya Street, 18, Saint-Petersburg, 191186, Russia, atu0106@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-9266-0756

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.

Поступила 17/04/2021	**После редакции** 12/05/2021	**Принята в печать** 31/05/2021

Received 17/04/2021	**Accepted in revised** 12/05/2021	**Accepted** 31/05/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-197-201 Оригинальная статья/Research article
УДК 678.5/6:677.4:538.12 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Классификация энергетических воздействий по влиянию на структуру и свойства армированных реактопластов

Ирина В. Черемухина [1] cheryomuhina.i@yandex.ru 0000-0002-6306-8905

1 Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А., площадь Свободы 17, Энгельс, Саратовская область, 413100, Россия

Аннотация. Применение различных физических воздействий является экономичным и высокоэффективным направлением регулирования и улучшения характеристик, разрабатываемых в данной работе модифицированных армированных полимерных композиционных материалов. Исследуемые в работе методы энергетических воздействий применяли на стадии пропитки технических нитей различной химической природы олигомерным связующим и отвердителем (при получении препрегов традиционным способом) или раствором связующего и отверждающей системой (при получении препрегов способом слоевого нанесения компонентов) На основании проведённых исследований предложена классификация применяемых методов физической модификации по принципу воздействия энергетических полей. Исследованные способы энергетических воздействий разделены на ориентирующие и энергетически подпитывающие воздействия. К первой группе отнесены обработки, при постоянных магнитном (ПМП) или электрическом полях (ПЭП), и постоянных механических нагрузках. Ко второй группе отнесены энергетические воздействия имеющие волновую природу (энергетически подпитывающие), и к ним отнесены вибрационные, ультразвуковое воздействия, ультрафиолетовое излучение. Методы модификации первой группы способствуют снижению подвижности молекул связующего при отверждении, при этом происходит образование ветвлений полимерных цепей в процессе отверждения, что приводит к преимущественному увеличению разрушающего напряжения при статическом изгибе. Энергетически подпитывающие воздействия, содействуют относительному ускорению процесса линейного роста полимерных цепей при отверждении, который сопровождается образованием более редкосшитой сетчатой структуры, что приводит к преимущественному увеличению ударной вязкости. Из двух конкурирующих процессов при отверждении эпоксидных олигомеров именно этот требует более высокой энергии активации, что подтверждается результатами исследований. Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о том, что применяемые в работе способы модификации позволяют не только получать полимерные композиционные материалы с высокими прочностными характеристиками, но и направленно регулировать свойства композитов в зависимости от требований, предъявляемых к изделиям. Ориентирующие способы модификации приводят к упрочнению получаемого полимерного композиционного материала с преимущественным увеличением разрушающего напряжения при статическом изгибе от 20 до 47%. При использовании в технологии получения армированных реактопластов энергетически подпитывающих воздействий преимущественно увеличивается ударная вязкость от 19 до 40%.

Ключевые слова: энергетические воздействия, физическая модификация, постоянное магнитное поле, ультразвуковое воздействие, ультрафиолетовое излучение, олигомерные молекулы, армированные полимерные композиционные материалы, эпоксидное связующее

Classification of energy impacts by their effect on the structure and properties of reinforced reactoplasts

Irina V. Cheremukhina [1] cheryomuhina.i@yandex.ru 0000-0002-6306-8905

1 Engels Institute of Technology (branch) Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin, 17 Svobody Square, Engels, Saratov Region, 413100, Russia

Abstract. The use of various physical influences is an economical and highly effective direction for regulating and improving the characteristics of the modified reinforced polymer composite materials developed in this work. The methods of energy effects studied in this work were used at the stage of impregnation of technical threads of various chemical nature with an oligomeric binder and a hardener (when preparing prepregs by the traditional method) or with a binder solution and a curing system (when preparing prepregs by the method of layered application of components) Based on the conducted research, a classification of the applied methods of physical modification according to the principle of the influence of energy fields is proposed. The studied methods of energy effects are divided into orienting and energetically energizing effects. The first group includes treatments with constant magnetic (PMP) or electric fields (PEP), and constant mechanical loads. The second group includes energy effects that have a wave nature (energetically energizing), and vibration, ultrasonic effects, and ultraviolet radiation are attributed to them. Modification methods of the first group contribute to a decrease in the mobility of binder molecules during curing, while the formation of branches of polymer chains occurs during the curing process, which leads to a predominant increase in the destructive stress during static bending. Energetically energizing effects contribute to the relative acceleration of the process of linear growth of polymer chains during curing, which is accompanied by the formation of a more sparsely cross-linked mesh structure, which leads to a predominant increase in impact strength. Of the two competing processes in the curing of epoxy oligomers, this one requires a higher activation energy, which is confirmed by the results of studies. Analyzing the results obtained, it can be concluded that the modification methods used in the work allow not only to obtain polymer composite materials with high strength characteristics, but also to directly adjust the properties of composites depending on the requirements for the products. Orienting modification methods lead to hardening of the resulting polymer composite material with a predominant increase in the destructive stress during static bending from 20 to 47%. When using energetically energizing influences in the technology of producing reinforced reactoplasts, the impact strength increases mainly from 19 to 40%.

Keywords: energy effects, physical modification, permanent magnetic field, ultrasonic exposure, ultraviolet radiation, oligomeric molecules, reinforced polymer composite materials, epoxy binder

Для цитирования

Черемухина И.В. Классификация энергетических воздействий по влиянию на структуру и свойства армированных реактопластов // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 197–201. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-197-201

For citation

Cheremukhina I.V. Classification of energy impacts by their effect on the structure and properties of reinforced reactoplasts . *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 197–201. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-197-201

© 2021, Черемухина И.В. / Cheremukhina I.V.

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Поиск новых подходов и способов получения материалов с необходимыми для промышленности свойствами является одной из важнейших проблем современного материаловедения. Эту проблему, нельзя разрешить только синтезом новых полимеров, поскольку в нем имеются принципиальные ограничения, в настоящее время осложненные экономической ситуацией. Поэтому в научных и прикладных исследованиях последних лет сохраняется тенденция к смещению акцента при решении проблем создания материалов с заранее заданными свойствами в сторону модификации свойств традиционных полимеров. Анализ научных публикаций и проводимых в разных странах исследований позволяет утверждать, что модификация полимеров и в настоящее время остаётся одним из приоритетных направлений развития полимерной химии и технологии. Современными задачами в области модификации полимерных матриц являются: повышение жизнеспособности, снижение вязкости, улучшение деформационно-прочностных свойств, тепло-, био- и химической стойкости, повышение диэлектрических свойств, снижение горючести и т. п.

Следует, однако, подчеркнуть, что, несмотря на достаточно высокий уровень разработанности данных исследований, существуют проблемы, надежного прогнозирования свойств композитов в процессах модификации полимеров, при создании материалов с необходимыми свойствами и сроками эксплуатации [1]. В связи с вышеизложенным, разработка эффективных технических решений и методов направленного регулирования структуры и свойств полимерных материалов, в том числе и инженерно-строительного назначения, весьма актуальна.

Цель работы – исследование влияния различных методов физических воздействий на кинетические характеристики процесса отверждения, структуру и свойства армированных полимерных композитов.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования использовали эпоксидный олигомер дианового ряда ЭД-20 (ГОСТ 10587–93), эпоксидный компаунд марки К-153 (ТУ-6–05–1584–77), полиэфирную смолу ПН-15 (ТУ 6–05–861–73). В качестве наполнителей использовали: Полиакрилонитрильный технический жгутик (нитрон) – (ТУ-13 – 239–79); Гидратцеллюлозную нить (ВН) (ТУ-6–06–58–79); Поликапроамидную нить (капрон) – (ТУ 15–897–79); Полипропиленовую нить (ПП) – (ГОСТ 26996); Углеродную нить (ТУ-575–13–89); Стеклянную нить (СН) – (ГОСТ 17139–2000); Базальтовую нить (БН) – (ГОСТ 17139–2000).

В опытах контролировали линейную плотность, Т *г/м* исходных и пропитанных нитей и степень превращения Х, массовые проценты, исходного олигомерного связующего в нерастворимый сетчатый продукт. Величину Х определяли методом экстракции золя ацетоном при комнатной температуре. Для сформованных из полученных препрегов материалов по стандартным методикам определяли следующие физико-механические характеристики:

– разрушающие напряжения, *МПа*, при статическом изгибе – $\sigma_и$ (ГОСТ 4648–93) и при растяжении -$\sigma_р$(ГОСТ 11262–80) соответственно;

– ударная вязкость $\alpha_{уд}$, *кДж/м*^{2} – (ГОСТ 4647–80);

– твердость по Бринеллю $Н_Б$, *МПа* – (ГОСТ 4670–77);

– суточное водопоглощение W, *%* – (ГОСТ 4650–80);

Результаты и обсуждение

В результате анализа применённых в работе методов энергетического воздействия предложена концепция, объединяющая все изученные в работе методы.

Все изученные в работе способы энергетических воздействий разделены на ориентирующие и энергетически подпитывающие воздействия. К первой группе относятся физические обработки при постоянных механических нагрузках и постоянных магнитных (ПМП) и электрических полях (ПЭП). Ориентирующее действие ПМП основано на взаимодействии собственных магнитных моментов магнитно-анизотропных олигомерных молекул с внешним ПМП, а ориентирующее влияние ПЭП обусловлено взаимодействием полярных сегментов связующего с внешними ПЭП, в результате чего возникают ориентирующие усилия, которые способствуют формированию ориентированной структуры полимера в процессе отверждения.

Формирование ориентированной структуры способствует упрочнению материала в направлении ориентации.

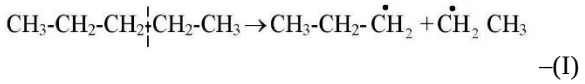
Ко второй группе физических обработок относятся вибрационные обработки (ВО), ультразвуковое воздействие (УЗ), ультрафиолетовое излучение (УФИ). Эти воздействия имеют волновую природу. Поглощение энергии колебаний является дополнительным источником энергии и такие воздействия эквивалентны повышению температуры.

В данной работе изучено влияние кратковременных предварительных физических обработок на кинетику последующего глубокого отверждения препрегов, полученных на основе

пропитанных олигомерным связующим технических нитей, и на физико-механические характеристики получаемых из этих препрегов материалов.

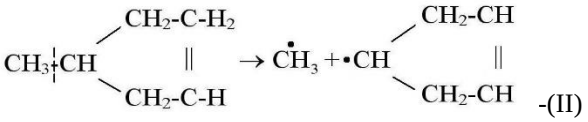
При отверждении термореактивных смол конкурируют процессы образования золя – это линейный рост цепей и циклизация, и образования геля – ветвление полимерных цепей [2, 17–20].

При линейном росте полимерных цепей в полимерах преобладают вторичные атомы, а в результате ветвления образуются третичные атомы. Известно, что связи при вторичных атомах более прочны, чем связи при третичных атомах. Например, прочность связи С—С при разрыв молекулы пентана по реакции (1) составляет Q_1 = 342 *КДж/моль*.



–(I)

А прочность связи С—С при отщеплении группы CH_3 по реакции (II) составляет Q_2 = 305 *КДж/моль* [3].



-(II)

Следовательно, при протекании реакции ветвления выделяется меньше теплоты (тепловой эффект Q_2), чем при протекании реакции линейного роста цепей (тепловой эффект Q_1). Используя соотношение, аналогичное соотношению Полани–Семёнова, получаем связь между энергией активации E и тепловым эффектом Q процесса.

$$E = A + B/Q, \qquad (1)$$

где A и B – эмпирические константы.

Таким образом, с помощью соотношения (1) можно оценить величины эффективной энергии активации процесса по известным значениям теплового эффекта процесса. Очевидно, что $E_1 > E_2$.

Ориентирующие воздействия (ПЭП, ПМП) снижают подвижность молекул связующего, то есть такие воздействия эквивалентны понижению температуры. К понижению температуры наиболее чувствительны реакции со сравнительно высокими энергиями активации, поэтому под влиянием ориентирующих воздействий происходит относительное замедление процесса линейного роста полимерных цепей, при этом возрастает вклад процессов ветвления. Теоретически ускорение процесса ветвления должно приводить к снижению средней массы межузловых цепей, к повышению модуля упругости при сдвиге и при растяжении, и к соответственному увеличению разрушающего напряжения при статическом изгибе.

Структурным антиподом разрушающего напряжения при статическом изгибе является удельная ударная вязкость, которая должна уменьшаться при сокращении средней массы межузловых цепей (речь идет о материале после точки гелеобразования). Следовательно, ориентирующие воздействия в технологии армированных реактопластов должны приводить к преимущественному увеличению разрушающего напряжения при статическом изгибе, что и подтверждается результатами проведённых испытаний полученных материалов (таблица 1).

Таблица 1.

Влияние конкуренции химических процессов на физико-механические характеристики получаемых материалов

Table 1.

The influence of the competition of chemical processes on the physical and mechanical characteristics of the materials obtained

Вид обработки Type of processing	Наполнитель Filler	$*\Delta\sigma_и$, %	$\Delta\sigma_р$, %	$\Delta a_{уд}$, %	$\Delta H_в$, %	ΔW, %
ПЭП	БН	***+47***	+32	+27	+70	-73
ПМП	ТПАНЖ	***+57***	+31	+19	+51	-60
ВО	ТПАНЖ	+17	+19	***+31***	+19	-53
УЗ	БН	+18	+20	***+42***	+27	-56
УФИ	ТПАНЖ	+15	+21	***+40***	+24	-67
* – изменения характеристик после модификации относительно значений без модификации/ changes in characteristics after modification relative to values without modification						

Физические воздействия второго типа, напротив, приводят к относительному ускорению процесса линейного роста полимерных цепей, который требует более высокой энергии активации[4, 16]. Таким образом, воздействия второго типа должны приводить к преимущественному ускорению линейного роста полимерных цепей, который сопровождается образованием редкосшитой сетчатой структуры, то есть физические воздействия колебательного типа должны оказывать пластифицирующее влияние на продукт отверждения, что подтверждается результатами испытаний получаемых образцов ПКМ (таблица 1). Обработка ультрафиолетовым излучением, ультразвуковым воздействием и вибрационная обработка, приводит к преимущественному увеличению удельной ударной вязкости армированных реактопластов [5, 11–15].

После точки гелеобразования происходит снижение средней массы межузловых цепей, что сопровождается повышением модуля упругости при сдвиге, повышением разрушающего напряжения при статическом изгибе и уменьшением удельной ударной вязкости. Указанная закономерность может нарушаться под влиянием армирующих наполнителей [6, 7–10].

Заключение

Подтвердив теоретические расчёты практическими данными и выявив пределы изменения прочностных характеристик получаемого материала в результате физической модификации изучаемыми в работе методами, можно получать материалы с заранее запланированными свойствами.

Литература

1 Müller M. Hybrid composite materials on basis of reactoplastic matrix reinforced with textile fibres from process of tyres recyclation // Agronomy Research. 2015. V. 13. №. 3. P. 700-708.

2 Kolosov A.E., Kolosova E.P. Functional materials for construction application based on classical and nano composites: production and properties // Recent Developments in the Field of Carbon Fibers. 2018. P. 9-31.

3 Kolosov A.E. Preparation of nano-modified reactoplast polymer composites. Part 1. Features of used nanotechnologies and potential application areas of nanocomposites (a review) // Chemical and Petroleum Engineering. 2015. V. 51. №. 7. P. 569-573. doi:10.1007/s10556-015-0088-y

4 da Silva A.O., de Castro Monsores K.G., Oliveira S.D.S.A., Weber R.P. et al. Ballistic behavior of a hybrid composite reinforced with curaua and aramid fabric subjected to ultraviolet radiation // Journal of materials research and technology. 2018. V. 7. №. 4. P. 584-591. doi: 10.1016/j.jmrt.2018.09.004

5 Al-Samhan M. et al. Investigating the Synergetic Effect of Ultraviolet Radiation and Elevated Temperature on Mechanical and Thermal Properties of Glass Fiber–Reinforced Plastic Pipes // Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice. 2020. V. 11. №. 1. P. 04019049.

6 Pomogailo A.D., Dzhardimalieva G.I. Nanostructured materials preparation via condensation ways. Rotterdam, 2014. P. 13-89.

7 Knapčíková L. Surface topography of composite reinforced with fibres from used tyres // Acta Tecnología. 2018. V. 4. №. 2. P. 29-32. doi:10.22306/atec.v4i2.36

8 Ching Y. C. et al. Effects of high temperature and ultraviolet radiation on polymer composites // Durability and Life Prediction in Biocomposites, Fibre-Reinforced Composites and Hybrid Composites. Woodhead Publishing, 2019. P. 407-426. doi: 10.1016/B978-0-08-102290-0.00018-0

9 Shi H., Sinke J., Benedictus R. Surface modification of PEEK by UV irradiation for direct co-curing with carbon fibre reinforced epoxy prepregs // International Journal of Adhesion and Adhesives. 2017. V. 73. P. 51-57. doi 10.1016/j.ijadhadh.2016.07.017

10 Nicholas J., Mohamed M., Dhaliwal G.S., Anandan S. et al. Effects of accelerated environmental aging on glass fiber reinforced thermoset polyurethane composites // Composites Part B: Engineering. 2016. V. 94. P. 370-378. doi: 10.1016/j.compositesb.2016.03.059

11 Румянцев А.Н., Филиппов В.Н. Полимерные композиционные материалы и их применение на практике // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки. 2019. №. 14. С. 116-121.

12 Долинская Р.М. Технология и оборудование синтеза и переработки полимеров. 2012.

13 Кочуров Д. В. Высокопрочные полимерные композиционные материалы // Международный студенческий научный вестник. 2018. №. 5. С. 167-167.

14 Петров А.В., Дориомедов М.С., Скрипачев С.Ю. Технологии утилизации полимерных композиционных материалов (обзор) // Труды Виам. 2015. №. 8.

15 Водовозов Г.А., Мараховский К.М., Костромина Н.В., Осипчик В.С. и др. Разработка эпокси-каучуковых связующих для создания армированных композиционных материалов // Пластические массы. 2017. №. 5-6. С. 9-13.

16 Шершак П. В. Особенности национальной стандартизации методов испытаний полимерных композиционных материалов // Труды ВИАМ. 2019. №. 2 (74).

17 Роговина С.З., Прут Э.В., Берлин А.А. Композиционные материалы на основе синтетических полимеров, армированных волокнами природного происхождения // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 2019. Т. 61. №. 4. С. 291-315.

18 Атясова Е.В., Блазнов А.Н., Самойленко В.В. Эпоксидные связующие с повышенной химической стойкостью. Обзор // Клеи. Герметики. Технологии. 2019. №. 12. С. 34-44.

19 Молоков М.В. и др. Результаты экспериментальных исследований полимерных композиционных материалов на основе низковязких эпоксидных связующих // Огарёв-online. 2014. №. С2 (40).

20 Артамонов Д. А. и др. Результаты натурных испытаний полимерных композиционных материалов на основе эпоксидных связующих // Огарёв-online. 2014. №. С2 (40).

References

1 Müller M. Hybrid composite materials on basis of reactoplastic matrix reinforced with textile fibres from process of tyres recyclation. Agronomy Research. 2015. vol. 13. no. 3. pp. 700-708.

2 Kolosov A.E., Kolosova E.P. Functional materials for construction application based on classical and nano composites: production and properties. Recent Developments in the Field of Carbon Fibers. 2018. pp. 9-31.

3 Kolosov A.E. Preparation of nano-modified reactoplast polymer composites. Part 1. Features of used nanotechnologies and potential application areas of nanocomposites (a review). Chemical and Petroleum Engineering. 2015. vol. 51. no. 7. pp. 569-573. doi:10.1007/s10556-015-0088-y

4 da Silva A.O., de Castro Monsores K.G., Oliveira S.D.S.A., Weber R.P. et al. Ballistic behavior of a hybrid composite reinforced with curaua and aramid fabric subjected to ultraviolet radiation. Journal of materials research and technology. 2018. vol. 7. no. 4. pp. 584-591. doi: 10.1016/j.jmrt.2018.09.004

5 Al-Samhan M. et al. Investigating the Synergetic Effect of Ultraviolet Radiation and Elevated Temperature on Mechanical and Thermal Properties of Glass Fiber–Reinforced Plastic Pipes. Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice. 2020. vol. 11. no. 1. pp. 04019049.

6 Pomogailo A.D., Dzhardimalieva G.I. Nanostructured materials preparation via condensation ways. Rotterdam, 2014. pp. 13-89.

7 Knapčíková L. Surface topography of composite reinforced with fibres from used tyres. Acta Tecnología. 2018. vol. 4. no. 2. pp. 29-32. doi:10.22306/atec.v4i2.36

8 Ching Y. C. et al. Effects of high temperature and ultraviolet radiation on polymer composites. Durability and Life Prediction in Biocomposites, Fibre-Reinforced Composites and Hybrid Composites. Woodhead Publishing, 2019. pp. 407-426. doi: 10.1016/B978-0-08-102290-0.00018-0

9 Shi H., Sinke J., Benedictus R. Surface modification of PEEK by UV irradiation for direct co-curing with carbon fibre reinforced epoxy prepregs. International Journal of Adhesion and Adhesives. 2017. vol. 73. pp. 51-57. doi 10.1016/j.ijadhadh.2016.07.017

10 Nicholas J., Mohamed M., Dhaliwal G.S., Anandan S. et al. Effects of accelerated environmental aging on glass fiber reinforced thermoset polyurethane composites. Composites Part B: Engineering. 2016. vol. 94. pp. 370-378. doi: 10.1016/j.compositesb.2016.03.059

11 Rumyantsev A.N., Filippov V.N. Polymer composite materials and their application in practice. Bulletin of the Pskov State University. Series: Natural and physical and mathematical sciences. 2019. no. 14. pp. 116-121. (in Russian).

12 Dolinskaya R.M. Technology and equipment for the synthesis and processing of polymers. 2012. (in Russian).

13 Kochurov D.V. High-strength polymer composite materials. International student scientific bulletin. 2018. no. 5. pp. 167-167. (in Russian).

14 Petrov A.V., Doriomedov M.S., Skripachev S.Yu. Technologies for utilization of polymer composite materials (review). Proceedings of Viam. 2015. no. 8. (in Russian).

15 Vodovozov G.A., Marakhovsky K.M., Kostromina N.V., Osipchik V.S. and other Development of epoxy-rubber binders for the creation of reinforced composite materials. Plastic mass. 2017. no. 5-6. pp. 9-13. (in Russian).

16 Shershak P.V. Peculiarities of national standardization of testing methods for polymer composite materials. Proceedings of VIAM. 2019. no. 2 (74). (in Russian).

17 Rogovina S.Z., Prut E.V., Berlin A.A. Composite materials based on synthetic polymers reinforced with natural fibers. High-molecular compounds. Series A. 2019. vol. 61. no. 4. pp. 291-315. (in Russian).

18 Atyasova E.V., Blaznov A.N., Samoilenko V.V. Epoxy binders with increased chemical resistance. Review. Adhesives. Sealants. Technologies. 2019. no. 12. pp. 34-44. (in Russian).

19 Molokov M.V. et al. Results of experimental studies of polymer composite materials based on low-viscosity epoxy binders. Ogarev-online. 2014. no. C2 (40). (in Russian).

20 Artamonov DA et al. Results of field tests of polymer composite materials based on epoxy binders. Ogarev-online. 2014. no. C2 (40). (in Russian).

Сведения об авторах

Ирина В. Черемухина к.т.н., доцент, кафедра технологии и оборудования химических, нефтегазовых и пищевых производств, Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А., пл. Свободы 17, Энгельс, Саратовская область, 413100, Россия, cheryomuhina.i@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0002-6306-8905

Information about authors

Irina V. Cheremukhina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology and equipment of chemical, oil and gas and food production department, Engels Institute of Technology (branch) Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin, 17 Svobody Square, Engels, Saratov Region, 413100, Russia, cheryomuhina.i@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0002-6306-8905

Вклад авторов

Ирина В. Черемухина написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Contribution

Irina V. Cheremukhina 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 12/04/2021	**После редакции** 10/05/2021	**Принята в печать** 28/05/2021

Received 12/04/2021	**Accepted in revised** 10/05/2021	**Accepted** 28/05/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-202-207 Оригинальная статья/Research article
УДК 665.6/.7:66.011 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Снижение затрат энергоресурсов при регенерации растворителя на установке деасфальтизации гудрона

Артём В. Мясоедов [1] myasoedov.artyom@ya.ru
Сергей В. Попов [1] svpopov2018@ya.ru 0000-0003-0533-9049
Оксана В. Хабибрахманова [1] chemicaluniversity@mail.ru 0000-0002-1523-9861

1 Самарский государственный технический университет, филиал в г. Новокуйбышевске, ул. Миронова, 5, г. Новокуйбышевск, 446200, Россия

Аннотация. Для установок пропановой деасфальтизации гудрона характерна достаточно большая энергоёмкость технологического процесса. С целью её снижения выполнена оценка возможности уменьшения расхода пара при регенерации пропана из асфальтового раствора. Исследование проводили с использованием моделирующей системы Honeywell UniSim Design, в которой сформировали модель установки пропановой деасфальтизации гудрона. В качестве математического пакета для расчета термодинамических свойств компонентов фракций использовали метод Peng-Robinson. Компонентный состав сырья представлен нефтяными фракциями с температурами кипения от 405 до 616 °С. При проведении вычислительного эксперимента использовали следующие значения технологических параметров: расход гудрона 38.9 т/час, отношение (пропан: сырье) составляло (6.4:1), выход деасфальтизата порядка 30 %мас. Выполненный анализ типовой схемы регенерации пропана из асфальтового раствора показал, что в технологическом потоке, поступающем на питание отпарной колонны К-6, уже присутствует достаточно большое количество паровой фазы, состоящей практически из пропана и следов нефтяных фракций. Для эффективного использования энергии потока без привлечения дополнительных энергетических затрат целесообразно разделить газовую и жидкую фазы до их поступления в колонну К-6, то есть перед ней включить в технологическую схему дополнительный сепаратор. Проведенный вычислительный эксперимент показал, что в предложенном варианте технологической схемы требуемый для выделения пропана расход пара уменьшается на 17,5 %, что соответственно для последующих аппаратов схемы снижает количество воды, сбрасываемой в канализацию. Оптимизация технологических режимов отпарной колонны К-6 обеспечивает четкое выделение пропана, в потоке которого содержание битумных фракций составляет 0.03% мол., что делает возможным в промышленных условиях возвращать поток пропана на питание экстракционной колонны. Предлагаемое технологическое решение для регенерации пропана может использоваться в процессах одно- и двухступенчатой деасфальтизации гудрона.

Ключевые слова: гудрон, пропан, установка деасфальтизации гудрона, деасфальтизат, раствор асфальта, сепаратор, отпарная колонна, энергосбережение, Honeywell UniSim Design

Reducing energy costs during solvent regeneration at the tar deasphalting unit

Artyom V. Myasoedov [1] myasoedov.artyom@ya.ru
Sergey V. Popov [1] svpopov2018@ya.ru 0000-0003-0533-9049
Oksana V. Khabibrakhmanova [1] chemicaluniversity@mail.ru 0000-0002-1523-9861

1 Samara State Technical University, branch in Novokuibyshevsk, st. Mironova, 5, Novokuibyshevsk, 446200, Russia

Abstract. For propane tar deasphalting units, a rather high energy intensity of the technological process is characteristic. In order to reduce it, an assessment was made of the possibility of reducing the steam consumption during the regeneration of propane from asphalt solution. The study was carried out using a Honeywell UniSim Design modeling system, in which a model of a propane tar deasphalting unit was formed. The Peng-Robinson method was used as a mathematical package for calculating the thermodynamic properties of the components of the fractions. The component composition of the feedstock is represented by oil fractions with boiling points from 405 to 616 °C. When carrying out a computational experiment, the following values of technological parameters were used: the tar consumption was 38.9 t / h, the ratio (propane: raw material) was (6.4: 1), the yield of deasphalted oil was about 30 wt%. The performed analysis of a typical scheme for the regeneration of propane from asphalt solution showed that in the process stream supplied to the feed of the stripping column K-6, there is already a sufficiently large amount of a vapor phase consisting practically of propane and traces of oil fractions. To efficiently use the energy of the flow without attracting additional energy costs, it is advisable to separate the gas and liquid phases before they enter the column K-6, that is, to include an additional separator in the technological scheme before it. The performed computational experiment showed that in the proposed version of the technological scheme, the steam consumption required for the release of propane decreases by 17.5%, which, accordingly, for the subsequent devices of the scheme, reduces the amount of water discharged into the sewage system. Optimization of technological modes of the stripping column K-6 provides a clear separation of propane, in the flow of which the content of bitumen fractions is 0.03 mol%, which makes it possible in industrial conditions to return the flow of propane to the feed of the extraction column. The proposed technological solution for propane recovery can be used in the processes of one- and two-stage tar deasphalting.

Keywords: tar, propane, tar deasphalting plant, deasphalting, asphalt solution, separator, stripping column, energy saving, Honeywell UniSim Design

Введение

Для нефтехимических процессов постоянно возрастающая стоимость энергоресурсов (водяной пар, электроэнергия) определяет необходимость поиска различных вариантов энергосбережения. В технологии процесса деасфальтизации нефтяных остатков в качестве растворителя используют пропан или пропан-бутановую фракцию, при этом для установок пропановой деасфальтизации гудрона характерна достаточно большая энергоёмкость технологического процесса [1, 2]. В этом процессе

Для цитирования
Мясоедов А.В., Попов С.В., Хабибрахманова О.В. Снижение затрат энергоресурсов при регенерации растворителя на установке деасфальтизации гудрона // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 202–207. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-202-207

For citation
Myasoedov A.V., Popov S.V., Khabibrakhmanova O.V. Reducing energy costs during solvent regeneration at the tar deasphalting unit . *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 202–207. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-202-207

© 2021, Мясоедов А.В. и др. / Myasoedov A.V. at al
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

пропан выполняет функции и коагулятора асфальто-смолистых веществ и избирательного растворителя по отношению к требуемым компонентам нефтяных фракций [3].

С целью снижения энергоёмкости установок пропановой деасфальтизации проводят их модернизацию с изменением аппаратурного оформления процесса, оптимизируют режимы работы массообменных аппаратов [4]. В работе [5] с использованием программного пакета SimSci-Esscor Pro II был проведен поверочный расчет основного и вспомогательного оборудования и оценены характеристики получаемого асфальта.

Цель работы – исследование возможности снижения расхода пара при регенерации пропана из асфальтового раствора установки пропановой деасфальтизации гудрона.

Методы

При изучении процесса пропановой деасфальтизации гудрона необходимо учитывать разнообразие фракционного состава сырья, данные по фазовому состоянию систем, сведения по фазовым переходам компонентов нефтяных фракций, особенности пропана как растворителя-коагулятора и одновременно избирательного растворителя, соотношения количества пропана к сырью.

Исследования проводили с использованием моделирующей системы Honeywell UniSim Design [6], в которой сформировали модель установки пропановой деасфальтизации гудрона. В качестве математического пакета для расчета термодинамических свойств компонентов фракций использовали метод Peng-Robinson.

Компонентный состав сырья представлен нефтяными фракциями с температурами кипения от 405 до 616° С. График ИТК разгонки гудрона приведен на рисунке 1, значение средней молярной массы составляет 409.5 кг/кмоль [7–20].

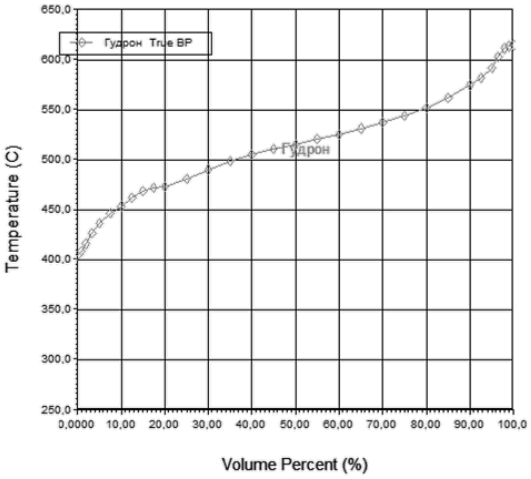


Рисунок 1. График ИТК разгонки гудрона

Figure 1. TBP schedule tar distillation

На рисунке 2 показан фрагмент «типовой» технологической схемы пропановой деасфальтизации гудрона, демонстрирующий этапы регенерации пропана из асфальтового раствора. При проведении вычислительного эксперимента использовали следующие значения технологических параметров: расход гудрона 38.9 т/час, отношение (пропан:сырье) составляло (6.4:1), выход деасфальтизата порядка 30%мас.

Поток раствора асфальта (**битум 2**) из экстрактора дросселируется в клапане VLV-110 с 3923 до 2723 кПа, нагревается в теплообменнике Т-101 до 115° С (VLV-110 и Т101 на рисунке 2 не показаны) и поступает в печь П-1а для разогрева до 219° С, затем поток **битум 3** подается в испаритель Э-2а. Газовая фаза (поток **пропан 13**) состоит в основном из пропана (99.99% мол.) и малого количества унесенных битумных фракций (0.01% мол.), а в жидкой фазе (поток **битум 4**) содержится до 10.68% мол. пропана. Задачей последующих аппаратов схемы является полное выделение пропана из жидкой фазы. Необходимость этого объясняется тем, что неполная регенерация пропана может привести к выходу из строя секций теплообменников, в трубках которых возможно отложение компонентов смеси и, как следствие, их забивка. Из-за высокой вязкости раствора асфальта затрудняется отделение пропана, поэтому наблюдается вспенивание асфальта. Для предотвращения этого физического процесса в промышленных условиях используют антипенные присадки. После аппарата Э-2а снижают давление потока в клапане VLV-111 до 150 кПа и направляют его (поток **битум 5**) в отпарную колонну К-6. Расчеты по модели показывают, что для отгонки 10.68% мол. пропана из раствора асфальта потребуется минимальный энергетический поток пара порядка $1.224e^6$ кДж/час.

Результаты и обсуждение

Снижение давления потока **битум 5** приводит к однократному испарению его компонентов до доли отгона порядка e = 0.0986, то есть в данном потоке уже присутствует достаточно большое количество паровой фазы, состоящей практически из пропана и следов нефтяных фракций (таблица 1, столбец Vapour Phase). Для эффективного использования энергии потока без привлечения дополнительных энергетических затрат целесообразно разделить газовую и жидкую фазы до их поступления в колонну К-6, то есть перед ней включить в технологическую схему дополнительный сепаратор С1доп (рисунок 3).

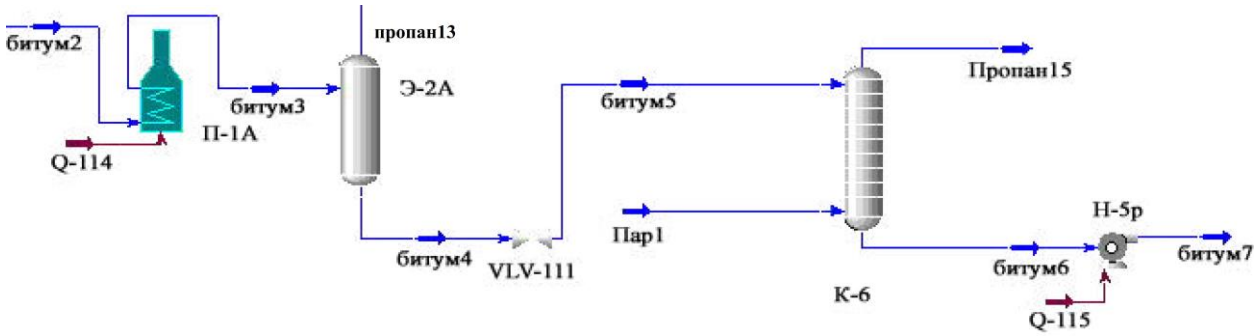


Рисунок 2. Фрагмент «типовой» технологической схемы установки деасфальтизации (распечатка в среде Honeywell UniSim Design)

Figure 2. Fragment of a "typical" technological scheme of a deasphalting plant (printout in Honeywell Uni-Sim Design environment)

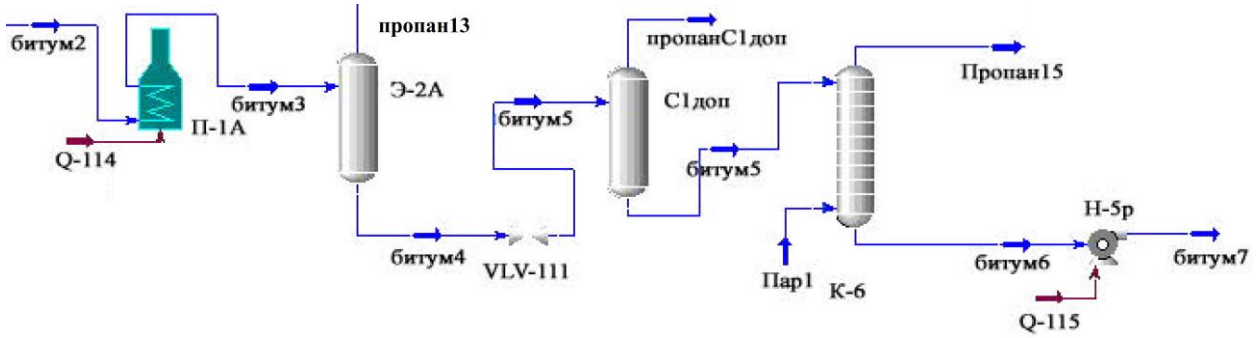


Рисунок 3. Фрагмент технологической схемы установки деасфальтизации гудрона с дополнительным сепаратором пропана С1доп (распечатка в среде Honeywell UniSim Design)

Figure 3. Fragment of the technological scheme of the tar deasphalting unit with an additional C1доп propane separator (printout in Honeywell UniSim Design environment)

Таблица 1.

Фракционный состав потока **битум 5** (распечатка в среде Honeywell UniSim Design)

Table 1.

Fractional composition of **битум 5** stream (printout in Honeywell UniSim Design environment)

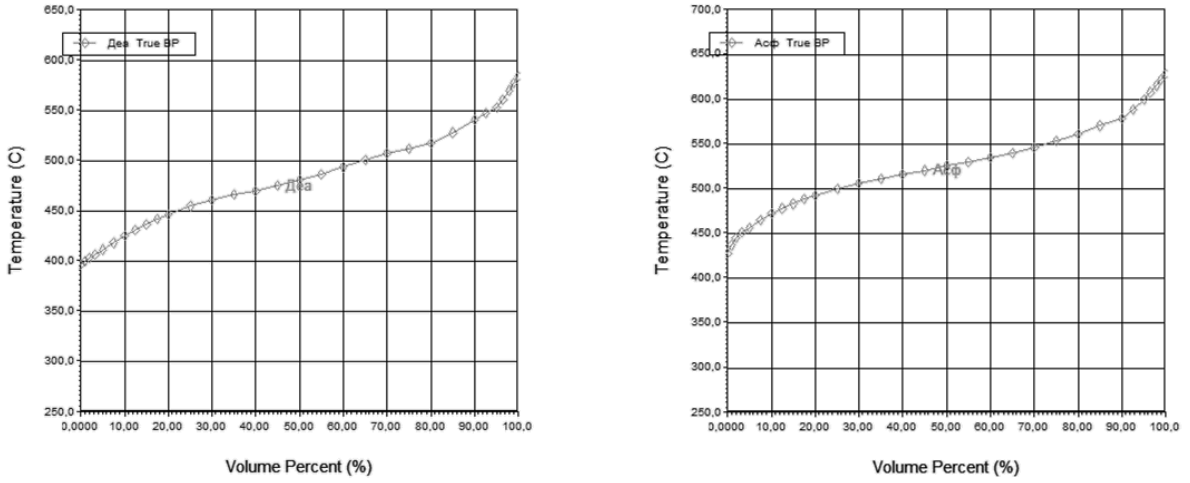
	Mole Fractions	Vapour Phase	Liquid Phase
Propane	0,106862	0,999885	0,010311
H2O	0,000000	0,000000	0,000000
NBP[0]405*	0,002390	0,000010	0,002647
NBP[0]420*	0,004661	0,000011	0,005164
NBP[0]448*	0,041194	0,000033	0,045644
NBP[0]473*	0,122540	0,000036	0,135784
NBP[0]504*	0,210320	0,000017	0,233058
NBP[0]528*	0,241034	0,000006	0,267093
NBP[0]556*	0,165516	0,000001	0,183411
NBP[0]583*	0,074893	0,000000	0,082990
NBP[0]616*	0,030590	0,000000	0,033897

В результате разделения потока **битум 5** в аппарате С1доп в потоке **пропанС1доп** содержание регенерированного пропана составляет 99.97% мол. (уносимые нефтяные фракции – 0.03% мол.). Остаточное содержание пропана в растворе асфальта (поток **битум 5_**) ~ 1% мол.

Дальнейшее выделение пропана в отпарной колонне К-6 потребует энергетический поток пара порядка $1.01e^6$ кДж/час. Сравнение расходов пара в колонне К-6 показывает, что в схеме с дополнительным сепаратором (рисунок 3) обеспечивается снижение требуемого расхода пара и соответственно теплового потока на величину $(1.224–1.01)\ e^6 / 1.224e^6 = 17.5\%$ по сравнению с «типовым» вариантом схемы.

Графики ИТК разгонки полученных фракций деасфальтизата и асфальта приведены на рисунке 4. Расчетные оценки средней молярной массы выделенных продуктов составляют: для деасфальтизата $M_{деасф} = 376.5$ кг/кмоль; для асфальта $M_{асф} = 423.3$ кг/кмоль.

В соответствии с технологической схемой пропановой деасфальтизации гудрона выходящие из отпарных колонн потоки регенерированного пропана содержат воду, поэтому они направляются в колонну-конденсатор, где через орошение водой из потока пропана удаляют воду. В предложенной схеме (рисунок 3) за счет уменьшения расхода пара уменьшается требуемый расход воды в колонне-конденсаторе и, как следствие, снижается её количественный сброс в канализацию.



(a) (b)

Рисунок 4. Графики ИТК разгонки фракций деасфальтизата (a) и асфальта (b) (распечатка в среде UniSim Design)

Figure 4. Graphs of TBP for distillation of deasphalted (a) and asphalt (b) fractions (printout in UniSim Design environment)

Заключение

Проведенный вычислительный эксперимент позволяет сделать следующие выводы.

Предложена энергосберегающая технология регенерации пропана из асфальтового раствора установки пропановой деасфальтизации гудрона, обеспечивающая снижение расхода пара на величину порядка 17.5% за счет включения в технологическую схему дополнительного сепаратора.

Оптимизация технологических режимов отпарной колонны К-6 обеспечивает четкое выделение пропана, в потоке которого содержание битумных фракций составляет 0.03% мол., что делает возможным в промышленных условиях возвращать поток пропана на питание экстракционной колонны.

Из анализа потоков технологической схемой установки деасфальтизации гудрона следует, что за счет снижения расхода пара уменьшается количество воды, сбрасываемой в канализацию.

Предложенная технологическая схема регенерации пропана может использоваться в процессах одно- и двухступенчатой деасфальтизации гудрона.

Литература

1 Халикова Д.А., Петров С.М., Башкирцева Н.Ю. Обзор перспективных технологий переработки тяжелых высоковязких нефтей и природных битумов // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. №. 3.

2 Хайрудинов И.Р., Султанов Ф.М., Кутьин Ю.А., Тихонов А.А. и др. Процесс сольвентной деасфальтизации-перспективная основа для достижения высокой глубины переработки нефти // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2011. №. 3. С. 17-19.

3 Магомедов Р.Н., Припахайло А.В., Марютина Т.А. Влияние наночастиц оксида железа на эффективность сольвентной деасфальтизации нефтяного остатка субкригическим пентаном // Сверхкритические флюиды: Теория и практика. 2019. Т. 14. №. 3. С. 56-63.

4 Дегтярёв П.А., Замковой Н.П., Шмаков Н.В. Модернизация установки деасфальтизации гудрона пропаном 36/2 м цеха 101 завода масел ОАО «АНХК» // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2013. № 2 (5). С. 66–71.

5 Заббаров Р.Р., Ахмитшин А.А., Валеева Н.Г. Моделирование процесса деасфальтизации природных битумов и тяжелых нефтяных остатков // Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 18. Т. 16. С. 270–271.

6 Ахметов А.Ф., Красильникова Ю.В., Герасимова Е.В. Особенности переработки тяжелых нефтяных остатков // Нефтегазовое дело. 2011. Т. 9. №. 1. С. 101.

7 Li L., Liu Y., Wu K., Liu C. et al. Catalytic solvent regeneration of a CO2- loaded MEA solution using an acidic catalyst from industrial rough metatitanic acid // Greenhouse Gases: Science and Technology. 2020. V. 10. №. 2. P. 449-460. doi: 10.1002/ghg.1839

8 Wang T., Yu W., Le Moullec Y., Liu F. et al. Solvent regeneration by novel direct non-aqueous gas stripping process for post-combustion CO2 capture // Applied Energy. 2017. V. 205. P. 23-32. doi: 10.1016/j.apenergy.2017.07.040

9 Leimbrink M., Sandkämper S., Wardhaugh L., Maher D. et al. Energy-efficient solvent regeneration in enzymatic reactive absorption for carbon dioxide capture // Applied energy. 2017. V. 208. P. 263-276. doi: 10.1016/j.apenergy.2017.10.042

10 Bhatti U.H., Nam S., Park S., Baek I.H. Performance and mechanism of metal oxide catalyst-aided amine solvent regeneration // ACS Sustainable Chemistry & Engineering. 2018. V. 6. №. 9. P. 12079-12087. doi: 10.1021/acssuschemeng.8b02422

11 Султанов Ф.М., Хайрудинов И.Р., Шоипов Х.С., Насыров Р.К. и др. Модернизация блока регенерации растворителя из деасфальтизатного раствора на установках деасфальтизации типа 36/2, 36/2М с целью снижения энергозатрат // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2014. №. 2. С. 12-15.

12 Султанов Ф.М., Ахметов С.А., Султанбаев А.Ю. Оптимизация базовой установки деасфальтизации гудрона // Сетевое издание «Нефтегазовое дело». 2014. №. 5. С. 313-323.

13 Замковой Н.П., Смоляр А.В. Повышение эффективности установки деасфальтизации гудрона // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2019. Т. 1. С. 15-16.

14 Замковой Н.П., Подоплелов Е.В., Дементьев А.И. Повышение эффективности работы установки деасфальтизации гудрона пропаном // Вестник Ангарского государственного технического университета. 2019. Т. 1. №. 13. С. 40-44.

15 Подземельнов Ф.И., Корчагина Т.К. Повышение эффективности работы установки деасфальтизации гудрона пропаном // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. №. 6-2. С. 224-225.

16 Long J., Shen B., Ling H., Zhao J. Nonconventional vacuum residue upgrading blended with coal tar by solvent deasphalting and fluid catalytic cracking // Industrial & engineering chemistry research. 2012. V. 51. №. 7. P. 3058-3068. doi: 10.1021/ie202407u

17 Ruitian S., Dong L.I., Liangjun P.E.I., Yang Y.U.A.N. Effect of Deasphalting Solvent on Structure of Coal Tar Asphaltene // Acta Petrolei Sinica (Petroleum Processing Section). 2017. V. 33. №. 6. P. 1209.

18 Long J., Shen B., Zhao J., Ling H. et al. Mechanism of improving atmospheric solvent deasphalting process by vacuum residue blending with coal tar // Acta Petrolei Sinica (Petroleum Processing Section). 2012. V. 1.

19 Shin S., Lee J.M., Hwang J.W., Jung H.W. et al. Physical and rheological properties of deasphalted oil produced from solvent deasphalting // Chemical Engineering Journal. 2014. V. 257. P. 242-247. doi: 10.1016/j.cej.2014.07.037

20 Magomedov R.N., Pripakhailo A.V., Maryutina T.A. Effect of the Phase State of the Solvent on Solvent Deactivation of Tar by n-Pentane // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. 2019. V. 54. №. 6. P. 721-732. doi: 10.1007/s10553-019-00979-w

References

1 Khalikova D.A., Petrov S.M., Bashkirtseva N.Yu. Review of promising technologies for processing heavy high-viscosity oils and natural bitumen. Bulletin of Kazan Technological University. 2013. vol. 16. no. 3. (in Russian).

2 Khairudinov I.R., Sultanov F.M., Kutin Yu.A., Tikhonov A.A. et al. The process of solvent deasphalting is a promising basis for achieving high depth of oil refining. World of oil products. Bulletin of oil companies. 2011. no. 3. pp. 17-19. (in Russian).

3 Magomedov R.N., Pripahaylo A.V., Maryutina T.A. Influence of iron oxide nanoparticles on the efficiency of solvent deasphalting of oil residue with subcritical pentane. Supercritical fluids: Theory and practice. 2019. vol. 14. no. 3. pp. 56-63. (in Russian).

4 Degtyarev P.A., Zamkovoy N.P., Shmakov N.V. Modernization of the tar deasphalting unit with propane 36/2 m of shop 101 of the oil plant of JSC "ANHK". Izvestiya vuzov. Applied Chemistry and Biotechnology. 2013. no. 2 (5). pp. 66–71. (in Russian).

5 Zabbarov R.R., Akhmitshin A.A., Valeeva N.G. Modeling the process of deasphalting natural bitumen and heavy oil residues. Bulletin of Kazan Technological University. 2013. no. 18. vol. 16. pp. 270–271. (in Russian).

6 Akhmetov A.F., Krasilnikova Yu.V., Gerasimova E.V. Features of processing heavy oil residues. Oil and Gas Business. 2011. vol. 9. no. 1. pp. 101. (in Russian).

7 Li L., Liu Y., Wu K., Liu C. et al. Catalytic solvent regeneration of a CO2- loaded MEA solution using an acidic catalyst from industrial rough metatitanic acid. Greenhouse Gases: Science and Technology. 2020. vol. 10. no. 2. pp. 449-460. doi: 10.1002/ghg.1839

8 Wang T., Yu W., Le Moullec Y., Liu F. et al. Solvent regeneration by novel direct non-aqueous gas stripping process for post-combustion CO2 capture. Applied Energy. 2017. vol. 205. pp. 23-32. doi: 10.1016/j.apenergy.2017.07.040

9 Leimbrink M., Sandkämper S., Wardhaugh L., Maher D. et al. Energy-efficient solvent regeneration in enzymatic reactive absorption for carbon dioxide capture. Applied energy. 2017. vol. 208. pp. 263-276. doi: 10.1016/j.apenergy.2017.10.042

10 Bhatti U.H., Nam S., Park S., Baek I.H. Performance and mechanism of metal oxide catalyst-aided amine solvent regeneration. ACS Sustainable Chemistry & Engineering. 2018. vol. 6. no. 9. pp. 12079-12087. doi: 10.1021/acssuschemeng.8b02422

11 Sultanov F.M., Khairudinov I.R., Shoipov Kh.S., Nasyrov R.K. and others. Modernization of the block of solvent recovery from deasphalted solution at deasphalting units of 36/2, 36 / 2M type in order to reduce energy consumption. World of oil products. Bulletin of oil companies. 2014. no. 2. pp. 12-15. (in Russian).

12 Sultanov F.M., Akhmetov S.A., Sultanbaev A.Yu. Optimization of the basic unit for tar deasphalting. Network edition "Oil and Gas Business". 2014. no. 5. pp. 313-323. (in Russian).

13 Zamkovoy N.P., Smolyar A.V. Improving the efficiency of the tar deasphalting unit. Modern technologies and scientific and technical progress. 2019. vol. 1. pp. 15-16. (in Russian).

14 Zamkovoy N.P., Podoplelov E.V., Dementyev A.I. Increasing the efficiency of the propane tar deasphalting unit. Bulletin of the Angarsk State Technical University. 2019. vol. 1. no. 13. pp. 40-44. (in Russian).

15 Podzemelnov F.I., Korchagina T.K. Increasing the efficiency of the propane tar deasphalting unit. International Journal of Applied and Fundamental Research. 2017. no. 6-2. pp. 224-225. (in Russian).

16 Long J., Shen B., Ling H., Zhao J. Nonconventional vacuum residue upgrading blended with coal tar by solvent deasphalting and fluid catalytic cracking. Industrial & engineering chemistry research. 2012. vol. 51. no. 7. pp. 3058-3068. doi: 10.1021/ie202407u

17 Ruitian S., Dong L.I., Liangjun P.E.I., Yang Y.U.A.N. Effect of Deasphalting Solvent on Structure of Coal Tar Asphaltene. Acta Petrolei Sinica (Petroleum Processing Section). 2017. vol. 33. no. 6. pp. 1209.

18 Long J., Shen B., Zhao J., Ling H. et al. Mechanism of improving atmospheric solvent deasphalting process by vacuum residue blending with coal tar. Acta Petrolei Sinica (Petroleum Processing Section). 2012. vol. 1.

19 Shin S., Lee J.M., Hwang J.W., Jung H.W. et al. Physical and rheological properties of deasphalted oil produced from solvent deasphalting. Chemical Engineering Journal. 2014. vol. 257. pp. 242-247. doi: 10.1016/j.cej.2014.07.037

20 Magomedov R.N., Pripakhailo A.V., Maryutina T.A. Effect of the Phase State of the Solvent on Solvent Deactivation of Tar by n-Pentane. Chemistry and Technology of Fuels and Oils. 2019. vol. 54. no. 6. pp. 721-732. doi: 10.1007/s10553-019-00979-w

Сведения об авторах

Артём В. Мясоедов магистрант, кафедра химии и химической технологии, Самарский государственный технический университет, филиал в г. Новокуйбышевске, ул. Миронова, 5, г. Новокуйбышевск, 446200, Россия, myasoedov.artyom@ya.ru

Сергей В. Попов к.т.н., доцент, кафедра химии и химической технологии, Самарский государственный технический университет, филиал в г. Новокуйбышевске, ул. Миронова, 5, г. Новокуйбышевск, 446200, Россия, svpopov2018@ya.ru

https://orcid.org/0000-0003-0533-9049

Оксана В. Хабибрахманова к.х.н., доцент, кафедра химии и химической технологии, Самарский государственный технический университет, филиал в г. Новокуйбышевске, ул. Миронова, 5, г. Новокуйбышевск, 446200, Россия, chemicaluniversity@mail.ru

https://orcid.org/0000-0002-1523-9861

Information about authors

Artyom V. Myasoedov master student, chemistry and chemical technology department, Samara State Technical University, branch in Novokuibyshevsk, st. Mironova, 5, Novokuibyshevsk, 446200, Russia, myasoedov.artyom@ya.ru

Sergey V. Popov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, chemistry and chemical technology department, Samara State Technical University, branch in Novokuibyshevsk, st. Mironova, 5, Novokuibyshevsk, 446200, Russia, svpopov2018@ya.ru

https://orcid.org/0000-0003-0533-9049

Oksana V. Khabibrakhmanova Cand. Sci. (Chem.), associate professor, chemistry and chemical technology department, Samara State Technical University, branch in Novokuibyshevsk, st. Mironova, 5, Novokuibyshevsk, 446200, Russia, chemicaluniversity@mail.ru

https://orcid.org/0000-0002-1523-9861

Вклад авторов

Артём В. Мясоедов обзор литературных источников по исследуемой проблеме, разработал модели и провел вычислительный эксперимент

Сергей В. Попов разработал модели и провел вычислительный эксперимент

Оксана В. Хабибрахманова консультация в ходе исследования

Contribution

Artyom V. Myasoedov review of the literature on an investigated problem, developed models and conducted a computational experiment

Sergey V. Popov developed models and conducted a computational experiment

Oksana V. Khabibrakhmanova consultation during the study

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 14/04/2021	**После редакции** 10/05/2021	**Принята в печать** 01/06/2021

Received 14/04/2021	**Accepted in revised** 10/05/2021	**Accepted** 01/06/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-208-216 Оригинальная статья/Research article
УДК 664.35 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Применение метода дифференциальной сканирующей калориметрии при исследовании свойств масличного сырья и продуктов его переработки на примере расторопши пятнистой

Игорь С. Саранов	[1]	mr.saranov@mil.ru	0000-0002-9510-5168
Олег Б. Рудаков	[2]	robi57@mail.ru	0000-0003-2527-2857
Константин К. Полянский	[3]	kaf-kit@vfreu.ru	0000-0002-8817-1466
Арсен Ш. Рамазанов	[4]	a_ramazanov_mail.ru	0000-0003-3740-0262
Шамсият А. Балаева	[4]	balashamsiyat@mail.ru	0000-0002-9684-3437
Дмитрий С. Киселев	[1]	dmitriy.s.k72@yandex.ru	0000-0002-1335-6685

1 Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия
2 Воронежский государственный технический университет, ул. 20 лет Октября, 84, Воронеж, 394006, Россия
3 Воронежский филиал Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова, ул. Карла Маркса, 67а, г Воронеж, 394030, Россия
4 Дагестанский государственный университет, ул. М Гаджиева, д. 43-а, г. Махачкала, 367000, Россия, Республика Дагестан

Аннотация. Методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) охарактеризованы теплофизические свойства при плавлении образцов масла расторопши пятнистой различного географического происхождения, семян и шрота. Обобщен мировой опыт применения метода ДСК при исследовании масел расторопши пятнистой. Описана температурная программа измерений. Показано, что при общем подобии профилей кривых плавления ДСК, наблюдаются различия профилей, обусловленные генотипическими и фенотипическими факторами – сортом, местом произрастания. Кривые ДСК свежеотжатого масла отличаются от кривых ДСК после хранения масла в течение 6 месяцев за счет окислительной порчи и образования более тугоплавких частично окисленных триацилглицеринов. Этот факт представляет интерес для определения возможностей метода ДСК в контроле свежести растительных масел. Амплитуды пиков на кривых ДСК свежего масла оказываются выше, чем у масла, которое хранилось при комнатной температуре в течение шести месяцев. Двукратное дифференцирование кривых плавления позволяет выявить температуры фазовых переходов в случае перекрывающихся эндотермических пиков, установление которых без двойного дифференцирования затруднено. Использование программного обеспечения Netzsch Peak Separation для разделения пиков на кривых плавления позволяет в первом приближении оценить площади перекрывающихся пиков и повысить информативность данных ДСК. При термическом анализе семян и шрота расторопши установлено, что в шроте содержится остаточное количество масла, в котором доля триненасыщенных жиров завышена по сравнению с семенами, что указывает на то, что триненасыщенные жиры труднее извлекаются из масла методом холодного отжима.

Ключевые слова: дифференциальная сканирующая калориметрия, расторопша, масличное сырье, растительное масло, термический анализ, плавление.

Application of the method of differential scanning calorimetry in the study of the properties of oilseeds

Igor A. Saranov	[1]	mr.saranov@mil.ru	0000-0002-9510-5168
Oleg B. Rudakov	[2]	robi57@mail.ru	0000-0003-2527-2857
Konstantin K. Polansky	[3]	kaf-kit@vfreu.ru	0000-0002-8817-1466
Arsen Sh. Ramazanov	[4]	a_ramazanov_mail.ru	0000-0003-3740-0262
Shamsiyat A. Balaeva	[4]	balashamsiyat@mail.ru	0000-0002-9684-3437
Dmitriy S. Kiselev	[1]	dmitriy.s.k72@yandex.ru	0000-0002-1335-6685

1 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia
2 Voronezh State Technical University, ul. 20-letiya Oktiabria, 84, Voronezh, 394006, Russia
3 Russian Economic University named after G.V. Plekhanova (Voronezh branch), Karl Marx st., 67a, Voronezh, 394030, Russia
4 Dagestan State University, 43-a M Gadzhieva str., Makhachkala, 367000, Russia, Republic of Dagestan

Для цитирования

Саранов И.А., Рудаков О.Б., Полянский К.К. Рамазанов А.Ш., Балаева Ш.А., Киселев Д.С. Применение метода дифференциальной сканирующей калориметрии при исследовании свойств масличного сырья и продуктов его переработки на примере расторопши пятнистой // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 208–216. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-208-216

For citation

Saranov I.A., Rudakov O.B., Polyansky K.K., Ramazanov A.Sh., Balaeva Sh.A., Kiselev D.S. Application of the method of differential scanning calorimetry in the study of the properties of oilseeds. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 208–216. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-208-216

© 2021, Саранов И.А. / Saranov I.A. et al.

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Abstract. The method of differential scanning calorimetry (DSC) is used to characterize the thermophysical properties during melting of samples of milk thistle oil of various geographic origins, seeds and meal. The world experience in applying the DSC method on the study of milk thistle oils is generalized. The temperature measurement program is described. It is shown that, despite the general similarity of the curve profiles of the melting DSC, there are differences in the profiles due to genotypic and phenotypic factors - variety and growing location. The DSC curves of freshly squeezed oil distinguish from the DSC curves after 6 months storage of the oil due to oxidative deterioration and the formation of more refractory partially oxidized triacylglycerols. This fact is relevant to determining the capabilities of the DSC method in controlling the freshness of vegetable oils. The peaks amplitudes in the DSC curves of fresh oil are higher than those of oils that has been stored at room temperature for six months. Double differentiation of the melting curves makes it possible to reveal the temperatures of phase transitions in the case of overlapping endothermic peaks, the establishment of which is difficult without double differentiation. Using the «Netzsch Peak Separation» software to divide the peaks in the melting curves allows at once to estimate the areas of overlapping peaks and increase the informativeness of the DSC data. Thermal analysis of milk thistle seeds and meal reveals that the meal contains a residual amount of oil, in which the proportion of triunsaturated fats is overestimated in comparison to seeds, indicating that triunsaturated fats are more difficult to extract from oil by cold pressing.

Keywords: differential scanning calorimetry, milk thistle, oilseeds, vegetable oil, thermal analysis, melting.

Введение

Расторопша пятнистая (*Silybum marianum L.*) является представителем семейства Астровых. Отличительной особенностью расторопши пятнистой (РП) является наличие белых пятен на зеленых крупных и колючих листьях. Соцветия ярко сиреневого цвета собраны в корзину, окруженную шипами. Плоды РП имеют цвет от коричневого до черного, в зависимости от созревания. К овальному плоду прикреплен хохолок из простых щетинок. Двухлетнее растение в природе может достигать высоты до 1,5 м [1, 2]. Являясь эврибионтом, оно встречается во многих регионах юга России. Препараты из РП применяются как средства от болезней печени, желчного пузыря, селезенки, варикозного расширения вен. Гепатопротекторные и гепатозащитные свойства РП обусловлены содержанием в нем редких биологически активных веществ, а именно, флаволигнанов (силибина, силимарина, силикристина и пр.). В плодах РП обнаружено до 30% жирного масла [1–8]. В настоящее время из плодов РП получают жирное масло – источник высших полиненасыщенных жирных кислот. Масло РП с высоким содержанием витамина Е обладает противовоспалительным, ранозаживляющим и антиоксидантным действием. Его применяют перорально для улучшения липидного обмена, наружно для заживления ран. Шрот растения применяется для извлечения флаволигнанов.

Химический состав и содержание БАВ в растениях, в том числе и в РП, зависит от генотипических и фенотипических факторов: сорта, места произрастания, климатических и иных условий возделывания.

Химический состав масла РП, полученного различными методами из разного по сорту и местности произрастания растительного сырья, заметно варьирует (таблица 1).

Методом газохроматографического анализа в масле РП выявлено до 24 жирных кислот, но основные из них это линолевая – до 57%, олеиновая – до 33%, пальмитиновая – около 10%, стеариновая – в среднем 5%.

Таблица 1.

Состав жирных кислот жирного масла РП [1–8]

Table 1.

Composition of fatty acids of milk thistle oil [1–8]

ЖК FA	*W*, %
Пальмитиновая (C16:0) Palmitic (C16:0)	8–11 8–11
Стеариновая (C18:0) Stearic (C18:0)	3–11 3–11
Олеиновая (C18:1) Oleic acid (C18:1)	21–33 21–33
Линолевая (C18:2) Linoleic acid (C18:2)	35–57 35–57
Леноленовая (C18:3) Lenolenic (C18:3)	0–6 0–6
Арахиновая (C20:0) Arachidic (C20:0)	0–7 0–7
Эйказеновая (C20:1) Eikazenic (C20:1)	0–2 0–2
Бегеновая (C22:0) Behenic (C22:0)	0–4 0–4

Из результатов анализа витаминного состава следует, что в масле РП присутствуют жирорастворимые витамины А, Е и К и незначительные следы β-каротина.

Влияние разных доз жмыха расторопши на профилактику заболеваний печени у животных рассмотрено в работе [9]. В работах [10, 11] мука семян расторопши пятнистой была использована для повышения потребительской ценности продукции и пролонгирования ее сроков годности.

Контроль подлинности масла расторопши, культивируемой в Самарской области, предлагается осуществлять традиционно газохроматографически по данным о жирнокислотном составе – с применением капиллярной ГЖХ [5].

При изучении состава масла расторопши пятнистой, выращенной в Китае, и полученного различными методами (экстракции и холодного отжима) установлено, что метод экстракции не оказывает значительного влияния на профиль жирных кислот и триацилглицеринов (ТАГ), было рекомендовано контролировать состав ТАГ с применением высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Наиболее распространенными ТАГ для расторопши оказались олеилдилинолеилглицерин (OLL, ~20–21%), трилинолеилглицерин (LLL, ~ 18%), пальмитилолеиллинолеилглицерин (POL, ~ 15%) и пальмитилдилинолеилглицерин (PLL, ~ 11%) [12]. Эти данные хорошо согласуются с нашими данными [7]. ВЭЖХ может быть более надежным методом контроля подлинности растительных масел, чем ГЖХ. Вместе с тем, в работах [6, 7] показано, что хроматографические данные, как ГЖХ, так и ВЭЖХ, позволяют интерпретировать результаты термического анализа. Жирнокислотный и триглицеридный состав масел обуславливает характеристики профиля термограмм плавления ДСК, иначе говоря, максимумы эндотермических пиков и их площади значимо коррелируют с наличием тех или иных жирных кислот и ТАГ в жировой фазе. Отсюда был сделан вывод о том, что метод ДСК может быть самостоятельным методом контроля подлинности жидких растительных масел. Впрочем, теплофизические характеристики масел имеют важное значение не только с точки зрения химического анализа, но и с точки зрения пищевой технологии.

Таблица 2.
Температуры максимумов эндотермических пиков масла РП (Тунис)

Table 2.
Temperatures of the maxima of the endothermic peaks of the RP oil (Tunisia)

Место Location	Температура, °C Temperature, °C				
	1	2	3	4	5
Бизерта | Bizerta	-22,9	-11,6	-3,3	2,89	11,6
Зигуан | Ziguan	-20,5	-11,9	-3,1	4,6	-
Сус | Sousse	-20,6	11,6	-0,4	11,36	-

В работах [13,14] охарактеризованы состав и свойства РП, произрастающей в разных местностях Туниса. В результате термического анализа образцов из городов Бизерта, Зигуан и Сус выявлено, что при нагревании от -60 до 90 °C в масле РП различного географического положения наблюдается на кривой плавления ДСК от 4 до 5 пиков (Таблица 2).

Из данных работ [13,14] и их интерпретации сделан вывод об уникальности профиля диаграмм плавления ДСК и дана интерпретация эндотермических переходов, которую увязали с наличием в масле РП таких молекулярных разновидностей ТАГ, как LLL (22,30%), OLL (20,40%), PLL (17,31%), POL (14,30%) и OOL (7,90%), что не противоречит данным [12] с учетом природной волатильности, обусловленной генотипическими и фенотипическими факторами.

Цель работы – изучить возможность повышения информативности данных ДСК с применением расчетов вторых производных и программного разделения суперпозиций пиков тепловых эффектов на примере различных образцов масла расторопши пятнистой.

Материалы и методы

Образцы масел и сырья расторопши были получены из различных источников: произведены в лабораторных условиях в ВО «ВГУИТ» (методом холодного отжима с применением шнекового пресса), получены от ООО «Русская Олива», приобретены в розничной сети «Маслобойня №1», аптека «Вита». Термический анализ проводили на приборе синхронного термического анализа STA 449 F3 Jupiter® фирмы “NETZSCH” (Германия). Для анализа отбирали навески образцов сырья массой 15–22 мг. В качестве метода анализа использовали дифференциально-сканирующую калориметрию (ДСК) в температурном диапазоне от -150 до +20 ºС, скорость нагрева 5 град/мин. Систему охлаждали жидким азотом со скоростью 5 град/мин. Измерения выполняли в атмосфере гелия (расход продувочного газа 10 мл/мин, расход защитного газа 10 мл/мин). Точность измерения температуры составляла ±0.3º С.

Для повышения информативности термограмм, полученных методом ДСК, использовали программный расчет вторых производных кривых плавления ДСК и разделение суперпозиции плохо разделенных пиков тепловых эффектов в программе NETZSCH Peak Separation по алгоритму General.

Результаты

В результате термического анализа методом ДСК установлено, все профили плавления образцов масел РП могут в деталях заметно отличаться друг от друга (рисунок 1).

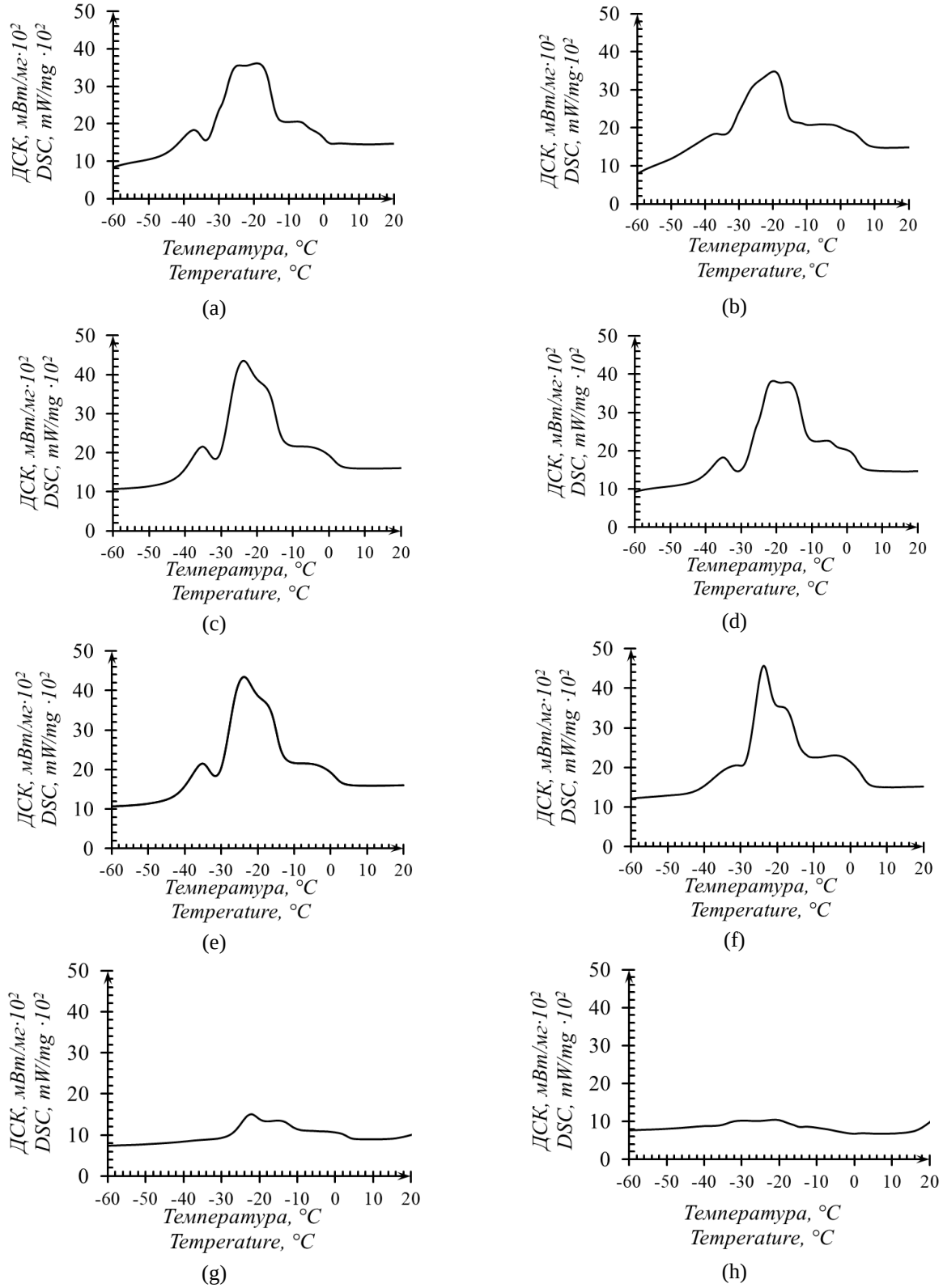


Рисунок 1. Термограммы плавления ДСК масел, семян и шрота расторопши пятнистой: (a) капсулированное масло расторопши, аптека «Вита»; (b) масло РП, «Маслобойня № 1», (c) масло РП, ООО «Русская Олива», (d) масло РП, ООО «Русская Олива», 6 мес хранения, (e) Масло РП, лаборатория ВГУИТ, (f) масло РП дикорастущей, Дагестан Маграметский район, (g) – семена РП, Липецкая область; (h) шрот семян РП, Липецкая область

Figure 1. Thermograms of melting of DSC oils, seeds and meal of milk thistle: a) encapsulated milk thistle oil, pharmacy "Vita»; (b) oil “Masloboynya 1” (c), oil LLC "Russkaya Oliva", (d) oil LLC "Russkaya Oliva", 6 months of storage, (e) oil, VSUIT laboratory, e) wild – growing oil, Dagestan, Magramet region, (g) seeds, Lipetsk region; (h) seed meal, Lipetsk region

Таблица 3.

Температуры пиков (° С) и их относительные площади (%)

Table 3.

Peak temperatures (° C) and relative areas (%)

Образец масла расторопши Sample Milk Thistle oil	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	$S_{общ}$, *Дж/г* *J/g*
Масло капсулированное аптечное Pharmaceutical oil	-37,5	-30,6	-26,1	-19,2	-16,1	-10,8	-6,3		9,7	2,2	23,1	46,3	4,1	3,2	11,4		61,4
	-35,2	*-29,4*	*-23,5*	*-15,1*	*-14,5*	*-5,1*	*0,3*										
Масло «Маслобойня № 1» Oil «Oil mill №1»	-38,7	-29,5	-25,4	-19,3	-11,4	-7,1	-1,5	3,8	17,0	2,7	26,9	31,2	2,28	7,8	9,5	2,7	63,3
	-35,6	*-29,5*	*-23,3*	*-16,7*	*-10,8*	*-5,1*	*-0,2*	*6,2*									
Масло ООО «Русская Олива» Oil of LLC «Russkaja Oliva»	-34,7		-24,3	-21,1	-15,1	-6,5	0,1		13,1	6,4	42,7	17,4	17,6	2,8			69,9
	-33,7	*-29,5*	*-24,2*	*-21,6*	*-14,5*			*1,2*									
Масло ООО «Русская Олива» (6 мес хранения) Oil of LLC «Russkaja Oliva» (6 months storage)	-35,7		-23,0	-20,7	-15,9	-5,8	0,1		9,4	4,4	37,7	24,7	35,5	11,9	6,2		70,8
	-34,7	*-30,4*	*-25,9*	*-22,3*	*-14,4*	*-4,2*		*2,4*									
Масло ВГУИТ Oil VSUET	-35,3		-24,2	-16,9	-9,4	-3,3			12,4		48,6	24,6	5,4	9,0			66,5
	-34,9	*-26,0*	*-24*	*-16,0*			*-0,2*										
Масло Дагестан, Маграметский район Oil Dagestan, Magrametsky district	-34,7		-24,5	-18,2	-10,2		-2,7	2,7	17,3		33,3	18,1	13,2	14,8	3,3		63,4
	-32,1		*-24,8*	*-17,9*		*-8,8*	*-1,1*	*5,2*									
Семена Липецкая область (влажность 5,2%, массовая доля жира 25,2%) Seeds Lipetsk region (moisture 5,2%, fat mass fraction 25,2%)			-22,4	-14,8		-4,8	0,2				33,7	46,4		11,3	8,6		15,1
			-22,4	*-13,5*		*-5,7*	*-2,0*	*1,9*									
Шрот семян, Липецкая обл. (W 6,8%, массовая доля жира 16,1%) Seed meal, Lipetsk region (W 6,8%, fat mass fraction 16,1%)	-40,5	-30,9	-21,1	-12,1	-8,3-				9,2		28,4	49,5	4,2	8,7			9,1
	-40,7	*-31,8*	*-20,3*	*-11,6*	*-7,0*			*2,4*									

В первом приближении на всех кривых плавления масел визуально наблюдается от трех до пяти максимумов. Даже если максимум выражен не явно, имеется несколько перегибов, свидетельствующих о нахождении максимума в данной области, обусловленного очередным фазовым переходом.

Для наиболее точного нахождения температуры максимума целесообразно использование второй производной, физический смыл которой заключается в нахождении ускорения плавления [14]. В таблице 3 представлены наиболее детально измеренные тепловые эффекты ряда образцов масла и растительного сырья из РП: прямые измерения температур максимумов эндотермических пиков по данным ДСК и температуры, определенные по вторым производным ДСК (цифры приведены курсивом), а также площади этих пиков, найденные при программном разделении суперпозиции не полностью разделенных пиков. Всего можно выделить до 8 фазовых переходов.

Обсуждение

При интерпретации полученных данных отметим, что для жирного масла РП ранее было установлено около 20 разнообразных ТАГ (без учета положения остатков ЖК в структуре молекулы) [12–20], которые в химической технологии жиров группируют на 4 фракции по степени ненасыщенности: 1) триненасыщенные (содержат три остатка ненасыщенных жирных кислот) ТАГ – UUU (U – unsaturated); 2) диненасыщенные, мононасыщенные – UUS (S – saturated); мононенасыщенные, динасыщенные – USS, и тринасыщенные ТАГ – SSS. Плоды РП, культивируемой в Липецкой области, например, содержат в жирном масле около 60% ТАГ типа UUU и только 3% SSS [7].

ТАГ, образованные преимущественно ненасыщенными жирными кислотами (UUU, UUS) имеют отрицательные температуры плавления, SSS – положительные [7]. В результате взаимной растворимости ТАГ, из-за наличия эвтектик, различных фазовых переходов, кривые ДСК

плавления жиров (смесей ТАГ) имеют несколько максимумов и экстремумов, уникальных не только для различных жиров, но и жиров, выделенных из сырья разными способами, свежего жира и жира, подвергшегося окислительной порче при хранении.

Если T_i основных пиков достаточно точно определяется на кривых ДСК, то для определения T_i слабо выраженных термических эффектов, так называемых “плеч” на основных пиках, целесообразно применять вторые производные от ДСК по времени (рисунок 2).

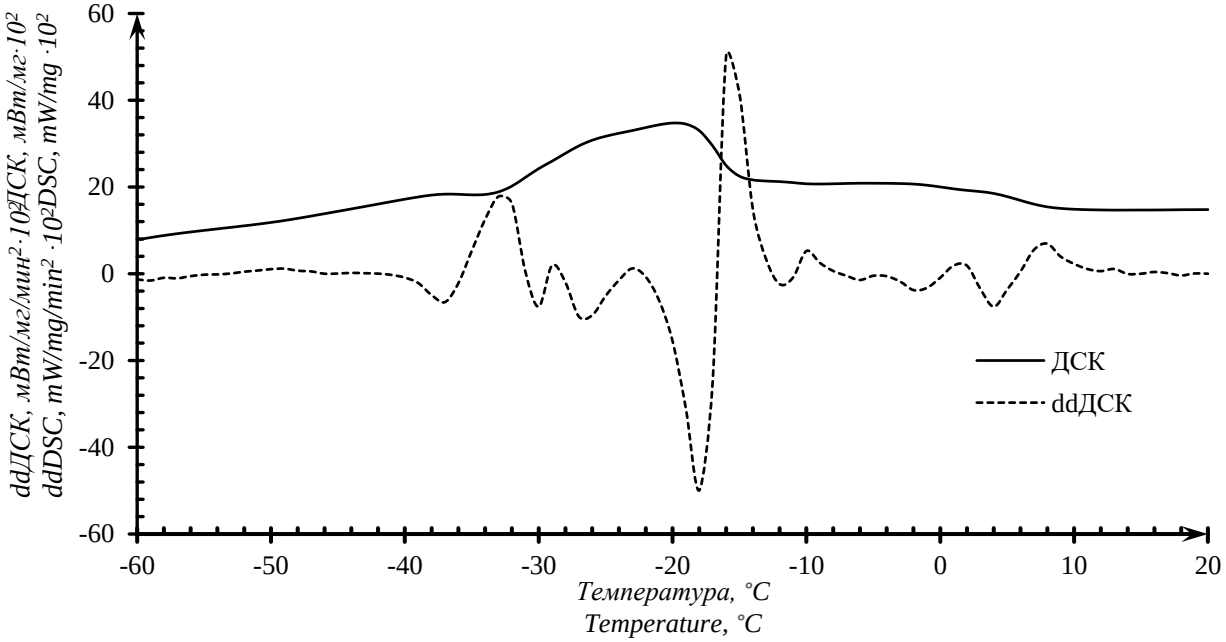


Рисунок 2. Термограмма плавления ДСК масла РП производителя «Маслобойня № 1» и ее вторая производная по времени (ddДСК)

Figure 2. DSC melting thermogram of oil RP produced by "Masloboynya 1" and its second time derivative (ddDSC)

Рассмотрим приведенные в табл. 3 установленные величины теплофизических характеристик исследуемых образцов – T_i и площади S_i, найденные в результате компьютерного разделения накладывающихся пиков. В работе [7] показано, что жидкие растительные масла, содержащие в своем составе > 60% UUU и около 20% UUS, например, оливковое, имеют на кривых плавления ДСК наиболее ярко выраженный эндотермический пик в области от -42 до +6° С, на плечах которого слева и справа проявляются как минимум еще два-три заметных пика.

Максимум при T_1. Как видно из таблицы 3, максимум пика при T_1 слабо варьирует от -40,7 до -32,1 ºС, этот пик можно отнести, прежде всего, к фракции ТАГ UUU с наименьшими температурами плавления, в частности, он формируется за счет наличия L_3 [7].

Максимум при T_2. Второй пик с максимумом при T_2 от -31,8 до -26.0 ºС также формируются, скорее всего, за счет ТАГ UUU.

Максимум при T_3° от -26,1 до -20,3 ºС имеет наибольшую площадь. Его формирует смесь фракций ТАГ UUU с примесью UUS, в которых присутствуют остатки линолевой и олеиновой кислот с примесью пальмитиновой кислоты – L_3, L_2 O, LOP, при этом возрастание доли ТАГ типа LOP, LOS, как показано в [7], приводит к смещению максимума пика в область более высоких температур за счет включения в состав ТАГ остатков пальмитиновой, стеариновой и других насыщенных ЖК.

Максимум при T_4 смещается от -21.6 до -11.6 ºС, он формируется смесью, содержащей преимущественно ТАГ UUS, с примесью UUU и USS. Увеличение доли олеиновой, пальмитиновой и стеариновой кислот и суммы USS смещает максимум пика в область более высоких температур [7].

Максимум при T_5. Этот нечеткий пик при -16.1 до -7.0 ºС скорее всего образуют ТАГ из фракция USS.

Максимум при T_6 от -10,8 до -5,7 ºС обусловлен также наличием более узкой фракции ТАГ типа USS и, возможно, небольшой долей SSS. Об этом говорит то, что этот пик находится в области отрицательных температур.

Максимум при T_7 от -6,3 до +0,1 ºС обусловлен также наличием фракции ТАГ типа USS и большей долей SSS, чем при T_6. Об этом говорит то, что этот пик смещен в сторону положительных температур.

Максимум при T_8, от +1,2 до +6,2 ºС связан с фазовым переходом ТАГ USS и SSS, содержащих пальмитиновую, стеариновую, арахиновую и бегеновую кислоты. Скорее всего

на термограммах исследуемых образцов отсутствует пик, характеризующий «чистую» фракцию SSS, так как положительные значения температур в максимумах не слишком велики.

Если проанализировать изменение профиля ДСК свежеотжатого масла РП и масла, после полугода хранения в темной стеклянной таре в комнатных условиях, можно заметить смещение пиков T_6 и T_8 в сторону более высоких температур и увеличение площади пиков, характеризующих более тугоплавкие фракции, одновременно с этим наблюдается уменьшение площади пиков тепловых эффектов полиненасыщенных ТАГ. Это можно объяснить окислительной порчей, в результате которой отдельные полиеновые жирные кислоты в ТАГ приобретают кислородсодержащие функциональные группы – пероксидные, эпоксидные, диольные и карбонильные. Кислородсодержащие функциональные группы в углеводородных радикалах лучше вступают в межмолекулярные взаимодействия, что приводит к увеличению температуры фазовых переходов ТАГ, содержащих частично окисленные фрагменты жирных кислот. Семена, лишенные масла, а именно, шелуха семян расторопши, так называемый шрот, помимо клетчатки, флаволигнанов содержит остаточные количества масла, состав которого принципиально не отличается от состава масла в семенах, хотя обращает внимание наличие заметной фракции с пиком при -40,7 ° С, то есть, часть полиненасыщенных ТАГ типа UUU экстрагируется из семян хуже. Что касается масла расторопши дикорастущей в Дагестане, оно имеет свой профиль, несколько отличный от масла РП, культивируемой в Липецкой области, в нем меньше относительное количество фракции, имеющий пик в области T_4 и больше ТАГ с более высокой температурой фазового перехода

Заключение

Термический анализ образцов масла расторопши пятнистой показал, что при общем подобии профилей кривых плавления ДСК, они имеют различия, обусловленные различными генотипическими и фенотипическими факторами – сортом, местом и условиями произрастания. Кривые ДСК свежеотжатого масла отличаются от кривых ДСК после хранения масла в течение 6 месяцев. Этот факт следует изучить с целью определения возможностей метода ДСК в контроле свежести масла. Двукратное дифференцирование позволяет выявить температуры фазовых переходов в случае перекрывающихся пиков плавления, поиск которых без двойного дифференцирования затруднен. Использование программного обеспечения для разделения пиков позволяет в первом приближении оценить площади перекрывающихся пиков и повысить информативность данных ДСК. При термическом анализе семян и шрота расторопши установлено, что в шроте содержится остаточное количество масла, в котором доля триненасыщенных жиров завышена по сравнению с семенами, что указывает на то, что они труднее извлекаются из масла методом холодного отжима.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта № МК-590.2020.8.

Литература

1. Куркин В.А., Запесочная Г.Г., Авдеева Е.В., Рыжов В.М. и др. Расторопша пятнистая: монография. Самара, 2010. 118 с.

2. Щекатихина А.С., Власова Т.М., Курченко В.П. Получение биологически активных веществ из семян расторопши пятнистой (Silybum marianum (L.)) // Труды БГУ. 2008. Т. 3. № 1. С. 218–228.

3. Рамазанов А.Ш., Балаева Ш.А., Шахбанов К.Ш. Химический состав плодов и масла расторопши пятнистой, произрастающей на территории Республики Дагестан // Химия растительного сырья. 2019. № 2. С. 113–118. doi: 10.14258/jcprm.2019024441.

4. Рамазанов А.Ш., Балаева Ш.А. Экстракция жирного масла из плодов расторопши пятнистой сверхкритическим диоксидом углерода // Сверхкритические флюиды. Теория и практика. 2020. Т.15. № 4. 49–59 с.

5. Куркин В.А, Сазонова О.В., Росихин Д.В., Рязанова Т.К. Жирнокислотный состав масла плодов расторопши пятнистой, культивируемой в Самарской области. 2017. № 3. С. 101–103.

6. Саранов И.А., Рудаков О.Б, Ветров А.В., Полянский К.К., Клейменова Н.Л. Дифференциальная сканирующая калориметрия жидких растительных масел // Химия растительного сырья. 2020. № 4. С. 157–164.

7. Рудаков О.Б., Саранов И.А., Нгуен Ван Ань, Рудакова Л.В. и др. Дифференциальная сканирующая калориметрия как метод контроля подлинности растительных масел // Журнал аналитической химии. 2021. Т.76. № 2. С. 183–192.

8. Клейменова Н.Л. Жирнокислотный состав масла семян расторопши пятнистой, полученного методом холодного прессования // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. №. 4. С. 102–106.

9. Байматов В.Н. и др. Влияние продуктов переработки расторопши пятнистой на организм животных // Ветеринария и кормление. 2016. №. 1. С. 14–17.

10. Тимакова Р.Т. Формирование потребительской ценности творога пролонгированного срока годности при использовании муки из семян расторопши пятнистой // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. №. 3 (81).

11. Choe U., Li Y., Gao B., Yu L. et al. The chemical composition of a cold-pressed milk thistle seed flour extract, and its potential health beneficial properties // Food & function. 2019. V. 10. №. 5. P. 2461–2470. doi: 10.1039/C9FO00377K

12. Zhang Z.S., Wang S., Liu H., Li B.Z. et al. Constituents and thermal properties of milk thistle seed oils extracted with three methods // LWT. 2020. V. 126. P. 109282. doi: 10.1016/j.lwt.2020.109282

13. Harrabi S., Romdhane H., Daassa M., Fellah H. Fatty acid and triacylglycerol compositions of milk thistle seeds growing wild in Tunisia (Silybum marianum L.) // Acta Alimentaria. 2015. V. 44. №. 2. P. 304–310. doi: 10.1556/066.2015.44.0007

14. Meddeb W., Rezig L., Abderrabba M., Lizard G., Mejri M. Tunisian milk thistle: An investigation of the chemical composition and the characterization of its cold-pressed seed oils // International journal of molecular sciences. 2017. V. 18. №. 12. P. 2582. doi: 10.3390/ijms18122582

15. Саранов И.А. и др. Применение второй производной ДСК в качестве аналитического сигнала при идентификации растительных масел // Новые концептуальные подходы к решению глобальной проблемы обеспечения продовольственной безопасности в современных условиях. 2020. С. 340–342.

16. Fathi-Achachlouei B., Azadmard-Damirchi S., Zahedi Y., Shaddel R. Microwave pretreatment as a promising strategy for increment of nutraceutical content and extraction yield of oil from milk thistle seed // Industrial crops and products. 2019. V. 128. P. 527-533. doi: 10.1016/j.indcrop.2018.11.034

17. Zarrouk A., Martine L., Grégoire S., Nury T. et al. Profile of fatty acids, tocopherols, phytosterols and polyphenols in mediterranean oils (argan oils, olive oils, milk thistle seed oils and nigella seed oil) and evaluation of their antioxidant and cytoprotective activities // Current pharmaceutical design. 2019. V. 25. №. 15. P. 1791-1805. doi: 10.2174/1381612825666190705192902

18. Harrabi S., Ferchichi A., Bacheli A., Fellah H. Policosanol composition, antioxidant and anti-arthritic activities of milk thistle (Silybium marianum L.) oil at different seed maturity stages // Lipids in health and disease. 2018. V. 17. №. 1. P. 82. doi: 10.1186/s12944-018-0682-z

19. Bryś J., Górska A., Wirkowska-Wojdyła M., Ostrowska-Ligęza E. et al. Use of GC and PDSC methods to characterize human milk fat substitutes obtained from lard and milk thistle oil mixtures // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2017. V. 130. №. 1. P. 319-327. doi: 10.1007/s10973-017-6452-8

20. Afshar R.K., Chaichi M.R., Assareh M.H., Hashemi M. et al. Interactive effect of deficit irrigation and soil organic amendments on seed yield and flavonolignan production of milk thistle (Silybum marianum L. Gaertn.) // Industrial Crops and Products. 2014. V. 58. P. 166-172. doi: 10.1016/j.indcrop.2014.03.043

References

1 Kurkin V.A., Zapesochnaya G.G., Avdeeva E.V., Ryzhov V.M. et al. Milk thistle: monograph. Samara, 2010. 118 p. (in Russian).

2 Shchekatikhina A.S., Vlasova T.M., Kurchenko V.P. Obtaining biologically active substances from the seeds of milk thistle (Silybum marianum (L.)). Proceedings of BSU. 2008. vol. 3. no. 1. pp. 218–228. (in Russian).

3 Ramazanov A.Sh., Balaeva Sh.A., Shakhbanov K.Sh. Chemical composition of fruits and oil of milk thistle growing on the territory of the Republic of Dagestan. Chemistry of vegetable raw materials. 2019. no. 2. pp. 113–118. doi: 10.14258/jcprm.2019024441 (in Russian).

4 Ramazanov A.Sh., Balaeva Sh.A. Extraction of fatty oil from fruits of milk thistle by supercritical carbon dioxide. Supercritical fluids. Theory and practice. 2020. vol.15. no. 4. pp. 49–59. (in Russian).

5 Kurkin V.A., Sazonova O.V., Rosikhin D.V., Ryazanova T.K. Fatty acid composition of the oil of the fruits of thistle-thistle, cultivated in the Samara region. 2017. no. 3. pp.101–103. (in Russian).

6 Saranov I.A., Rudakov O.B, Vetrov A.V., Polyansky K.K. et al. Differential scanning calorimetry of liquid vegetable oils. Chemistry of vegetable raw materials. 2020. no. 4. pp. 157–164. (in Russian).

7 Rudakov O.B., Saranov I.A., Nguyen Van An, Rudakova L.V. et al. Differential scanning calorimetry as a method for controlling the authenticity of vegetable oils. Journal of Analytical Chemistry. 2021. vol. 76. no. 2. pp. 183–192. (in Russian).

8 Kleimenova N.L. Fatty acid composition of milk thistle seed oil obtained by cold pressing. Proceedings of VSUET. 2020. vol. 82. no. 4. pp. 102–106. (in Russian).

9 Baimatov V.N. et al. Influence of milk thistle processing products on the animal organism. Veterinary medicine and feeding. 2016. no. 1. pp. 14–17. (in Russian).

10 Timakova R.T. Formation of consumer value of cottage cheese with prolonged shelf life when using flour from milk thistle seeds. Proceedings of VSUET. 2019. vol. 81. no. 3 (81). (in Russian).

11 Choe U., Li Y., Gao B., Yu L. et al. The chemical composition of a cold-pressed milk thistle seed flour extract, and its potential health beneficial properties. Food & function. 2019. vol. 10. no. 5. pp. 2461–2470. doi: 10.1039/C9FO00377K

12 Zhang Z.S., Wang S., Liu H., Li B.Z. et al. Constituents and thermal properties of milk thistle seed oils extracted with three methods. LWT. 2020. vol. 126. pp. 109282. doi: 10.1016/j.lwt.2020.109282

13 Harrabi S., Romdhane H., Daassa M., Fellah H. Fatty acid and triacylglycerol compositions of milk thistle seeds growing wild in Tunisia (Silybum marianum L.). Acta Alimentaria. 2015. vol. 44. no. 2. pp. 304–310. doi: 10.1556/066.2015.44.0007

14 Meddeb W., Rezig L., Abderrabba M., Lizard G., Mejri M. Tunisian milk thistle: An investigation of the chemical composition and the characterization of its cold-pressed seed oils. International journal of molecular sciences. 2017. vol. 18. no. 12. pp. 2582. doi: 10.3390/ijms18122582

15 Saranov IA et al. Application of the second derivative of DSC as an analytical signal in the identification of vegetable oils. New conceptual approaches to solving the global problem of ensuring food security in modern conditions. 2020. pp. 340–342. (in Russian).

16 Fathi-Achachlouei B., Azadmard-Damirchi S., Zahedi Y., Shaddel R. Microwave pretreatment as a promising strategy for increment of nutraceutical content and extraction yield of oil from milk thistle seed. Industrial crops and products. 2019. vol. 128. pp. 527-533. doi: 10.1016/j.indcrop.2018.11.034

17 Zarrouk A., Martine L., Grégoire S., Nury T. et al. Profile of fatty acids, tocopherols, phytosterols and polyphenols in mediterranean oils (argan oils, olive oils, milk thistle seed oils and nigella seed oil) and evaluation of their antioxidant and cytoprotective activities. Current pharmaceutical design. 2019. vol. 25. no. 15. pp. 1791-1805. doi: 10.2174/ 1381612825666190705192902

18 Harrabi S., Ferchichi A., Bacheli A., Fellah H. Policosanol composition, antioxidant and anti-arthritic activities of milk thistle (*Silybium marianum L.*) oil at different seed maturity stages. Lipids in health and disease. 2018. vol. 17. no. 1. pp. 82. doi: 10.1186/s12944-018-0682-z

19 Bryś J., Górska A., Wirkowska-Wojdyła M., Ostrowska-Ligęza E. et al. Use of GC and PDSC methods to characterize human milk fat substitutes obtained from lard and milk thistle oil mixtures. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2017. vol. 130. no. 1. pp. 319-327. doi: 10.1007/s10973-017-6452-8

20 Afshar R.K., Chaichi M.R., Assareh M.H., Hashemi M. et al. Interactive effect of deficit irrigation and soil organic amendments on seed yield and flavonolignan production of milk thistle (Silybum marianum L. Gaertn.). Industrial Crops and Products. 2014. vol. 58. pp. 166-172. doi: 10.1016/j.indcrop.2014.03.043

Сведения об авторах

Игорь С. Саранов к.т.н., старший преподаватель, кафедра информационной безопасности, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, mr.saranov@mil.ru
https://orcid.org/0000-0002-9510-5168

Олег Б. Рудаков д.х.н., профессор, заведующий кафедрой, кафедра химии и химической технологии материалов, Воронежский государственный технический университет, ул. 20 лет Октября, 84, Воронеж, 394006, Россия, robi57@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-2527-2857

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
https://orcid.org/0000-0002-8817-1466

Арсен Ш. Рамазанов д.х.н., профессор, заведующий кафедрой, кафедра аналитической и фармацевтической химии, Дагестанский государственный университет, ул. М. Гаджиева, 37а, г. Махачкала, 367000, Республика Дагестан, Россия, a_ramazanov_mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-3740-0262

Шамсият А. Балаева старший лаборант, кафедра аналитической и фармацевтической химии, Дагестанский государственный университет, ул. М. Гаджиева, 37а, г. Махачкала, 367000, Республика Дагестан, Россия, balashamsiyat@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-9684-3437

Дмитрий С. Киселев студент, кафедра информационной безопасности, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, dmitriy.s.k72@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0002-1335-6685

Information about authors

Igor A. Saranov Cand. Sci. (Engin.), senior lecturer, information security department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, mr.saranov@mil.ru
https://orcid.org/0000-0002-9510-5168

Oleg B. Rudakov Dr. Sci. (Chem.), professor, chemistry and chemical technology of materials department, Voronezh State Technical University, ul. 20-letiya Oktiabria, 84, Voronezh, 394006, Russia, robi57@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-2527-2857

Konstantin K. Polansky Dr. Sci. (Engin.), professor, commerce and commodity department, Russian Economic University named after G.V. Plekhanova, Karl Marx st., 67a Voronezh, 394030, kaf-kit@vfreu.ru
https://orcid.org/0000-0002-8817-1466

Arsen Sh. Ramazanov Dr. Sci. (Chem), professor, analytical and pharmaceutical chemistry department, Dagestan State University, M. Gadzhiev st., 37a, Makhachkala, Republic of Dagestan, Russia, a_ramazanov_mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-3740-0262

Shamsiyat A. Balaeva assistant, analytical and farmaceutical chemistry department, Dagestan State University, M. Gadzhiev st., 37a, Makhachkala, Republic Dagestan, Russia, balashamsiyat@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-9684-3437

Dmitriy S. Kiselev student, information security department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av. 19, Voronezh, 394036, Russia, dmitriy.s.k72@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0002-1335-6685

Вклад авторов

Игорь С. Саранов предложил методику проведения эксперимента, провел анализ методом дифференциальной сканирующей калориметрии.
Олег Б. Рудаков обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты
Константин К. Полянский консультация в ходе исследования
Арсен Ш. Рамазанов консультация в ходе исследования
Шамсият А. Балаева обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты
Дмитрий С. Киселев перевод и литературный обзор

Contribution

Igor A. Saranov proposed a methology for the experiment, carried out an analysis by the method of the differential scanning calorimetry
Oleg B. Rudakov review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations
Konstantin K. Polansky consultation during the study
Arsen Sh. Ramazanov consultation during the study
Shamsiyat A. Balaeva review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Dmitriy S. Kiselev translation and literature review

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 21/04/2021	**После редакции** 12/05/2021	**Принята в печать** 28/05/2021

Received 21/04/2021	**Accepted in revised** 12/05/2021	**Accepted** 28/05/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-217-223 Обзорная статья/Review article
УДК 661.25 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Метод производства жидкого диоксида серы на основе серы и кислорода. Разработка и исследование рентабельного способа

Марина А. Зеленова-Гюльалиева [1] mzelenova@phosagro.ru 0000-0002-2787-8723
Владимир В. Игин [1] vigin@phosagro.ru
Константин В. Аксенчик [2] kvaksenchick@chsu.ru

1 АО «Научно-исследовательский институт по удобрениям и инсектофунгицидам имени профессора Я.В Самойлова», Северное шоссе, 75, Череповец, Российская Федерация, 162622
2 Череповецкий государственный университет, пр. Луначарского, 5, Череповец, Российская Федерация, 162622

Аннотация. В статье обсуждается актуальность промышленного производства жидкого диоксида серы, а также области его применения. В статье приведена краткая характеристика известных способов производства жидкого диоксида серы: применение обжигового газа; сероолеумный способ; многоступенчатая конденсация; низкотемпературный криогенный процесс; окисление серы кислородом при его стехиометрическом недостатке. В ходе проведенного анализа были выявлены основные недостатки рассмотренных методов, которые позволили разработать инновационный вариант технологической схемы производства. На основании полученных данных, в АО «НИУИФ» был разработан и запатентован способ получения жидкого диоксида серы, основным сырьём которого является сера и кислород в стехиометрическом недостатке. Принципиальным отличием предлагаемой промышленной схемы является применение технического кислорода вместо воздушного дутья и использование в аппаратурной схеме серной печи и конденсатора паров серы, совмещённых в одном корпусе. Предложенное решение значительно снижает энергозатраты и исключает возможность кристаллизации жидкой серы в оборудовании. Поэтому, данную схему можно считать более надежной и целесообразной по сравнению с существующими. Также, в технологической схеме разработанной установки, на производство 1 т жидкого диоксида серы требуются существенно меньшие энергозатраты, чем в существующих технологиях. Для определения конструктивных параметров оборудования и отработки процессов, в статье приведено описание лабораторной установки получения жидкого диоксида серы, разработанной и уже смонтированной в АО «НИУИФ». В настоящий момент на установке проводятся эксперименты с целью наладки режима работы и наработки физико-химических данных процесса.

Ключевые слова: жидкий диоксид серы, сера, кислород, конденсация, сжигание

Liquid sulfur dioxide production method based on sulfur and oxygen. R&D of economically feasible method

Marina A. Zelenova-Gyulalieva [1] mzelenova@phosagro.ru 0000-0002-2787-8723
Vladimir V. Igin [1] vigin@phosagro.ru
Konstantin V. Aksenchik [2] kvaksenchick@chsu.ru

1 The Research Institute for Fertilizers and Insectofungicides Named after Professor Y. Samoilov, Severnoye shosse, 75, Cherepovets, Russia, 162622
2 Cherepovets State University, Lunacharskogo ave., 5, Cherepovets, Russia, 162600

Abstract. The article shows the relevance of the industrial production of liquid sulfur dioxide, as well as the fields of its application. Herewith there is provided a brief description of the known methods for the production of liquid sulfur dioxide: the use of roast gas; sulfur-oleum method; multi-stage condensation; low temperature cryogenic process; oxidation of sulfur with oxygen under its stoichiometric deficiency. In the course of the analysis, the main shortcomings of the considered methods were identified, which made it possible to develop an innovative version of the process scheme. Based on the data obtained, JSC “NIUIF” has developed and patented a method for producing liquid sulfur dioxide, the main raw material of which is sulfur and oxygen under its stoichiometric deficiency. The principal difference of the proposed industrial scheme is the use of technical oxygen instead of air blast and the use of a sulfur furnace and a sulfur vapor condenser combined in one housing in the apparatus scheme. The proposed solution significantly reduces energy consumption and eliminates the possibility of liquid sulfur crystallizing inside the equipment. Therefore, this scheme can be considered more reliable and reasonable in comparison with the existing ones. Also, in the process scheme of the developed unit, the production of 1 ton of liquid sulfur dioxide consumes significantly less energy than in the existing technologies. To determine the design parameters of the equipment and master the processes, the article describes a lab unit for producing liquid sulfur dioxide, developed and already installed at JSC "NIUIF". At the moment, experiments are carried out at the facility for the purpose of adjusting the operation mode and collecting the physical and chemical process data**.**

Keywords: liquid sulphur dioxide, sulfur, oxygen, combustion, condensation

Для цитирования
Зеленова-Гюльалиева М.А Игин В.В Аксенчик К.В. Метод производства жидкого диоксида серы на основе серы и кислорода. Разработка и исследование рентабельного способа // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 217–223. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-217-223

For citation
Zelenova-Gyulalieva M.A., Igin V.V., Aksenchik K.V. Liquid sulfur dioxide production method based on sulfur and oxygen. R&D of economically feasible method. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 217–223. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-217-223

© 2021, Зеленова-Гюльалиева М.А. и др. / Marina A. Zelenova-Gyulalieva. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Основными потребителями жидкого диоксида серы в РФ и за рубежом являются целлюлозно-бумажные производства. Жидкий диоксид серы используется в винодельческой промышленности в качестве лучшего антимикробного агента [1], а также в качестве реагента для производства хлорсульфированного полиэтилена.

Производство жидкого диоксида серы в РФ сконцентрировано в уфимском предприятии «Биомедхим» и нижегородской группе компаний «ВитаХим». Однако, наибольшие производственные мощности диоксида серы находится за границей, а именно в китайской компании Wuhan Newradar Trade Company Limited и финских предприятиях. Используемые технологии и физико-химические данные процессов в открытом доступе отсутствуют [2].

Материалы и методы

Существуют различные способы получения жидкого диоксида серы. Изучив основные из них были выявлены их главные недостатки наиболее известных способов. Рассмотрим основные из них.

Получение жидкого диоксида серы из обжигового газа. К недостаткам данного метода относится: сложность аппаратурного оформления, неустойчивость поглотительных растворов, необходимость предварительного охлаждения обжигового газа, большие капитальные и энергетические затраты [3].

Получение жидкого диоксида серы сероолеумным способом. К недостаткам данного метода относится привязка к сернокислотному производству [4–6].

Получение жидкого диоксида серы многоступенчатым конденсированием. К недостаткам данного метода можно отнести энергозатратность оборудования, так как способ требует достижения глубоких минусовых температур [7].

Получение жидкого диоксида серы низкотемпературным криогенным процессом. К недостаткам данного метода относится привязка к сернокислотному производству и ограничения концентрации до 14 об. %. [8].

Получение жидкого диоксида серы путём окисления серы кислородом при его стехиометрическом недостатке в условиях непосредственного пропускания кислорода через слой жидкой серы в реакторе. К недостаткам данного метода относится привязка к сернокислотному производству и ограничения концентрации до 14 об. %. [9]. Анализ работы установки по данной схеме получения жидкого диоксида серы, выявил главный недостаток, затрудняющий её промышленную эксплуатацию – это пониженная надёжность работы установки из-за усложнённой схемы осуществления процесса конденсации паров серы и возврата её в жидком виде в реактор [10,11].

Цель работы – поиск и разработка инновационного энергетически выгодного способа получения жидкого диоксида серы без привязки к сернокислотному производству.

Обсуждение

В ходе проведенного обследования было установлено о необходимости и целесообразности создания усовершенствованной технологии по производству жидкого сернистого ангидрида, которая будет соответствовать новейшим требованиям.

В АО «НИУИФ» была разработана технологическая схема получения жидкого диоксида серы на основе серы и кислорода [12 15], которая защищена патентом № 2711642 от 17.01.2020. Основным сырьем по данной технологии является сера и кислород [16, 17].

Технологическая схема включает в себя следующие составляющие: узел плавления и фильтрации серы, серный насос, серную печь, совмещённую с конденсатором паров серы, линию подачи технического кислорода в серную печь, конденсатор диоксида серы, холодильную установку, насос жидкого диоксида серы и холодильники. Предложенное решение значительно снижает энергозатраты и исключает возможность кристаллизации жидкой серы в оборудовании. Поэтому, данную схему можно считать более надежной и целесообразной по сравнению с вышеперечисленными.

Схема установки представлена на рисунке 1.

Как было показано в [18], современный тренд развития отрасли минеральных удобрений, как и любых других химических продуктов, связан со снижением затрат материальных и энергетических ресурсов. В таблице 1 приведены сравнительные расчётные данные по расходу сырья, материалов и энергоресурсов на 1 т жидкого диоксида серы, которые подтверждают существенное преимущество предлагаемой технологии в сравнении с существующими.

Самым главным и важным отличием предлагаемой технологии является применение технического кислорода вместо воздушного дутья и использование в аппаратурной схеме серной печи и конденсатора паров серы, которые объединены в одном корпусе аппарата. Благодаря этим решениям, в схеме не требуется осушка воздушного дутья и содержащего диоксида серы газа, так как технический кислород и расплавленная сера, подаваемые в реактор-конденсатор, уже свободны от паров влаги. В рассмотренных выше схемах требуется обязательная осушка воздуха, подаваемого

на сжигание серы, а также газа, содержащего диоксида серы [19, 20].

Разработанная промышленная установка не имеет привязки к сернокислотному производству [22, 23].

Отходом производства является небольшое количество образующегося при чистках плавильного агрегата и реактора серного кека, вывозимого в отвал.

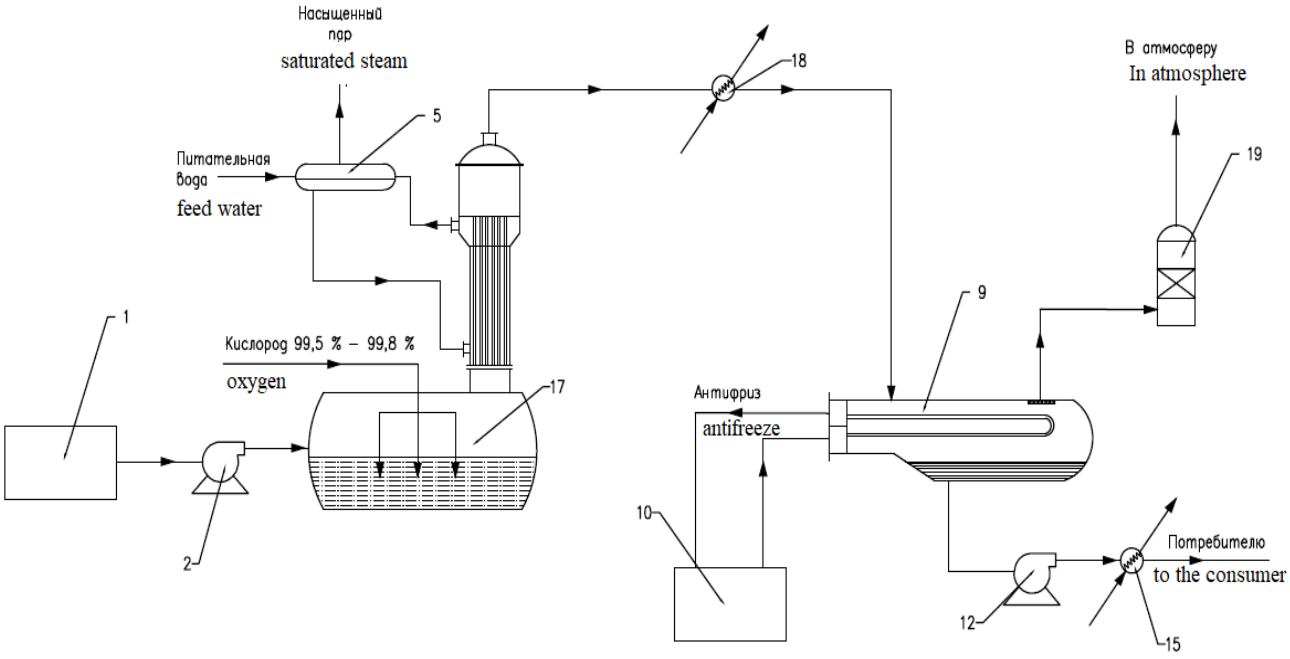


Рисунок 1. Установка производства жидкого диоксида серы на основе серы и кислорода

Figure 1. Liquid sulfur dioxide production unit based on sulfur and oxygen

Таблица 1.

Сравнительные расчетные данные по расходу сырья, материалов, энергоресурсов на 1 т жидкого диоксида серы

Table 1.

Comparative calculated data on the consumption of raw materials, materials and energy resources per 1 ton of liquid sulfur dioxide

Наименование сырья материалов и энергоресурсов Name of raw materials and energy resources	Расход на 1 т жидкого SO_2 Consumption per 1 ton of liquid SO_2	
	Существующая технология Existing technology	Предлагаемая технология Proposed technology
Сера техническая, тонн | Sulfur technical, tonn Кислород технический (99,7%), м^3 Technical oxygen (99.7%), m^3	0,650 541 *	0,503 352,0
Электроэнергия, кВтч | Electricity, kWh	950	25,0
Вода питательная (в котёл-утилизатор), м^3 Feed water (to the waste heat boiler), m^3	3,90	-
Вода питательная (в конденсатор паров серы), м^3 Feed water (to the sulfur vapor condenser), m^3	–	3,90
Вода оборотная (на охлаждение SO_2-содержа-щего газа), м^3 Recycled water (for cooling SO2-containing gas), m^3	–	4,5
Антифриз (минус 65° С, на охлаждение и конденсацию SO_2), тонн Antifreeze (minus 65° C, for cooling and SO_2 condensation), tonn	0,75	–
Рассол $CaCl_2$ (минус 10° С, на охлаждение и конденсацию SO_2), тонн Brine CaCl2 (minus 10° C, for cooling and condensation of SO_2), tonn	-	0,65
Пар (0,6 МПа (абс.), 151° С, на плавление серы), Гкал Steam (0.6 MPa (abs.), 151° C, for sulfur melting), Gcal	0,03	0,03

Установка является экологически чистой, так как газообразный диоксид серы, содержащийся в сдувках инертного газа из конденсатора диоксида серы, улавливается в санитарной башне.

Для наладки режима работы и накопления физико-химических данных процесса в АО «НИУИФ» была смонтирована лабораторная установка. Схема лабораторной установки представлена на рисунке 2. На рисунке 3 представлена фотография лабораторной установки, на рисунке 4 – мнемосхема самого процесса.

Работа установки осуществляется в следующей последовательности. Реактор загружается твердой серой и монтируется в установке. Далее сера с помощью электроподогрева плавится и разогревается до температуры воспламенения, после чего в реактор подаётся кислород с дальнейшим получением и сжижением диоксида серы. После израсходования серы реактор останавливается, демонтируется, очищается от остатков серы и снова загружается серой.

После конденсатора паров серы, диоксид серы проходит через фильтр, в котором улавливаются остатки сублимированной в реакторе серы.

Охлаждённый и освобождённый от паров серы диоксида серы, поступает в конденсатор диоксида серы, охлаждающийся антифризом с помощью термостата поз. Е2 с входной температурой от минус 10 до минус 15 °С.

Приём и хранение жидкого диоксида серы производится в приёмном стакане, охлаждающимся антифризом, через рубашку.

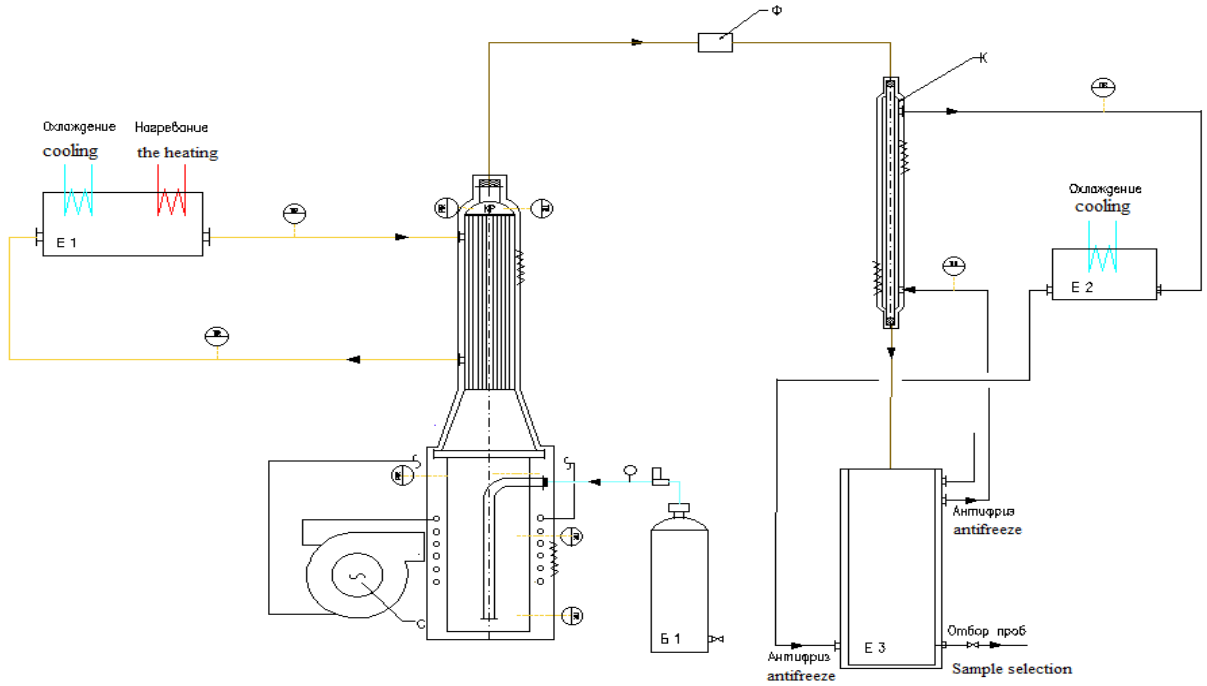


Рисунок 2. Схема лабораторной установки получения жидкого диоксида серы на основе серы и кислорода

Figure 2. Diagram of a lab unit for the production of liquid sulfur dioxide based on sulfur and oxygen



Рисунок 3. Фото лабораторной установки получения жидкого диоксида серы

Figure 3. Photo of a lab unit for the production of liquid sulfur dioxide

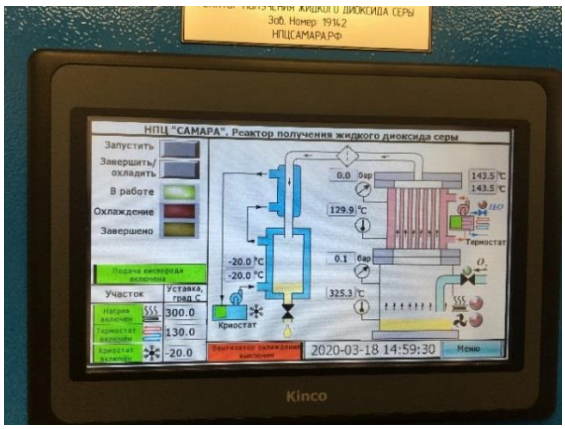


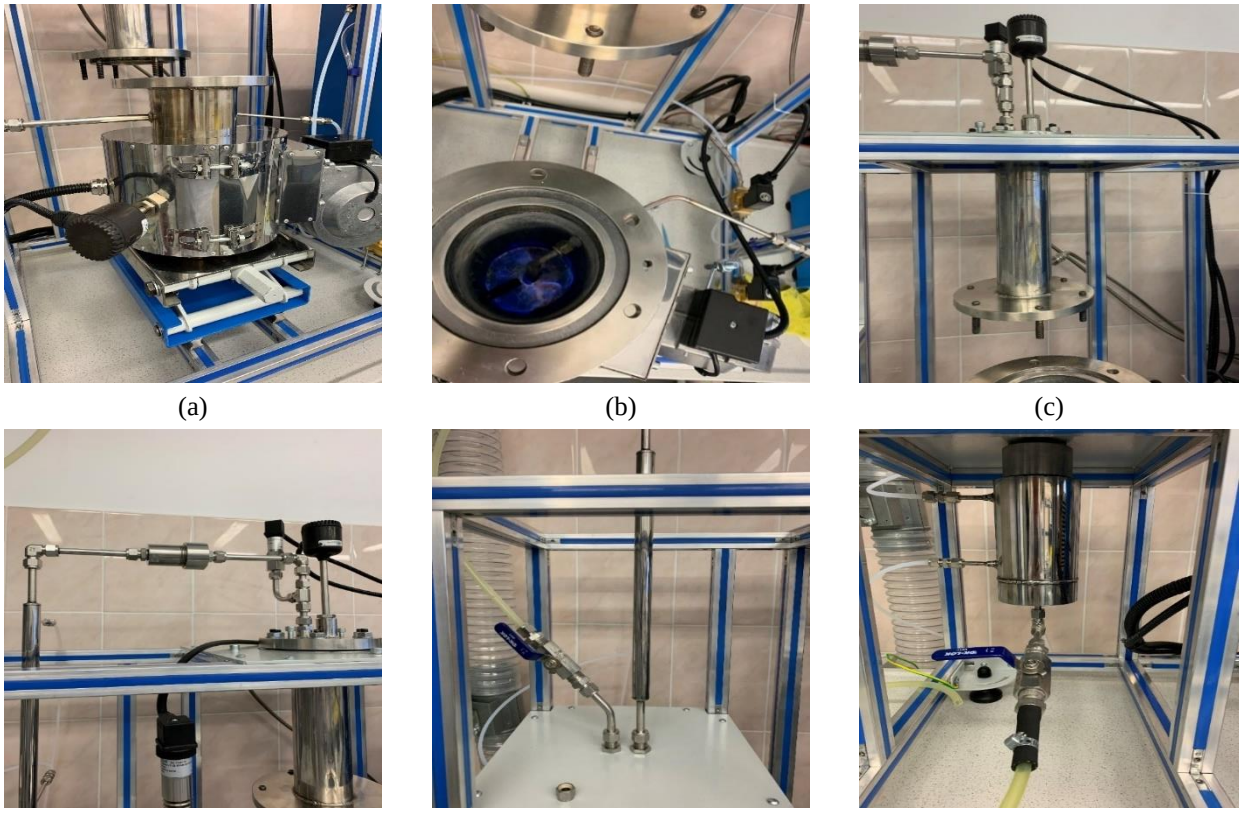
Рисунок 4. Мнемосхема процесса получения жидкого диоксида серы

Figure 4. Mnemonic diagram of liquid sulfur dioxide production process

В настоящее время в АО «НИУИФ» проходят лабораторные испытания установки. Основным результатом уже проведенных исследований является, то что работа установки с расходным диапазоном подаваемого кислорода свыше 0,5 л/с невозможна, ввиду большого количества забивающей фильтр серы, которое приводит к большому росту давления в межтрубном пространстве.

Таким образом, для увеличения количества получаемого продукта необходима модернизация существующей установки с установкой более мощных фильтров, а также внесение изменений в обвязке трубопроводов.

Процесс получения жидкого диоксида серы можно разбить на следующие стадии (рисунок 5): загрузка твердой серы; сжигание серы в недостатке кислорода; охлаждение и конденсация паров серы; фильтрация; конденсация; сбор и хранение.



(a) (b) (c)

(d) (e) (f)

Рисунок 5. Получение жидкого диоксида: (a) загрузка твердой серы; (b) сжигание серы в недостатке кислорода; (c) охлаждение и конденсация паров серы; (d) фильтрация; (e) конденсация; (f) сбор и хранение

Figure 5. Production of liquid dioxide: (a) loading of solid sulfur; (b) combustion of sulfur in lack of oxygen; (c) cooling and condensation of sulfur vapor; (d) filtration; (e) condensation; (f) collection and storage

Заключение

В данной статье рассмотрена инновационная технология производства жидкого диоксида серы, которая исключает кристаллизацию серы в оборудовании, привязку к сернокислотному производству и применение энергетически затратного оборудования. Приведено описание лабораторной установки, которая разработана с целью наработки данных всех процессов производства.

В ближайшем будущем планируется модернизация существующей лабораторной установки с целью оптимизации процесаа, с последующим применением технологии в промышленном масштабе.

Литература

1 Сергеева Я.А. Использование диоксида серы в технологии виноделия // Приоритетные направления развития пищевой индустрии. Ставрополь. 2016. С. 517–520.

2 Пищевая добавка Е 220: бокал вина с диоксидом серы. URL: https://vkusologia.ru/dobavki/konservanty/e220.html

3 Маслова С.А., Соколов А.С. Преимущества сжигания серы в циклонных печах // Научн. конф. молодых студентов и учебных МГУИЭ. М.: Московский государственный университет инженерной экологии. 2009. С. 7.

4 Селиванов Н.В., Яковлев П.В. Исследования теплообмена при плавлении серы // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2005. № 2. С. 204–212.

5 Гумбатов М.О. Сжигание жидкой серы в атмосфере сухого воздуха и утилизация тепла с получением насыщенного пара // Проблемы современной науки и образования. 2018. № 11. С. 28–31. doi:10.20861/2304–2338–2018–131

6 Холмуминов А.А., Шерниёзов Б.Ш.У., Ходжаева Н.К., Ахадов А.А.У. и др. Влияние потока воздуха на теплоту сгорания очищенной расплавленной серы // Химия и химическая технология. 2018. №. 1. С. 56–59.

7 Qing M., Su S., Wang L., Liu L. et al. Getting insight into the oxidation of SO2 to SO3 over V2O5-WO3/TiO2 catalysts: reaction mechanism and effects of NO and NH3 // Chemical Engineering Journal. 2019. V. 361. P. 1215-1224. doi: 10.1016/j.cej.2018.12.165

8 Verri M., Baldelli A. Integrated production of liquid sulphur dioxide and sulphuric acid via a low-temperature cryogenic process // Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2013. V. 113. №. 8. P. 602-609.

9 Spörl R., Walker J., Belo L., Shah K. et al. SO3 emissions and removal by ash in coal-fired oxy-fuel combustion // Energy & Fuels. 2014. V. 28. №. 8. P. 5296-5306. doi: 10.1021/ef500806p

10 Boyadjiev C.B. On the SO2 problem in power engineering // Proceedings of Energy Forum. 2011. P. 114–125.

11 Zhang F., Heidarifatasmi H., Harth S., Zirwes T. et al. Numerical evaluation of a novel double-concentric swirl burner for sulfur combustion // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2020. № 133. 110257. doi: 10.1016/j.rser.2020.110257

12 Зеленова-Гюльалиева М.А., Игин В.В., Аксенчик К.В. Инновационная установка по производству жидкого сернистого ангидрида // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности: сб. тр. XI международной научной конференции. Казань: ООО «Конверт», 2020. С. 117–120.

13 Игин В.В., Зеленова М.А, Грабун Е.М. Технология производства жидкого сернистого ангидрида на основе серы и кислорода // Химия и материаловедение: сб. тр. Кольского научного центра. 2019. № 3. С. 106–113. doi: 10.25702/KSC.2307–5252.2019.10.1.106–112

14 Игин В.В., Зеленова-Гюльалиева М.А. Перспективные разработки в области производства жидкого сернистого ангидрида на основе серы и кислорода // 100 лет развития науки и производства. Секция 3. Череповец. 2020. С. 172–179.

15 Игин В.В., Зеленова-Гюльалиева М.А., Аксенчик К.В. Промышленная и лабораторная установки по производству жидкого сернистого ангидрида на основе серы и кислорода // Химия и материаловедение: сб. тр. Кольского научного центра. 2020. Т. 11. № 3–4. С. 68–72. doi: 10.37614/2307–5252.2020.3.4.014

16 Adánez J., Abad A., Mendiara T., Gayán P. et al. Chemical looping combustion of solid fuels // Progress in Energy and Combustion Science. 2018. № 65. P. 6–66. doi: 10.1016/j.pecs.2017.07.005

17 Garcia-Labiano F., de Diego L.F., Cabello A., Gayan P. et al. Sulphuric acid production via Chemical Looping Combustion of elemental Sulphur // Applied Energy. 2016. № 178. P. 736–745. doi: 10.1016/j.apenergy.2016.06.110.

18 Аксенчик К.В. Эволюция и перспективы энерго- и ресурсосберегающих подходов в технологии аммиака // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2021. Т. 64. № 1. С. 4–21. doi: 10.6060/ivkkt.20216401.6310

19 Johnsson J. E., Glarborg P. Sulphur chemistry in combustion I // Pollutants from Combustion. 2000. P. 263-282. doi: 10/1007/978–94–011–4249–6_13

20 Рябчиков М.Ю., Рябчикова Е.С., Обухова Т.Г. Система оптимизации управления сжигания топливом на основе информации о содержании кислорода в отходящих дымовых газах // Электротехнические системы и комплексы. 2012. № 20. С. 316–320.

21 Babak V., Mokiychuk V., Zaporozhets A., Redko O. Повышение эффективности сжигания топлива с учетом неопределенности измерения концентрации кислорода // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2016. Т. 6. № 8. С. 54–59.

22 King M., Moats M., Davenport W. G. Sulfuric acid manufacture: analysis, control and optimization. Newnes, 2013. 425 p. doi: 10.1016/B978–008044428–4/50050–6

23 Wegerhoff S., Engell S. Simulation and control of the oxidation of sulfur dioxide in a micro-structured reactor // IFAC Proceedings Volumes. 2013. V. 46. № 32. P. 803–808. doi: 10.3182/20131218–3-IN-2045.00154.

References

1 Sergeeva Ya.A. The use of sulfur dioxide in the technology of winemaking. Priority directions of development of the food industry. Stavropol. 2016. pp. 517–520. (in Russian).

2 Food supplement E 220: glass of wine with sulfur dioxide. Available at: https://vkusologia.ru/dobavki/konservanty/e220.html (in Russian).

3 Maslova S.A., Sokolov A.S. Advantages of sulfur combustion in cyclone furnaces. Scientific. conf. young students and educational MGUIE. Moscow, Moscow State University of Environmental Engineering. 2009. pp. 7. (in Russian).

4 Selivanov N.V., Yakovlev P.V. Investigations of heat transfer during sulfur melting. Bulletin of the Astrakhan State Technical University. 2005. no. 2. pp. 204–212. (in Russian).

5 Gumbatov M.O. Combustion of liquid sulfur in an atmosphere of dry air and heat utilization to obtain saturated steam. Problems of modern science and education. 2018. no. 11. pp. 28–31. doi: 10.20861/2304-2338-2018-131 (in Russian).

6 Kholmuminov A.A., Sherniyozov B.Sh.U., Khodzhaeva N.K., Akhadov A.A.U. et al. Influence of air flow on combustion heat of purified molten sulfur. Chemistry and chemical technology. 2018. no. 1. pp. 56–59. (in Russian).

7 Qing M., Su S., Wang L., Liu L. et al. Getting insight into the oxidation of SO2 to SO3 over V2O5-WO3/TiO2 catalysts: reaction mechanism and effects of NO and NH3. Chemical Engineering Journal. 2019. vol. 361. pp. 1215-1224. doi: 10.1016/j.cej.2018.12.165

8 Verri M., Baldelli A. Integrated production of liquid sulphur dioxide and sulphuric acid via a low-temperature cryogenic process. Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2013. vol. 113. no. 8. pp. 602-609.

9 Spörl R., Walker J., Belo L., Shah K. et al. SO3 emissions and removal by ash in coal-fired oxy-fuel combustion. Energy & Fuels. 2014. vol. 28. no. 8. pp. 5296-5306. doi: 10.1021/ef500806p

10 Boyadjiev C.B. On the SO2 problem in power engineering. Proceedings of Energy Forum. 2011. pp. 114–125.

11 Zhang F., Heidarifatasmi H., Harth S., Zirwes T. et al. Numerical evaluation of a novel double-concentric swirl burner for sulfur combustion. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2020. no. 133. 110257. doi: 10.1016/j.rser.2020.110257

12 Zelenova-Gyulalieva M.A., Igin V.V., Aksenchik K.V. Innovative plant for the production of liquid sulfur dioxide. Priority areas of innovation in industry: collection of articles. tr. XI international scientific conference. Kazan: LLC "Envelope", 2020. pp. 117–120. (in Russian).

13 Igin V.V., Zelenova M.A., Grabun E.M. Technology of production of liquid sulfurous anhydride based on sulfur and oxygen. Chemistry and material science: collection of articles. tr. Kola Science Center. 2019. no. 3. pp. 106–113. doi: 10.25702/KSC.2307-5252.2019.10.1.106-112 (in Russian).

14 Igin V.V., Zelenova-Gyulalieva M.A. Perspective developments in the field of production of liquid sulfur dioxide based on sulfur and oxygen. 100 years of development of science and production. Section 3. Cherepovets. 2020. pp. 172–179. (in Russian).

15 Igin V.V., Zelenova-Gulalieva M.A., Aksenchik K.V. Industrial and laboratory installations for the production of liquid sulfurous anhydride based on sulfur and oxygen. Chemistry and material science: collection of articles. tr. Kola Science Center. 2020. vol. 11. no. 3-4. pp. 68–72. doi: 10.37614/2307–5252.2020.3.4.014 (in Russian).

16 Adánez J., Abad A., Mendiara T., Gayán P. et al. Chemical looping combustion of solid fuels. Progress in Energy and Combustion Science. 2018. no. 65. pp. 6–66. doi: 10.1016/j.pecs.2017.07.005

17 Garcia-Labiano F., de Diego L.F., Cabello A., Gayan P. et al. Sulphuric acid production via Chemical Looping Combustion of elemental Sulphur. Applied Energy. 2016. no. 178. pp. 736–745. doi: 10.1016/j.apenergy.2016.06.110.

18 Aksenchik K.V. Evolution and prospects of energy and resource saving approaches in ammonia technology. Izv. universities. Chemistry and chem. technology. 2021. vol. 64. no. 1. pp. 4–21. doi: 10.6060/ivkkt.20216401.6310 (in Russian).

19 Johnsson J. E., Glarborg P. Sulphur chemistry in combustion I. Pollutants from Combustion. 2000. pp. 263-282. doi: 10/1007/978–94–011–4249–6_13

20 Ryabchikov M.Yu., Ryabchikova E.S., Obukhova T.G. Fuel combustion control optimization system based on information on oxygen content in exhaust flue gases. Electrotechnical systems and complexes. 2012. no. 20. pp. 316–320. (in Russian).

21 Babak V., Mokiychuk V., Zaporozhets A., Redko O. Improving the efficiency of fuel combustion taking into account the uncertainty in measuring oxygen concentration. Eastern European Journal of Advanced Technologies. 2016. vol. 6. no. 8. pp. 54–59. (in Russian).

22 King M., Moats M., Davenport W. G. Sulfuric acid manufacture: analysis, control and optimization. Newnes, 2013. 425 p. doi: 10.1016/B978–008044428–4/50050–6

23 Wegerhoff S., Engell S. Simulation and control of the oxidation of sulfur dioxide in a micro-structured reactor. IFAC Proceedings Volumes. 2013. vol. 46. no. 32. pp. 803–808. doi: 10.3182/20131218–3 IN 2045.00154

Сведения об авторах

Марина А. Зеленова-Гюльалиева научный сотрудник, аспирант, отдел серной кислоты, Научно-исследовательский институт по удобрениям и инсектофунгицидам имени профессора Я.В Самойлова, Северное шоссе, 75, г. Череповец, 162622, Россия, mzelenova@phosagro.ru
https://orcid.org/0000-0002-2787-8723

Владимир В. Игин к.т.н., начальник отдела, отдел серной кислоты, Научно-исследовательский институт по удобрениям и инсектофунгицидам имени профессора Я.В Самойлова, Северное шоссе, 75, г. Череповец, 162622, Россия, vigin@phosagro.ru

Константин В. Аксенчик к.т.н., доцент, кафедра химических технологий, Череповецкий государственный университет, пр. Луначарского, 5, г. Череповец, 162600, Россия, kvaksenchick@chsu.ru

Information about authors

Marina A. Zelenova-Gyulalieva postgraduate student, researcher, sulfuric acid department, The Research Institute for Fertilizers and Insectofungicides Named after Professor Y. Samoilov, Severnoye shosse, 75, Cherepovets, 162622, Russia, mzelenova@phosagro.ru
https://orcid.org/0000-0002-2787-8723

Vladimir V. Igin Cand. Sci. (Tech.), head of department, sulfuric acid department, he Research Institute for Fertilizers and Insecto-Fungicides Named after Professor Y. Samoilov, Severnoye shosse, 75, Cherepovets, 162622, Russia, vigin@phosagro.ru

Konstantin V. Aksenchik Cand. Sci. (Tech.), associate professor, chemical technology department, Department of Chemical Technologies, Cherepovets State University, Lunacharskogo ave., 5, Cherepovets, 162600, Russia, kvaksenchick@chsu.ru

Вклад авторов

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

Contribution

All authors are equally involved 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 08/04/2021	**После редакции** 30/04/2021	**Принята в печать** 24/05/2021
Received 08/04/2021	**Accepted in revised** 30/04/2021	**Accepted** 24/05/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-224-229 Оригинальная статья/Research article
УДК 678.5/6:677.4:538.12 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Особенности диффузионных процессов при получении препрегов способом слоевого нанесения компонентов

Ирина В. Черемухина [1] cheryomuhina.i@yandex.ru 0000-0002-6306-8905

1 Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А., пл. Свободы 17, Энгельс, Саратовская область, 413100, Россия

Аннотация. Современное производство изделий из композиционных материалов на основе термореактивных связующих в основном базируется на использовании предварительно пропитанных армирующих технических нитей – препрегов. Связующее, применяемое для таких полуфабрикатов должно отвечать двум важным технологическим требованиям: обладать низкой реакционной способностью (высокой жизнеспособностью) при хранении в температурном интервале от –5 до +25 ºС и возможностью регулирования времени отверждения при температурах формования изделия. Для устранения недостатков традиционного способа получения полимерных композиционных материалов, для улучшения их прочностных характеристик и удешевления получаемых армированных композитов в работе предложено использовать метод слоевого нанесения компонентов. Суть метода заключается в послойной пропитке волокнистого наполнителя раствором связующего, а затем разработанной отверждающей системой, состоящей из аминного отвердителя, который препятствует взаимодействию отвердителя со смолой в условиях хранения и эмульсий защитного полимера. Система связующее - наполнитель активизируется лишь при повышенной температуре в условиях отверждения. Установлено, что оптимальными параметрами для переработки методом прямого прессования полученных способом слоевого нанесения компонентов препрегов является давление 15 МПа и температура 160–170 °С выдержкой под давлением 15 минут. Если получать изделия методом намотки, то для таких изделий оптимальной является термообработка в течение 6 часов при температуре 120 °С. В условиях формования изделий, то есть при повышенной температуре и при повышенном давлении протекает взаимодиффузия компонентов вследствие движения встречных потоков. Олигомерные молекулы из объёма смолы диффундируют из внутреннего слоя во внешний, а компоненты отверждающей системы навстречу им из внешнего слоя во внутренний. Способ слоевого нанесения компонентов дает возможность создания макрогетерогенной системы взаимопроникающих полимерных сеток в области контакта последовательно нанесенных слоев. Результатом исследований является увеличение сроков хранения, жизнеспособности препрегов (до 10 суток) и улучшение комплекса физико-механических свойств композитов: разрушающее напряжение при статическом изгибе увеличивается до 60 %, при динамическом изгибе (ударе) - до 50%. Применение в качестве защитного полимера карбоксиметилцеллюлозы обеспечивает более высокие показатели исследуемых свойств, чем при применении в качестве защитного полимера бутадиенстирольного латекса.

Ключевые слова: диффузия, препрег, макрогетерогенная система, защитный полимер, жизнеспособность препрегов, композиционные материалы

Features of diffusion processes in the preparation of prepregs by the method of layered application of components

Irina V. Cheremukhina [1] cheryomuhina.i@yandex.ru 0000-0002-6306-8905

1 Engels Institute of Technology (branch) Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin, 17 Svobody Square, Engels, Saratov Region, 413100, Russia

Abstract. The modern production of products made of composite materials based on thermosetting binders is mainly based on the use of pre – impregnated reinforcing technical threads-prepregs. The binder used for such semi-finished products must meet two important technological requirements: have a low reactivity (high viability) when stored in the temperature range from -5 to +25 ° C and the ability to adjust the curing time at the molding temperatures of the product. To eliminate the disadvantages of the traditional method of obtaining polymer composite materials, to improve their strength characteristics and reduce the cost of the resulting reinforced composites, it is proposed to use the method of layered application of components. The essence of the method consists in layer-by-layer impregnation of the fibrous filler with a binder solution, and then a developed curing system consisting of an amine hardener that prevents the interaction of the hardener with the resin under storage conditions and protective polymer emulsions. The binder-filler system is activated only at an elevated temperature under curing conditions. It is established that the optimal parameters for processing by direct pressing of the pre-pegs components obtained by the method of layer deposition are a pressure of 15 MPa and a temperature of160-170 ºC with a pressure exposure of 15 minutes. If you get products by winding, then for such products, heat treatment for 6 hours at a temperature of 120 ºC is optimal. In the conditions of forming products, that is, at an elevated temperature and at an increased pressure, the mutual diffusion of components occurs due to the movement of oncoming flows. Oligomeric molecules from the resin volume diffuse from the inner layer to the outer one, and the components of the curing system meet them from the outer layer to the inner one. The method of layered application of components makes it possible to create a macroheterogenic system of interpenetrating polymer meshes in the contact area of sequentially applied layers. The result of the research is an increase in the shelf life, the viability of prepregs (up to 10 days) and an improvement in the complex of physical and mechanical properties of composites: the destructive stress during static bending increases to 60 %, during dynamic bending (impact) - up to 50 %. The use of carboxymethylcellulose as a protective polymer provides higher indicators of the studied properties than when using butadiene styrene latex as a protective polymer..

Keywords: diffusion, prepreg, macroheterogeneous system, protective polymer, prepreg viability, composite materials

Для цитирования

Черемухина И.В. Особенности диффузионных процессов при получении препрегов способом слоевого нанесения компонентов // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 224–229. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-224-229

For citation

Cheremukhina I.V. Features of diffusion processes in the preparation of prepregs by the method of layered application of components. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 224–229. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-224-229

© 2021, Черемухина И.В. / Cheremukhina I.V.

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Современное производство изделий из композиционных материалов на основе термореактивных связующих в основном базируется на использовании предварительно пропитанных армирующих технических нитей – препрегов, причём связующее для них должно отвечать двум основным технологическим требованиям: обладать высокой жизнеспособностью (низкой реакционной способностью) при температурах хранения ($T_{хр}$ = -5÷+25 ºС) и возможностью регулирования времени отверждения при температурах формования изделия [1, 2] .

Для увеличения допустимых сроков хранения препрегов, улучшения прочностных характеристик и удешевления получаемого материала в работе применён способ слоевого нанесения компонентов (СНК) Сущность этого способа заключается в том, что компоненты связующего и отвердитель наносят поочередно послойно на один и тот же волокнистый наполнитель. Сначала нить пропитывают раствором эпоксидной смолы, а затем отверждающей системой, состоящей из отвердителя и эмульсии термопластичного защитного полимера. Готовый препрег перерабатывали методом прямого прессования при давлении 15 МПА и температуре 120 ºС, выдержкой под давлением 10 минут, или намоткой – с последующей термообработкой изделия в течение 4 часов при 100 ºС [3].

Материалы и методы

В качестве объектов исследования использовали эпоксидный олигомер дианового ряда ЭД-20 (ГОСТ 10587–93), в качестве наполнителей – полиакрилонитрильный технический жгутик (нитрон) – (ТУ-13 – 239–79), гидратцеллюлозную нить (ВН) (ТУ-6–06–58–79), поликапроамидную нить (капрон) (ТУ 15–897–79); защитных полимеров – карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ) (ТУ-6–12–1020–75), бутадиенстирольный латекс (бустилат) (ТУ-6–15–1090–77).

В исследованиях контролировали линейную плотность (Тт) исходных и пропитанных нитей и степень превращения (Х) исходного олигомерного связующего в нерастворимый сетчатый продукт. Величину Х определяли методом экстракции золя ацетоном при комнатной температуре.

Образцы композита получали методом слоевого нанесения компонентов (рисунок 1), суть которого заключается в послойной пропитке волокнистого наполнителя вначале раствором связующего, а затем отверждающей системой, содержащей наряду с отвердителем защитный полимер.

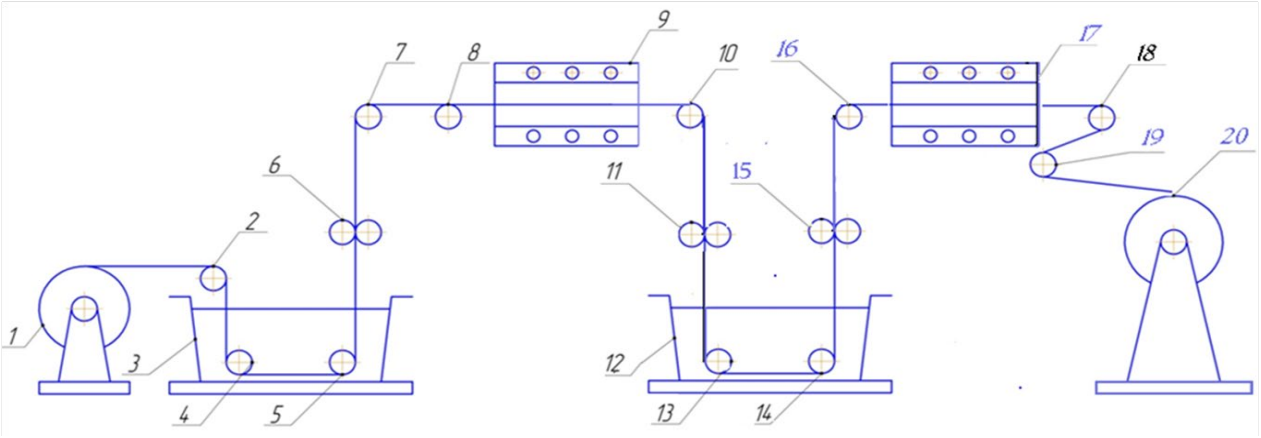


Рисунок 1. Схема получения препрега способом слоевого нанесения компонентов: 1 – рулон наполнителя; 2, 4, 5, 7, 10, 13, 14, 16, 18, 19 – направляющие ролики; 3,12 – пропиточные ванны; 6, 11, 15 – отжимные устройства; 8-поддерживающий ролик; 9,17 – сушильные камеры; 20 – приёмное устройство

Figure 1. The scheme for obtaining a prepreg by the method of layered application of components: 1 - a roll of filler; 2, 4, 5, 7, 10, 13, 14, 16, 18, 19 – guide rollers; 3,12-impregnation baths; 6, 11, 15-wringing devices; 8 supporting roller; 9,17-drying chambers; 20-receiving device

В процессе получения препрега способом СНК волокнистый наполнитель в виде нитей сматывали с бобин и по тракту установки для пропитки направляли в ванну со связующим, рисунок 1. После пропиточной ванны помимо связующего в межволоконном пространстве поверхность волокнистого наполнителя захватывает ещё некоторое количество связующего, поэтому на выходе из пропиточной ванны избыток связующего отжимали при помощи специальных роликов и после кратковременного подсушивания препрег поступает во вторую пропиточную ванну, где пропитывается отверждающей системой, излишки которой также удаляются при помощи специальных отжимных роликов. Готовый препрег направляется

в сушильную камеру, где происходит частичное удаление защитного полимера, затем препрег сматывается в рулон, между слоями прокладывается антиадгезионная плёнка

Пропитка волокнистого наполнителя не отвердителем в чистом виде, а смесью отвердителя с раствором термопластичного защитного полимера способствует увеличению сроков хранения, жизнеспособности получаемых способом СНК препрегов. Защитный полимер препятствует взаимодействию отвердителя со смолой в условиях хранения [4].

Подбором защитного полимера в отверждающей системе можно улучшить свойства полимерматричных композитов, полученных способом послойного нанесения компонентов.

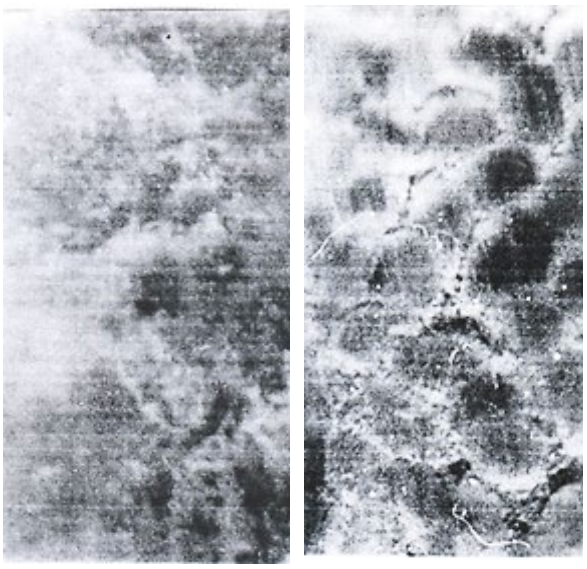
Правильный подбор защитного полимера позволяет целенаправленно регулировать характеристики получаемых материалов[5] .

Если в качестве защитного полимера использовать каучукоподобный термопластичный полимер – это приводит к увеличению ударной прочности получаемых композитов, без заметного влияния на разрушающее напряжение при статическом изгибе. При использовании в качестве защитного полимера в исследуемой отверждающей системе жесткоцепного полимера ожидается увеличение разрушающего напряжения при статическом изгибе, без заметного влияния на ударную прочность. Однако, ожидаемый результат существенно зависит от способности к участию в процессе отверждения защитного полимера.

Анализ полученных экспериментальных данных по увеличению допустимых сроков хранения эпоксидных препрегов, полученных способом слоевого нанесения компонентов, показал возможность создания макрогетерогенной системы в области контакта последовательно нанесенных слоев, что подтверждается данными оптической микроскопии (рисунок 2).

Отмечено, что при использовании защитного полимера в составе отверждающей системы, применяемой в способе слоевого нанесения компонентов, на поверхности образцов, рисунок 2 б, наблюдаются белые прослойки защитного полимера, расположенные преимущественно между армирующими нитями. Структура рассматриваемых материалов более макрогетерогенная, чем у материалов, полученных по традиционной смесевой технологии рисунок 2 а.

В условиях формования изделий, то есть при повышенных температуре и давлении протекает диффузия компонентов вследствие движения встречных потоков. Олигомерные молекулы смолы при использовании способа слоевого нанесения компонентов диффундируют из внутренних слоев объёма связующего, а компоненты отверждающей системы – навстречу им из защитного слоя, в зону пограничного слоя [6].



(a) (b)

Рисунок 2. Поверхностная структура разработанных с использованием способа слоевого совмещения компонентов материалов n-100 крат: (a) – смесевой способ, (b) – СНК.

Figure 2. The surface structure of the materials developed using the method of layer-by-layer combination of components is n 100 times: (a) – the mixed method, (b) - the SNK.

Полученные значения коэффициентов диффузии есть коэффициенты взаимодиффузии, они значительно ниже известных значений коэффициентов самодиффузии олигомеров в системе связующее-наполнитель $10^{-11}..10^{-13}$ см^2/с.

Таким образом, использование метода слоевого нанесения компонентов в технологии получения эпоксидных препрегов, связанного с наличием защитных полимеров карбоксиметилцеллюлозы или бутадиенстирольного латекса в отверждающей системе, которые препятствуют взаимодействию отвердителя со смолой в условиях хранения, позволяет увеличить, жизнеспособность препрегов до 10 суток (рисунок 3) с сохранением прочностных свойств образцов, полученных на основе этих препрегов (рисунок 3).

Следует отметить, что связующее в этом случае активизируется лишь при повышенной температуре в условиях отверждения [7–20].

Важно также, что использование в предложенной отверждающей системе применяемых в работе защитных полимеров позволяет целенаправленно регулировать физико-механические свойства формируемых композитов (таблица 2).

Таблица 1.

Диффузионные характеристики процесса отверждения при использовании способа слоевого нанесения компонентов (СНК)

Table 1.

Diffusion characteristics of the curing process when using the method of layered application of components (SNK)

Защитный полимер protective polymer	Армирующий наполнитель Reinforcing filler	δ_1 ,см	δ_2, см	δ, см	S,см^2	Δc_1,см$^{-3}$	Δc_2,см$^{-3}$	$D_1 10^{10}$, см^2/с	$D_2 10^9$, см^2/с
Бустилат	ПАН	0,017	0,034	0,026	1560	-0,41	-0,02	0,8	2
Бустилат	ПКА	0,021	0,012	0,017	18	-0,35	-0,06	5	3
Бустилат	ВН	0,015	0,020	0,018	640	-0,53	-0,03	1	2
КМЦ	ПАН	0,018	0,039	0,057	1560	-0,21	-0,03	4	3
КМЦ	ПКА	0,023	0,014	0,019	18	-0,32	-0,08	6	4
КМЦ	ВН	0,020	0,020	0,020	640	-,021	-0,073	3	9

Примечание: δ – путь диффузии, принятый равным расстоянию между серединами слоёв 1, 2; S – поверхность межслоевого контакта; **Δ** c_1– ;**Δ** c_2 – массовый состав слоев 1, 2

Note: δ -is the diffusion path assumed to be equal to the distance between the midpoints of layers 1, 2; S - is the surface of the interlayer contact; **Δ** c_1–; **Δ** c_2 - is the mass composition of layers 1, 2

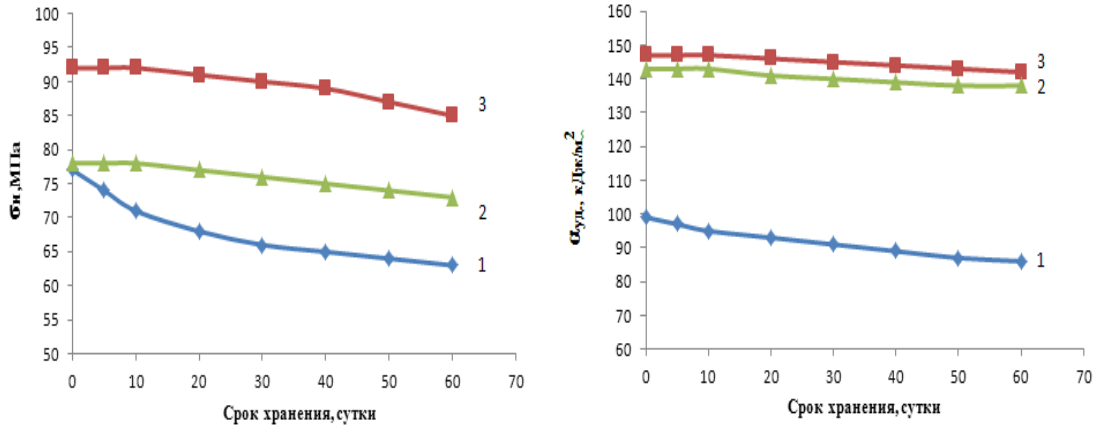


Рисунок 2. 1 – препрег получен традиционным смесевым способом; 2 – препрег получен способом СНК (защитный полимер-бутадиенстирольный латекс); 3 – препрег получен способом СНК (защитный полимер – карбоксиметилцеллюлоза)

Figure 2. 1-prepreg was obtained by the traditional mixed method; 2-prepreg was obtained by the SNK method (protective polymer-styrene butadiene latex); 3-prepreg was obtained by the SNK method (protective polymer-carboxymethylcellulose)

Таблица 2.

Влияние способа получения препрега на физико-механические характеристики ПКМ на основе эпоксидного связующего

Table 2.

Influence of the prepreg preparation method on the physical and mechanical characteristics of PCM based on an epoxy binder

Способ получения Method of obtaining	Наполнитель Filler	Защитный полимер Protective polymer	$\sigma_и$, МПа	$\Delta\sigma_и$, %	$\alpha_{уд}$, кДж/м^2	$\Delta\alpha_{уд}$, %	ρ, кг/м^3	*w*, %	*X*, %
СМЕС	капрон	–	77		99		1300	4,4	97
СНК		КМЦ	92	19	147	49	1010	4,9	97
		БУСТ	78	1	143	45	1100	5,3	97
СМЕС	нитрон	–	49		118		1300	2,7	96
СНК		КМЦ	79	61	103	-12	1100	2,7	97
		БУСТ	66	26	85	-27	1200	2,8	97
СМЕС	ВН	–	45		144		1300	3,4	97
СНК		КМЦ	71	58	152	5	1100	2,8	98
		БУСТ	50	11	102	-29	1300	2,8	96

Примечание: $\sigma_и$ – разрушающее напряжение при статическом изгибе; $\alpha_{уд}$ – удельная ударная вязкость; ρ – плотность; *w* – водопоглощение; *X* – степень превращения связующего в сетчатый продукт

Note: σ_i – destructive stress during static bending; α_{ud} – specific impact strength; ρ - density; w – water absorption; X – the degree of transformation of the binder into a mesh product

Применение в качестве защитного полимера карбоксиметилцеллюлозы обеспечивает более высокие показатели исследуемых свойств, чем при применении в качестве защитного полимера бутадиенстирольного латекса.

Отмечено, что у образцов, полученных с использованием в качестве защитного полимера более полярной карбоксиметилцеллюлозы разрушающее напряжение при статическом изгибе примерно на 18–42 % больше, по сравнению с образцами, изготовленными с использованием бутадиенстирольного латекса.

Заключение

В работе установлена возможность пространственного разделения функциональных групп отвердителя и функциональных групп эпоксидного олигомера, установлена возможность создания макрогетерогенной системы взаимопроникающих полимерных сеток в области контакта последовательно нанесенных слоев с использованием для эпоксидного олигомера отверждающей системы, содержащей отвердитель и защитный полимер, обеспечивающий увеличение допустимых сроков хранения препрега, на основе волокон различной химической природы и сохранение физико – механических свойств образцов, полученных на основе этих препрегов.

Литература

1 Кузнецова И.О., Гребенева Т.А. Регулирование жизнеспособности эпоксидных SMC-препрегов // Вестник науки. 2020. Т. 2. №. 1. С. 210-217.

2 Румянцев А.Н., Филиппов В.Н. Полимерные композиционные материалы и их применение на практике // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки. 2019. №. 14. С. 116-121.

3 Долинская Р.М. Технология и оборудование синтеза и переработки полимеров. 2012.

4 Пат. № 2135530, RU, C 08 J 5/06, 5/24, C 08 L 63/02, C 08 G 59/56. Способ получения армированных полимерных материалов / Студенцов В.Н., Карпова И.В. (Черёмухина И.В.); заявитель и патентообладатель Карпова И.В. № 97116080/04; Заявл. 26.09.1997; Опубл. 27.08.1999, Бюл. № 24.

5 Кочуров Д. В. Высокопрочные полимерные композиционные материалы // Международный студенческий научный вестник. 2018. №. 5. С. 167-167.

6 Раскутин А.Е. Стратегия развития полимерных композиционных материалов // Авиационные материалы и технологии. 2017. № 5. С. 344–348.

7 Петров А.В., Дориомедов М.С., Скрипачев С.Ю. Технологии утилизации полимерных композиционных материалов (обзор) // Труды Виам. 2015. №. 8.

8 Водовозов Г.А., Мараховский К.М., Костромина Н.В., Осипчик В.С. и др. Разработка эпокси-каучуковых связующих для создания армированных композиционных материалов // Пластические массы. 2017. №. 5-6. С. 9-13.

9 Шершак П. В. Особенности национальной стандартизации методов испытаний полимерных композиционных материалов // Труды ВИАМ. 2019. №. 2 (74).

10 Роговина С.З., Прут Э.В., Берлин А.А. Композиционные материалы на основе синтетических полимеров, армированных волокнами природного происхождения // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 2019. Т. 61. №. 4. С. 291-315.

11 Атясова Е.В., Блазнов А.Н., Самойленко В.В. Эпоксидные связующие с повышенной химической стойкостью. Обзор // Клеи. Герметики. Технологии. 2019. №. 12. С. 34-44.

12 Kolosov A.E., Kolosova E.P. Functional materials for construction application based on classical and nano composites: production and properties // Recent Developments in the Field of Carbon Fibers. 2018. P. 9-31.

13 Kolosov A.E. Preparation of nano-modified reactoplast polymer composites. Part 1. Features of used nanotechnologies and potential application areas of nanocomposites (a review) // Chemical and Petroleum Engineering. 2015. V. 51. №. 7. P. 569-573. doi:10.1007/s10556-015-0088-y

14 da Silva A.O., de Castro Monsores K.G., Oliveira S.D.S.A., Weber R.P. et al. Ballistic behavior of a hybrid composite reinforced with curaua and aramid fabric subjected to ultraviolet radiation // Journal of materials research and technology. 2018. V. 7. №. 4. P. 584-591. doi: 10.1016/j.jmrt.2018.09.004

15 Al-Samhan M. et al. Investigating the Synergetic Effect of Ultraviolet Radiation and Elevated Temperature on Mechanical and Thermal Properties of Glass Fiber–Reinforced Plastic Pipes // Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice. 2020. V. 11. №. 1. P. 04019049.

16 Pomogailo A.D., Dzhardimalieva G.I. Nanostructured materials preparation via condensation ways. Rotterdam, 2014. P. 13-89.

17 Knapčíková L. Surface topography of composite reinforced with fibres from used tyres // Acta Tecnología. 2018. V. 4. №. 2. P. 29-32. doi:10.22306/atec.v4i2.36

18 Ching Y. C. et al. Effects of high temperature and ultraviolet radiation on polymer composites // Durability and Life Prediction in Biocomposites, Fibre-Reinforced Composites and Hybrid Composites. Woodhead Publishing, 2019. P. 407-426. doi: 10.1016/B978-0-08-102290-0.00018-0

19 Shi H., Sinke J., Benedictus R. Surface modification of PEEK by UV irradiation for direct co-curing with carbon fibre reinforced epoxy prepregs // International Journal of Adhesion and Adhesives. 2017. V. 73. P. 51-57. doi 10.1016/j.ijadhadh.2016.07.017

20 Nicholas J., Mohamed M., Dhaliwal G.S., Anandan S. et al. Effects of accelerated environmental aging on glass fiber reinforced thermoset polyurethane composites // Composites Part B: Engineering. 2016. V. 94. P. 370-378. doi: 10.1016/j.compositesb.2016.03.059

References

1 Kuznetsova I.O., Grebeneva T.A. Regulation of the viability of epoxy SMC prepregs. Bulletin of Science. 2020. vol. 2. no. 1. pp. 210-217. (in Russian).

2 Rumyantsev A.N., Filippov V.N. Polymer composite materials and their application in practice. Bulletin of the Pskov State University. Series: Natural and physical and mathematical sciences. 2019. no. 14. pp. 116-121. (in Russian).

3 Dolinskaya R.M. Technology and equipment for the synthesis and processing of polymers. 2012. (in Russian).

4 Studentsov V.N., Karpova I.V. Method of obtaining reinforced polymeric materials. Patent RF, no. 2135530, 1999.

5 Kochurov D.V. High-strength polymer composite materials. International student scientific bulletin. 2018. no. 5. pp. 167-167. (in Russian).

6 Raskutin A.E. Development strategy of polymer composite materials. Aviation materials and technologies. 2017. no. 5. pp. 344–348. (in Russian).

7 Petrov A.V., Doriomedov M.S., Skripachev S.Yu. Technologies for utilization of polymer composite materials (review). Proceedings of Viam. 2015. no. 8. (in Russian).

8 Vodovozov G.A., Marakhovsky K.M., Kostromina N.V., Osipchik V.S. and other Development of epoxy-rubber binders for the creation of reinforced composite materials. Plastic mass. 2017. no. 5-6. pp. 9-13. (in Russian).

9 Shershak P.V. Peculiarities of national standardization of testing methods for polymer composite materials. Proceedings of VIAM. 2019. no. 2 (74). (in Russian).

10 Rogovina S.Z., Prut E.V., Berlin A.A. Composite materials based on synthetic polymers reinforced with natural fibers. High-molecular compounds. Series A. 2019. vol. 61. no. 4. pp. 291-315. (in Russian).

11 Atyasova E.V., Blaznov A.N., Samoilenko V.V. Epoxy binders with increased chemical resistance. Review. Adhesives. Sealants. Technologies. 2019. no. 12. pp. 34-44. (in Russian).

12 Kolosov A.E., Kolosova E.P. Functional materials for construction application based on classical and nano composites: production and properties. Recent Developments in the Field of Carbon Fibers. 2018. pp. 9-31.

13 Kolosov A.E. Preparation of nano-modified reactoplast polymer composites. Part 1. Features of used nanotechnologies and potential application areas of nanocomposites (a review). Chemical and Petroleum Engineering. 2015. vol. 51. no. 7. pp. 569-573. doi:10.1007/s10556-015-0088-y

14 da Silva A.O., de Castro Monsores K.G., Oliveira S.D.S.A., Weber R.P. et al. Ballistic behavior of a hybrid composite reinforced with curaua and aramid fabric subjected to ultraviolet radiation. Journal of materials research and technology. 2018. vol. 7. no. 4. pp. 584-591. doi: 10.1016/j.jmrt.2018.09.004

15 Al-Samhan M. et al. Investigating the Synergetic Effect of Ultraviolet Radiation and Elevated Temperature on Mechanical and Thermal Properties of Glass Fiber–Reinforced Plastic Pipes. Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice. 2020. vol. 11. no. 1. pp. 04019049.

16 Pomogailo A.D., Dzhardimalieva G.I. Nanostructured materials preparation via condensation ways. Rotterdam, 2014. pp. 13-89.

17 Knapčíková L. Surface topography of composite reinforced with fibres from used tyres. Acta Tecnología. 2018. vol. 4. no. 2. pp. 29-32. doi:10.22306/atec.v4i2.36

18 Ching Y. C. et al. Effects of high temperature and ultraviolet radiation on polymer composites. Durability and Life Prediction in Biocomposites, Fibre-Reinforced Composites and Hybrid Composites. Woodhead Publishing, 2019. pp. 407-426. doi: 10.1016/B978-0-08-102290-0.00018-0

19 Shi H., Sinke J., Benedictus R. Surface modification of PEEK by UV irradiation for direct co-curing with carbon fibre reinforced epoxy prepregs. International Journal of Adhesion and Adhesives. 2017. vol. 73. pp. 51-57. doi 10.1016/j.ijadhadh.2016.07.017

20 Nicholas J., Mohamed M., Dhaliwal G.S., Anandan S. et al. Effects of accelerated environmental aging on glass fiber reinforced thermoset polyurethane composites. Composites Part B: Engineering. 2016. vol. 94. pp. 370-378. doi: 10.1016/j.compositesb.2016.03.059

Сведения об авторах

Ирина В. Черемухина к.т.н., доцент, кафедра технология и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых производств, Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А., пл. Свободы 17, Энгельс, Саратовская область, 413100, Россия, cheryomuhina.i@yandex.ru

https://orcid.org/0000-0002-6306-8905

Information about authors

Irina V. Cheremukhina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology and equipment of chemical, oil and gas and food production department, Engels Institute of Technology (branch) Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin, 17 Svobody Square, Engels, Saratov Region, 413100, Russia,, cheryomuhina.i@yandex.ru

https://orcid.org/0000-0002-6306-8905

Вклад авторов

Ирина В. Черемухина написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Contribution

Irina V. Cheremukhina 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 15/04/2021	**После редакции** 10/05/2021	**Принята в печать** 01/06/2021
Received 15/04/2021	**Accepted in revised** 10/05/2021	**Accepted** 01/06/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-230-236 Оригинальная статья/Research article
УДК 678.074.019 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Применение расчетно-экспериментального метода анализа сложнонапряженного состояния резиновых мембран для эффективных решений их производства

Дмитрий В. Куделин [1] kvmbaikal@ya.ru 0000-0002-5124-1168
Татьяна Н. Несиоловская [2] nesiolovskayatn@ystu.ru 0000-0003-2024-6625

1 ООО «Научно-технический центр «Интайр», ул. Советская, 81, г. Ярославль, 150003, Россия
2 Ярославский государственный технический университет, Московский пр-т, 88, г. Ярославль, 150023, Россия

Аннотация. Конкурентоспособность резиновых мембран во много определяется их долговечностью, качеством, надежностью, в том числе и временем необходимым на создание. В процессе эксплуатации мембраны подвергаются сложным деформациям, вследствие чего возникает большое количество зон потенциальных разрушений различного характера, которые могут приводить к выходу изделия из строя. В тоже время, стандартные методы испытаний, использующиеся при разработке рецептур для мембран, в большинстве случаев предполагают испытание материала в условиях простого одноосного растяжения и не учитывают реальные условия нагружения изделия при эксплуатации, что существенно увеличивает сроки отработки новых рецептур для мембран. Для решения данной проблемы в работе представлен и применен на практике расчетно-экспериментальный метод анализа сложнонапряженного состояния резиновых мембран, включающий проведение простых лабораторных испытаний в неоднородном сложнонапряженном состоянии, реализующемся при эксплуатации резиновых мембран, и анализ напряженно-деформированного состояния методом конечных элементов. Неоднородное сложнонапряженное состояние реализовывалось путем продавливания резиновой мембраны шарообразным индентором. Рассмотрено применение расчетно-экспериментального метода анализа сложнонапряженного состояния резиновых мембран на примере цельнорезиновой гофрированной мембраны автоматического клапана системы продувки рукавных фильтров. Проведена оценка физико-механических свойств резин в неоднородном сложнонапряженном состоянии, а также анализ напряженно-деформированного состояния мембраны при её нагружении сферическим индентором, позволивший выявить наиболее опасные зоны сечения. Комплексное использование расчетного и экспериментального метода анализа сложнонапряженного состояния позволило улучшить ресурс данной гофрированной мембраны на тридцать пять процентов по сравнению с эталоном при этом сократить сроки создания.

Ключевые слова: резиновая мембрана, метод анализа, неоднородное сложнонапряженное состояние, индентирование

Application of a computational and experimental method of analysis the complexly stressed state of rubber membranes for effective solutions for their production

Dmitry V. Kudelin [1] kvmbaikal@ya.ru 0000-0002-5124-1168
Tatyana N. Nesiolovskaya [2] nesiolovskayatn@ystu.ru 0000-0003-2024-6625

1 Research and Development center “Intire” LLC, Sovetskaya Str.,81, Yaroslavl, 150003, Russia
2 Yaroslavl Technical State University, Moskovsky Av., 88, Yaroslavl, 150023, Russia

Abstract. The competitiveness of rubber membranes determined by their durability, quality, reliability, including the time required to create. During operation, the membranes undergo complex deformations, as a result of which a large number of potential destruction zones of a different nature arise, which can lead to the failure of the product. The standard test methods used in the development of formulations for membranes involve testing the material under uniaxial tension conditions in most cases and do not take into account the actual loading conditions of the product during operation, which significantly increases the development time of new formulations for membranes. The paper presents and applies in practice a computational and experimental method of analysis the complexly stressed state of rubber membranes, including carrying out simple laboratory tests in a heterogeneous complexly stressed state, which is realized during the operation of rubber membranes, and analyzing the stress-strain state by the finite element method. An inhomogeneous complexly stressed state was realized by forcing the rubber membrane with a spherical indenter. The application of a computational-experimental method for analyzing the complexly stressed state of rubber membranes is considered on the example of a rubber corrugated membrane of an automatic valve of a bag filter purge system. An assessment of the physical and mechanical properties of rubbers in a heterogeneous complexly stressed state was carried out, as well as an analysis of the stress-strain state of the membrane when it was loaded with a spherical indenter, which made it possible to identify the most dangerous zones of the section. The complex use of this method made it possible to improve the resource of this corrugated membrane by thirty five percent in comparison with the standard, while reducing the creation time.

Keywords: rubber membrane, analysis method, heterogeneous complex stress state, indentation

Для цитирования
Куделин Д.В., Несиоловская Т.Н. Применение расчетно-экспериментального метода анализа сложнонапряженного состояния резиновых мембран для эффективных решений их производства // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 230–236. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-230-236

For citation
Kudelin D.V., Nesiolovskaya T.N. Application of a computational and experimental method of analysis the complexly stressed state of rubber membranes for effective solutions for their production. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 230–236. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-230-236

© 2021, Куделин Д.В. и др. / Kudelin D.V. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Резиновые мембраны нашли широкое применение в различных отраслях промышленности и в настоящее время область их использования постоянно расширяется. На практике существуют тысячи рецептур резиновых мембран, нередко на основе дорогостоящих каучуков, что связано с разнообразными условиями их эксплуатации и спектром предъявляемых к ним требований [1].

Конкурентоспособность создаваемого изделия, в том числе мембран, определяется совокупностью факторов [2-5]:

– качеством, в том числе требуемыми техническими характеристиками;

– стоимостью, в том числе возможностью производства из доступных материалов;

– сроками, в том числе временем от момента начала проектирования до поступления готовой продукции заказчику.

Существующий процесс создания резиновых мембран является ресурсоемким, т. к. требует проведения большого массива экспериментальных исследований. Кроме того, стандартные лабораторные испытания, которые используются при разработке рецептуры резин, не отражают неоднородное сложнонапряженное состояние, характерное для реальных условий эксплуатации мембран [6].

Поскольку производство новых изделий с заданными характеристиками в современных реалиях происходит в условиях дефицита времени, а также материальных и финансовых ресурсов, то в соответствии с ГОСТ Р 54869–2011, PMBOK и PRINCE2 [7-8] процесс создания резиновых мембран, являющийся инженерным творчеством, можно рассматривать как проектное решение, т. е. комплекс взаимосвязанных мероприятий, направленный на создание уникального продукта или услуги в условиях временных и ресурсных ограничений.

Для реализации проектных решений, обеспечивающих конкурентоспособность резиновых мембран, был разработан новый подход к процессу их создания, включающий как проведение простых лабораторных испытаний, позволяющих моделировать поведение мембран в условиях эксплуатации, так и анализ напряженно-деформированного состояния (НДС) с применением корректных физических моделей, максимально учитывающих характеристики резин и их изменение в процессе эксплуатации [9].

Методы исследований

Для создания резиновых мембран необходимо обоснованно подойти к выбору методов их испытания. К методам испытаний предъявляются следующие требования:

– условия испытания образца должны отражать реальные условия нагружения изделия и обеспечивать высокую точность и достоверность результатов;

– на одном типе образца можно определить не только деформационные, но и предельные характеристики материала;

– испытания можно проводить на существующем стандартном оборудовании с применением недорогих адаптированных приставок.

Данным требованиям полностью удовлетворяет метод продавливания резиновой мембраны стальным шарообразным индентором [10]. Авторы метода изучали механизм разрушения протекторных резин при движении по гравийной дороге, поэтому использовали сферический индентор малого диаметра, а также цилиндрический индентор и индентор в виде призмы с целью реализации разрушения образца в виде прокола. В настоящей работе требовалось оценить физико-механические характеристики резин для мембран, а также их напряженно-деформированное состояние, поэтому методы по оценке прочности и сопротивления раздиру были соответствующим образом адаптированы, в частности увеличен диаметр индентора [9]. Индентор цилиндрической формы и в форме призмы были исключены из дальнейших исследований.

Предлагаемые методики испытания резин в неоднородном сложнонапряженном состоянии просты в аппаратурном исполнении (рисунок 1) и обеспечивают высокую воспроизводимость результатов.

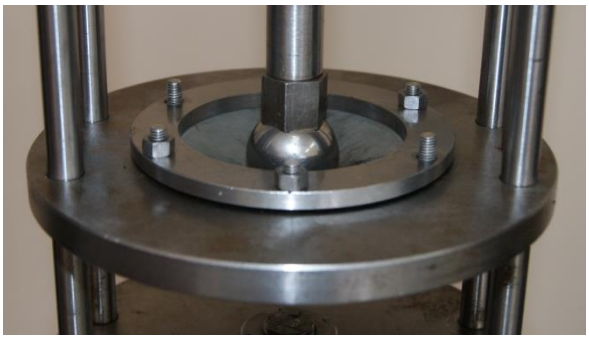


Рисунок 1. Нагружение резиновой мембраны шарообразным индентором

Figure 1. Loading of rubber membrane with a spherical indenter

При продавливании мембраны индентором возникает неоднородное сложнонапряженное состояние, поэтому определить значения прочностных показателей на основании только экспериментальных данных невозможно. Решить данную проблему можно путем численного моделирования [11-14] процесса нагружения резиновой мембраны сферическим индентором.

На основании анализа напряженно-деформированного состояния резиновых мембран (рисунок 2), реализующегося при нагружении их шарообразным индентором, сформулирован критерий для прогнозирования прочности и выбрано уравнение состояния материала, адекватно отражающее его механические свойства (1).

$$F\left(S_1, S_2\right) = aS_1 + \left(1-a\right)S_2 = C, \qquad (1)$$

где S_1 и S_2 – первый и второй инварианты тензора напряжений; a и C – экспериментально определяемые коэффициенты: $C = f_p a$ – характеризует прочность материала, МПа; f_p – условная прочность при одноосном растяжении, МПа; $a = S_2 \big/ \left(f_p + S_2 - S_1\right)$ – характеризует относительный вклад первого инварианта (нормальных напряжений) в прочность, соответственно, (1-a) характеризует стойкость к напряжениям, связанным с изменением формы.

Комплексное использование теоретического и экспериментального подходов является необходимым ресурсом для решения задачи создания резиновых мембран с заданными характеристиками.

Результаты

Данный подход рассмотрен на примере создания цельнорезиновой гофрированной мембраны автоматического клапана продувки рукавных фильтров.

Ресурс имеющихся мембран не отвечал требованиям потребителя.

Особенности работы изделия:

- мембрана подвергается статическим деформациям ~ 20 ÷ 30%;
- в пневмолиниях, где эксплуатируется мембрана, возможно наличие паров масла;
- в процессе эксплуатации материал рабочей части мембраны испытывает разносторонне направленные напряжения;
- на рабочей поверхности мембраны имеется перепускное отверстие, предназначенное для предотвращения срабатывания пневматического устройства при небольших, «шумовых», значениях перепада давления воздуха по разные стороны мембраны.

С точки зрения распределения напряжений в рабочей части изделия при его эксплуатации, перепускное отверстие является конструктивно обусловленным дефектом и, следовательно, концентратором напряжений. Именно на поверхности этого отверстия в процессе работы возникали трещины, обуславливающие выход мембраны из строя. Таким образом, изделие работает в условиях неоднородного сложнонапряженного состояния и искусственного концентратора напряжений.

При разработке рецептуры резиновых смесей для производства мембран рассматриваемого типа с повышенным ресурсом работы, в первую очередь следует добиваться максимально возможного значения сопротивления раздиру резин в условиях неоднородного сложнонапряженного состояния (естественно, сохраняя в заданных пределах значения других необходимых свойств).

Испытание резин на основе широко использующихся в промышленности РТИ [15] каучуков: СКИ-3, СКМС-30АРК, БНКС-18АМН, БНКС-28АМН и БНКС-40АМН предложенными методами показало, что лучшим сопротивлением раздиру обладают резины на основе бутадиен-нитрильных каучуков, наполненных техническим углеродом N339 (рисунок 2). Как известно эти же каучуки обеспечивают изделиям высокую маслостойкостью, что важно для данной гофрированной мембраны.

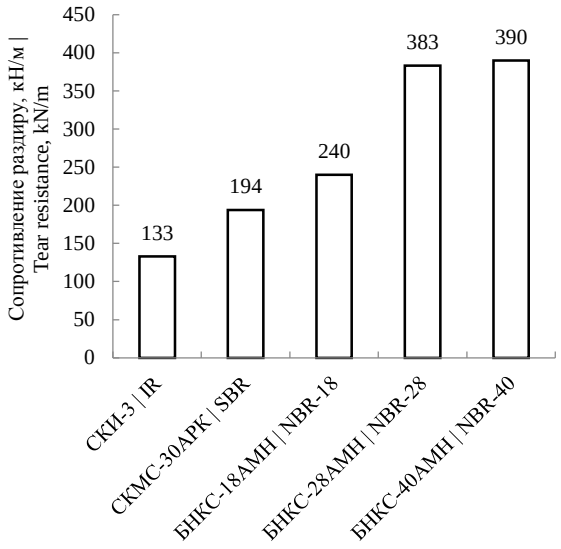


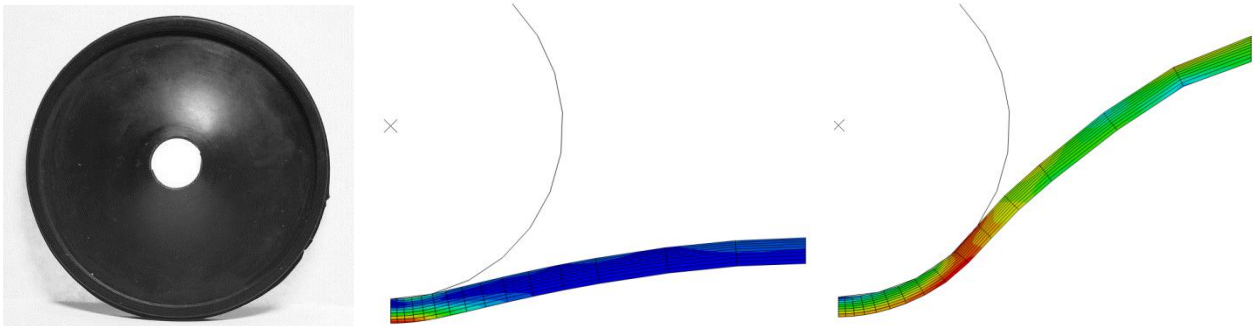
Рисунок 2. Сопротивление раздиру резин в неоднородном сложнонапряженном состоянии

Figure 2. Tear resistance of rubbers in a heterogeneous complexly stressed state

Дальнейшие исследования проводили на бутадиен-нитрильных каучуках [16]. Содержание активного наполнителя – технического углерода N339 варьировалось от 30 до 50 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука.

Вулканизаты были испытаны по методике оценки сопротивления раздиру в неоднородном сложнонапряженном состоянии. Для оценки стойкости к воздействию масел дополнительно для всех резин были проведены серии экспериментов по определению прочностных характеристик после выдержки в течение одного месяца в индустриальном масле И-40А, широко использующемся в промышленности, например, в качестве сказки для редукторов.

Прочностные характеристики резин оценивали по величине коэффициента «С», который определялся посредством расчета методом конечных элементов [17-19] по формуле (1). Задачу о продавливании резиновой мембраны сферическим индентором решали в осесимметричной постановке (рисунок 3). Для задания свойств резин при расчете методом конечных элементов использовался упругий потенциал Йоха, хорошо учитывающий нелинейность изменения свойств резин при нагружении [20–23]. Расчет показал, что при небольших деформациях область концентрации напряжений сосредоточена на оси симметрии модели в центре под областью контакта образца и индентора (рисунок 3, б). При дальнейшем деформировании происходит резкое перераспределение напряжений, и при больших перемещениях индентора область концентрации напряжений в центре образца сглаживается (рисунок 3, в), а концентрация напряжений на периферии, наоборот возрастает и становится наиболее опасной зоной сечения. Характер разрушения образцов подтверждает корректность проведенного расчета. В таблице 1 приведена оценка прочностных характеристик резин до и после набухания в масле. При испытании резин, не подвергнутых воздействию масла значения коэффициента «С» повышаются в ряду каучуков: БНКС-18АМН → БНКС-28АМН → БНКС-40АМН, что свидетельствует о росте прочности резин с увеличением содержания нитрила акриловой кислоты в молекуле рассматриваемых каучуков. Увеличение прочности наблюдается и при увеличении дозировки технического углерода. После выдержки в масле прочность несколько снижается для всех резин на основе каучука БНКС-18АМН и практически не изменяется для резин на основе каучуков БНКС-28АМН и БНКС-40АМН.



(a) (b) (c)

Рисунок 3. Характер разрушения мембран (a) и распределение эквивалентных напряжений Мизеса (b), (c) на различных стадиях внедрения индентора

Figure 3. The nature of membranes destruction (a) and the distribution of equivalent von Mises stresses (b), (c) at different stages of the indenter penetration

Таблица 1.

Влияние выдержки в индустриальном масле на прочностные свойства анализируемых резин

Table 1.

An influence of aging in industrial oil on the strength properties of the analyzed rubbers

Коэффициент "С" при перемещении (мм), MPa Coefficient "C" at moving (mm), MPa	Тип каучука | Type of rubber								
	БНКС-18АМН | NBR-18			БНКС-28АМН | NBR-28			БНКС-40АМН | NBR-40		
	Дозировка технического углерода N339, мас. ч. | Dosage of carbon black N339, parts by weight								
	30	40	50	30	40	50	30	40	50
До выдержки в масле И-40А | Before aging in oil I-40A									
10	2.2	2.5	2.9	4.0	4.5	5.0	4.9	5.1	5.3
20	4.0	4.5	4.8	8.0	8.7	10.0	9.8	10.2	10.4
30	10.5	10.8	11.3	14.1	15.5	16.9	16.8	17.1	17.3
При разрыве At break	16.2	16.8	17.0	19.5	21.1	22.9	22.4	23.2	23.5
После выдержки в масле И-40А | After aging in oil I-40A									
10	1.1	1.5	1.9	3.7	4.4	4.9	4.8	5.0	5.2
20	3.1	3.6	4.0	7.8	8.6	9.8	9.7	10.1	10.3
30	9.7	10.0	10.5	13.9	15.4	16.8	16.7	16.9	17.2
При разрыве At break	14.2	15.8	16.1	19.3	20.9	22.5	22.2	23.1	23.5

Зависимость сопротивления раздиру от типа каучука и содержания наполнителя качественно аналогична зависимости прочности (таблица 2). При этом стоит отметить, что у резины на основе БНКС-18АМН после выдержки в масле наблюдается достаточно значимое (10 ÷ 25%) снижение сопротивления раздиру. У резин на основе каучуков БНКС-28АМН и БНКС-40АМН снижение сопротивления раздиру незначительно.

Таблица 2.

Влияние выдержки в индустриальном масле И-40А на сопротивление резин раздиру

Table 2.

An influence of aging in industrial oil I-40A on the tear resistance of rubbers

Показатель Indicator	Тип каучука | Type of rubber								
	БНКС-18АМН | NBR-18			БНКС-28АМН | NBR-28			БНКС-40АМН | NBR-40		
	Дозировка технического углерода N339, мас. ч. | Dosage of carbon black N339, parts by weight								
	30	40	50	30	40	50	30	40	50
Сопротивление раздиру T_s, кН/м Tear resistance, kN/m	До выдержки в масле И-40А | Before aging in oil I-40A								
	210	302	311	256	383	392	268	391	401
	После выдержки в масле И-40А | After aging in oil I-40A								
	192	267	274	251	380	391	267	390	401

На основании совокупности данных по оценке прочности и сопротивления раздиру, для производства гофрированных мембран могут быть рекомендованы резины как на основе каучука БНКС-28АМН, так и на основе БНКС-40АМН с содержанием техуглерода в количестве 40 и 50 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука, поскольку они обладают сопоставимыми свойствами. Однако резины на основе каучука БНКС-40АМН с содержанием технического углерода 40 и 50 мас. ч., а также резины на основе БНКС-28АМН с содержанием технического углерода 50 мас. ч. имеют повышенные жесткостные характеристики, о чем свидетельствуют значения коэффициента «С» при небольших значениях перемещения индентора (таблица 1). Это негативно сказывается на работе данной гофрированной мембраны. Таким образом, можно считать, что оптимальный комплекс характеристик будут обеспечивать резины на основе каучука БНКС-28АМН при наполнении техуглеродом N339 в количестве 40 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука.

Использование комплексного расчетно-экспериментального подхода позволило повысить долговечность изделий, испытанных в лабораторных условиях, на 35% по сравнению с эталоном и сократить сроки их создания. При этом в рецептуре использован доступный бутадиен-нитрильный каучук, что особенно важно в современной экономической ситуации.

Заключение

Таким образом, испытания резин методом продавливания, моделирующим неоднородное сложнонапряженное состояние, имеющее место в реальных условиях эксплуатации изделий, позволяет получить широкий спектр достоверных характеристик резин для мембран. Применение метода конечных элементов упрощает идентификацию НДС резиновых мембран и при этом является необходимым ресурсом создания РТИ, который может быть эффективно использован в сочетании с широким спектром методов лабораторных испытаний. Сочетание экспериментального и теоретического подходов позволяет адекватно воспроизводить НДС мембран, добиться существенного сокращения времени, материальных и финансовых затрат на создание резиновых мембран с заданными техническими характеристиками.

Литература

1 Резниченко С.В., Морозов Ю.Л. Большой справочник резинщика. Том 2. Резины и резинотехнические изделия. М.: ООО «Издательский центр «Техинформ» МАИ», 2012. 648 с.

2 Квасникова В.В., Жучкевич О.Н. Конкурентоспособность товаров и организаций. М.: Инфра-М. Новое знание, 2015. 192 с.

3 Shpak N., Seliuchenko N., Kharchuk V., Kosar N., Sroka W. Evaluation of Product Competitiveness: A Case Study Analysis // Organizacija. 2019. № 52(2). P. 107–125. doi: 10.2478/orga-2019-0008

4 Liu L., Jiang Z. Influence of technological innovation capabilities on product competitiveness // Industrial Management and Data Systems. 2016. № 116(5). P. 883–892. doi: 10.1108/IMDS-05-2015-0189

5 Щетинина И.В. Применение цифровых технологий продвижения для повышения конкурентоспособности продукции // ЭКОНОМИНФО. 2018. № 4. С. 49–53.

6 Lev Y., Faye A., Volokh K.Y. Thermoelastic deformation and failure of rubberlike materials // Journal of the Mechanics and Physics of Solids. 2019. № 122. P. 538–554. doi: 10.1016/j.jmps.2018.09.033

7 Barghi B., Shadrokh sikari, S. Qualitative and quantitative project risk assessment using a hybrid PMBOK model developed under uncertainty conditions // Heliyon. 2020. № 6(1). doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e03097

8 Jamali G., Oveisi M. A study on project management based on PMBOK and PRINCE2 // Modern Applied Science. 2016. № 10(6). P. 142. doi: 10.5539/mas.v10n6p142

9 Несиоловская Т.Н., Куделин Д.В. Комплексный подход к проектированию тонкостенных резиновых изделий // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 2. С. 229–233.

10 Хромов М.К. О связи показателей разрушения при прорыве с упруго-прочностными свойствами резин // Каучук и резина. 1981. № 8. С. 6–9.

11 Гамлицкий Ю.А., Кольцов Е.М., Веселов И.В. Применение метода конечных элементов для расчета напряженно-деформированного состояния массивных и безопасных шин с использованием линейных и нелинейных определяющих уравнений // Каучук и резина. 2020. № 2. С. 82–85.

12 Calì M., Savio F.L. Accurate 3D reconstruction of a rubber membrane inflated during a Bulge Test to evaluate anisotropy // Advances on Mechanics. Design Engineering and Manufacturing. 2017. P. 1221–1231. doi: 10.1007/978–3–319–45781–9_122

13 Li B., Bahadursha V.R.L.P., Fatt M.S.H. Predicting failure in rubber membranes: An experimental-numerical approach // Engineering Failure Analysis. 2018. V. 90 P. 404–424. doi: 10.1016/j.engfailanal.2018.04.003

14 Gupta A., Pradhan K.S., Bajpai L., Jain V. Numerical analysis of rubber tire/rail contact behavior in road cum rail vehicle under different inflation pressure values using finite element method // Materials Today: Proceedings. 2021. doi: 10.1016/j.matpr.2021.05.100

15 Резниченко С.В., Морозов Ю.Л. Большой справочник резинщика. Том 1. Каучуки и ингредиенты. М.: ООО «Издательский центр «Техинформ» МАИ», 2012. 744 с.

16 Goswami M., Mandloi B.S., Kumar A., Sharma S. et al. Optimization of graphene in carbon black-filled nitrile butadiene rubber: Constitutive modeling and verification using finite element analysis // Polymer Composites. 2020. №. 41(5). P. 1853–1866. doi: 10.1002/pc.25503

17 Huri D., Mankovits T. Comparison of the material models in rubber finite element analysis // In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Institute of Physics Publishing. 2018. V. 393. doi: 10.1088/1757–899X/393/1/012018

18 Zhou C., Chen G., Liu P. Finite element analysis of sealing performance of rubber D-ring seal in high-pressure hydrogen storage vessel // Journal of failure analysis and prevention. 2018. № 18(4). P. 846–855. doi: 10.1007/s11668-018-0472-y

19 Robertson C.G. et al. Finite element modeling and critical plane analysis of a cut-and-chip experiment for rubber // Tire Science And Technology. 2021. №. 2. P. 128–145.

20 Keerthiwansa R., Javorik J., Kledrowetz J. Hyperelastic-material characterization: A comparison of material constants // Materiali in Tehnologije. 2020. № 54(1). P. 121–123. doi:10.17222/mit.2019.161

21 Keerthiwansa R., Javorik J., Kledrowetz J., Nekoksa P. Elastomer testing: The risk of using only uniaxial data for fitting the Mooney-Rivlin hyperelastic-material model // Materiali in Tehnologije. 2018. № 52(1). P. 3–8. doi: 10.17222/mit.2017.085

22 Huri D. Finite Element Software for Rubber Products Design // International Journal of Engineering and Management Sciences. 2018. № 3(1). P. 13–20. doi: 10.21791/ijems.2018.1.2

23 Behera D., Roy P., Madenci E. Peridynamic correspondence model for finite elastic deformation and rupture in Neo-Hookean materials // International Journal of Non-Linear Mechanics. 2020. №. 126. doi: 10.1016/j.ijnonlinmec.2020.103564

References

1 Reznichenko S.V., Morozov U.L. Great handbook of an engineer. Vol. 2. Rubbers and rubber products. Moscow, Techinform MAI. 2012. 648 p. (in Russian).

2 Kvasnikova V.V., Zhuchkevich O.N. Competitiveness of goods and organizations. Moscow, Infra-M, New knowledge. 2015. 192 p. (in Russian).

3 Shpak N., Seliuchenko N., Kharchuk V., Kosar N., Sroka W. Evaluation of Product Competitiveness: A Case Study Analysis. Organizacija. 2019. no. 52(2). pp. 107–125. doi: 10.2478/orga-2019-0008

4 Liu L., Jiang Z. Influence of technological innovation capabilities on product competitiveness. Industrial Management and Data Systems. 2016. no. 116(5). pp. 883–892. doi: 10.1108/IMDS-05-2015-0189

5 Shchetinina I.V. The using of digital promotion technologies to increasing the competitiveness of products. ECONOMINFO. 2018. no. 4. pp. 49–53. (in Russian)

6 Lev Y., Faye A., Volokh K.Y. Thermoelastic deformation and failure of rubberlike materials. Journal of the Mechanics and Physics of Solids. 2019. no. 122. pp. 538–554. doi: 10.1016/j.jmps.2018.09.033

7 Barghi B., Shadrokh sikari, S. Qualitative and quantitative project risk assessment using a hybrid PMBOK model developed under uncertainty conditions. Heliyon. 2020. no. 6(1). doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e03097

8 Jamali G., Oveisi M. A study on project management based on PMBOK and PRINCE2. Modern Applied Science. 2016. no. 10(6). pp. 142. doi: 10.5539/mas.v10n6p142

9 Nesiolovskaya T.N., Kudelin D.V. An integrated approach to the design of thin-walled rubber products. Scientific and technical bulletin of the Volga region. 2012. no. 2. pp. 229–233. (in Russian).

10 Khromov M.K. On the relationship between breakthrough fracture indicators and elastic-strength properties of rubbers. Rubber and rubber. 1981. no. 8. pp. 6–9. (in Russian).

11 Gamlitskii Y.A., Koltsov E.M., Veselov I.V. Application of the finite element method for calculating the stress-strain state of massive and safe tires using linear and nonlinear constitutive equations. Rubber. 2020. no. 2. pp. 82–85. (in Russian).

12 Calì M., Savio F.L. Accurate 3D reconstruction of a rubber membrane inflated during a Bulge Test to evaluate anisotropy. Advances on Mechanics. Design Engineering and Manufacturing. 2017. pp. 1221–1231. doi: 10.1007/978–3–319–45781–9.

13 Li B., Bahadursha V.R.L.P., Fatt M.S.H. Predicting failure in rubber membranes: An experimental-numerical approach. Engineering Failure Analysis. 2018. vol. 90. pp. 404–424. doi: 10.1016/j.engfailanal.2018.04.003

14 Gupta A., Pradhan K.S., Bajpai L., Jain V. Numerical analysis of rubber tire/rail contact behavior in road cum rail vehicle under different inflation pressure values using finite element method. Materials Today: Proceedings. 2021. doi: 10.1016/j.matpr.2021.05.100

15 Reznichenko S.V., Morozov U.L. Great handbook of an engineer. Vol. 1. Rubbers and ingredients. Moscow, Techinform MAI. 2012. 744 p. (in Russian).

16 Goswami M., Mandloi B.S., Kumar A., Sharma S. et al. Optimization of graphene in carbon black-filled nitrile butadiene rubber: Constitutive modeling and verification using finite element analysis. Polymer Composites. 2020. no. 41(5). pp. 1853–1866. doi: 10.1002/pc.25503

17 Huri D., Mankovits T. Comparison of the material models in rubber finite element analysis. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Institute of Physics Publishing. 2018. vol. 393. doi: 10.1088/1757–899X/393/1/012018

18 Zhou C., Chen G., Liu P. Finite element analysis of sealing performance of rubber D-ring seal in high-pressure hydrogen storage vessel. Journal of failure analysis and prevention. 2018. no. 18(4). pp. 846–855. doi: 10.1007/s11668-018-0472-y

19 Robertson C.G. et al. Finite element modeling and critical plane analysis of a cut-and-chip experiment for rubber. Tire Science And Technology. 2021. no. 2. pp. 128–145.

20 Keerthiwansa R., Javorik J., Kledrowetz J. Hyperelastic-material characterization: A comparison of material constants. Materiali in Tehnologije. 2020. no. 54(1). pp. 121–123. doi:10.17222/mit.2019.161

21 Keerthiwansa R., Javorik J., Kledrowetz J., Nekoksa P. Elastomer testing: The risk of using only uniaxial data for fitting the Mooney-Rivlin hyperelastic-material model. Materiali in Tehnologije. 2018. no. 52(1). pp. 3–8. doi: 10.17222/mit.2017.085

22 Huri D. Finite Element Software for Rubber Products Design. International Journal of Engineering and Management Sciences. 2018. no. 3(1). pp. 13–20. doi: 10.21791/ijems.2018.1.2

23 Behera D., Roy P., Madenci E. Peridynamic correspondence model for finite elastic deformation and rupture in Neo-Hookean materials. International Journal of Non-Linear Mechanics. 2020. no. 126. doi: 10.1016/j.ijnonlinmec.2020.103564

Сведения об авторах

Дмитрий В. Куделин ведущий специалист, отдел перспективных разработок, ООО «Научно-технический центр «Интайр», ул. Советская, 81, г. Ярославль, 150003, Россия, kvmbaikal@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-5124-1168

Татьяна Н. Несиоловская д.т.н., профессор, кафедра управления предприятием, Ярославский государственный технический университет, Московский пр-т, 88, г. Ярославль, 150023, Россия, nesiolovskayatn@ystu.ru
https://orcid.org/0000-0003-2024-6625

Information about authors

Dmitry V. Kudelin leading specialist, advanced development department, research and development center "Intire" LLC, Sovetskaya str., 81, Yaroslavl, 150003, Russia, kvmbaikal@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-5124-1168

Tatyana N. Nesiolovskaya Dr. Sci. (Engin.), professor, Enterprise Management Department, Yaroslavl State Technical University, Moskovsky Av., 88, Yaroslavl, 150023, Russia, nesiolovskayatn@ystu.ru
https://orcid.org/0000-0003-2024-6625

Вклад авторов

Дмитрий В. Куделин написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат
Татьяна Н. Несиоловская консультация в ходе исследования

Contribution

Dmitry V. Kudelin wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism
Tatyana N. Nesiolovskaya consultation during the study

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 19/04/2021 **После редакции** 17/05/2021 **Принята в печать** 02/06/2021

Received 19/04/2021 **Accepted in revised** 17/05/2021 **Accepted** 02/06/2021

Экономика и управление

Economics and Management

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-237-242 Оригинальная статья/Research article

УДК 360 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Формирование инвестиционной стратегии предприятия

Юлия В. Пахомова [1] yulia198007@mail.ru 0000-0001-6595-3118
Наталья Н. Кудрявцева [2] konnat@mail.ru
Юлия Н. Дуванова [3] dyvanova@mail.ru

1 Воронежский государственный технический университет, ул. Московский проспект, 14, г. Воронеж, 394036, Россия
2 Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковскрго и Ю.А. Гагарина, ул. Старых Большевиков, 54а, г. Воронеж, Россия
3 Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, 394036, г. Воронеж, Россия

Аннотация. В настоящее время, современные методы, используемые для оценки эффективности инвестиционных проектов, в наибольшей степени ориентированы на количественную оценку, не учитывают особенности реализации проектов на разных стадиях, а также лишены способности учитывать риски инвестирования в условиях отраслевых особенностей. Возникновение рисков связано с отсрочкой реализации проекта инвестирования во времени, поэтому учет неопределенности должен являться неотъемлемым элементом оценки эффективности проектов. При создании и реализации проекта инвестирования необходимо учитывать инновационные, коммерческие, технико-технологические, финансовые риски. Поэтому предлагается совершенствование методики оценки эффективности на основе рисков, учитываемых при расчете ставки дисконтирования для каждой фазы жизненного цикла проекта. В статье авторами обоснована необходимость применения системного анализа, современных методов, методического подхода к оценке эффективности инвестиционных проектов с учетом рисков, учитываемых при расчете ставки дисконтирования для каждой фазы жизненного цикла проекта, что позволяет более точно рассчитывать основные показатели эффективности инвестиционного проекта. Прикладные исследования, а тем более фундаментальные требуют значительных вложений, отдача от которых на первых этапах разработки и реализации инвестиционных проектов трудно прогнозируема. Конечный результат так же заведомо не предсказуем, что делает инвестирование одной из наиболее рискованных сфер деятельности современных компаний.

Ключевые слова: методический подход, эффективность, инвестиции, риск, финансовые коэффициенты

Formation of the enterprise investment strategy

Yuliya V. Pakhomova [1] yulia198007@mail.ru 0000-0001-6595-3118
Natalya N. Kudryavtseva [2] konnat@mail.ru
Yuliya N. Duvanova [3] dyvanova@mail.ru

1 Voronezh State Technical University, Moskovsky av., 14, Voronezh, 394036, Russia
2 Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovskiy and Y.A. Gagarin, Starich Bolshevikov str., 54a, Voronezh, 394064, Russia
3 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. Currently, modern methods used to evaluate the effectiveness of investment projects are most focused on quantitative assessment, do not take into account the peculiarities of project implementation at different stages, and also lack the ability to take into account investment risks in conditions of sectoral characteristics. Risks are associated with postponing the implementation of the investment project over time, so taking into account uncertainties should be an integral part of the assessment of the effectiveness of projects. When creating and implementing an investment project, it is necessary to take into account innovative, commercial, technical and technological, financial risks. Therefore, it is proposed to improve the methodology for assessing efficiency based on the risks taken into account in calculating the discount rate for each phase of the life cycle of the project. In the article, the authors substantiated the need to apply systematic analysis, modern methods, a methodological approach to assessing the effectiveness of investment projects in the electric power industry, taking into account the risks taken into account when calculating the discount rate for each phase of the life cycle of the project, which allows you to more accurately calculate the main indicators of the efficiency of the investment project. The main indicators of evaluation of investment projects efficiency and factors influencing decision-making on investment projects, such as inflation, discounting ratios of the corresponding investment sphere, are considered. Applied research, and even more so fundamental, requires significant investments, the return on which at the first stages of the development and implementation of investment projects is difficult to predict. The end result is also obviously not predictable, which makes investing one of the most risky areas of activity of modern companies.

Keywords: methodological approach, efficiency, investment, risk, financial ratios

Введение

Успешная реализация мероприятий инвестиционной политики предполагает выгодное вложение собственных и заемных ресурсов с целью получения максимального дохода и достижения определенного экономического эффекта. Поэтому в качестве составляющих элементов общего интегрального показателя были выбраны финансовые коэффициенты и структурные величины основных активов и источники их формирования.

Жизненный цикл проекта как последовательность этапов, протяженных во времени, выражает генезис реализации от замысла до

Для цитирования
Пахомова Ю.В., Кудрявцева Н.Н., Дуванова Ю.Н. Формирование инвестиционной стратегии предприятия // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 237–242. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-237-242

For citation
Pakhomova Yu.V., Kudryavtseva N.N., Duvanova Yu.N. Formation of the enterprise investment strategy. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 237–242. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-237-242

© 2021, Кудрявцева Н.Н. и др. / Kudryavtseva N.N. et al.

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

закрытия проектной задачи. Систематизируя многочисленные понятия жизненного цикла проекта, его можно представить, как совокупность последовательных фаз, определяемых особенностями проекта, его задачами, объемами финансирования и сроками.

Проекты инвестирования реализуются по похожим этапам, однако особое значение в их реализации имеет организация финансовых потоков и наличие НИОКР, проектно-технологических работ. Управление инвестиционным проектом включает в себя этапы, начиная с научно-исследовательских работ и заканчивая освоением на рынке. Поэтому жизненный цикл инвестиционного проекта можно представить, как временной интервал реализации продукта, начиная от его проектирования и изготовления, и заканчивая утилизацией.

Формирование системы управленческих воздействий для повышения эффективности развития предприятия.

Таким образом, каждому этапу жизненного цикла инвестиционного проекта присущи различные виды рисков, в наибольшей степени связанные с отсрочкой реализации проекта. Инвестор оценивает способность проекта инвестирования предприятия генерировать денежные потоки и доходность. Предлагается совершенствовать методику оценки инвестиционных программ за счет учета особенностей рисков на каждом этапе их реализации.

Как было отмечено ранее, современная практика оценки эффективности инвестиционных проектов основывается на определении общей ставки дисконтирования по всему проекту в целом (r), что как предполагается, может привести к недостоверности полученных данных и их дальнейшей интерпретации при подведении итогов оценки эффективности проекта и управлению рисками на предприятии.

Региональная экономика требует соответствующих мер и условий для инвестиций, способствующих привлечению иностранных вложений как стратегического курса внедрения в мировой рынок инвестиций, которому соответствуют специфические законы и условия.

Вследствие этого региональные социально-экономические системы ставят задачу использовать новаторскую инвестиционную политику, сочетающую требования кредиторов на уровне региона и федерации.

Эффективный и комплексный инвестиционный резерв, которым является иностранный капитал, рассматривается в качестве финансового источника, способствует развитию технических, технологических, интеллектуальных возможностей, а также менеджмента.

Система менеджмента является эффективным инструментом организации производства. Она позволяет определить технологические и технические возможности производственных систем, потребности регионального рынка в контексте микроэкономической деятельности, информацию о рынках, находящихся на более высоком уровне, региональных конкурирующих структурах, и позволит осуществить анализ и выбор стратегии управления.

Если представить, что покупатель – это потенциальный кредитор, а в качестве товара принять региональный ресурс, обладающий стоимостью и полезностью, то для региональных и местных органов самоуправления, компетентных ведомств эффективным способом повышения инвестиционной привлекательности является применение системы менеджмента.

Основными принципами системы менеджмента, используемыми в организации производства, являются:

- потребитель – основное звено в системе, когда необходимо сочетать тактические и стратегические подходы к удовлетворению его требований, с учетом одновременного, целенаправленного воздействия на них;
- использование системного подхода, согласно которому необходимо учитывать взаимосвязь и взаимозависимость происходящих процессов и явлений;
- долгосрочное планирование, с определением целей на определенный период, прогнозирование;
- результат деятельности и осуществление контроля.

Инвестиционная привлекательность предприятий как особое направление системы управления развитием регионального рынка, показывает насколько вероятно привлечение денежных средств в региональную экономику. Повышая инвестиционную привлекательность можно увеличить и поступление денежных средств, и конкурентные преимущества рынка.

Анализ финансовых показателей проекта

Подход к оценке эффективности инвестиционных проектов предприятия должен быть основан на представлении, что каждому денежному потоку (для каждой фазы жизненного цикла проекта) должны быть присущи свои виды рисков. Далее для их оценки требуется эти денежные потоки приводить к текущей стоимости по определенной ставке дисконтирования (r_i) с учетом характерных ей основных видов риска проекта. При этом необходимо разделить денежные потоки по видам: доинвестиционный этап, инвестиционный этап, постинвестиционный этап.

Для обоснования планирования выпуска новых изделий следует получить информацию о перспективном спросе, проанализировать емкость рынка, возможные цены на осваиваемую продукцию, выявить потребителей и конкурентов на предполагаемом сегменте рынка, оценить платежеспособность основных потребителей. На основе проведенного анализа определяется момент выхода на рынок с новым изделием и период реализации изделия.

При прогнозировании возможной ситуации на сегменте рынка определяется динамика потребительского спроса в зависимости от его изменения, а также планируется динамика процесса освоения и рост объема производства. Планирование выпуска новых изделий осуществляется с учетом основных факторов, оказывающих влияние на рыночный спрос. Такими факторами, кроме потребительских свойств товара, являются: соответствие осваиваемого изделия стандартам и техническим требованиям; обеспечение технического сервиса; платежеспособность потребителей; цена изделия [2].

В ходе исследования спроса на осваиваемые изделия и факторов, оказывающих влияние на темпы продвижения новой продукции к потребителю, была разработана модель изучения спроса и планирования выпуска новых изделий и определены показатели экономической эффективности рассматриваемого инвестиционного проекта по рассчитанной ставке дисконтирования (таблица 1).

Таблица 1.

Показатели эффективности проекта, рассчитанные по предложенной методике

Table 1.

Project performance indicators calculated according to the proposed methodology

Показатель Indicator	Значение Value
Чистый дисконтированный доход по проекту (NPV), тыс. руб. Project net discounted income (NPV), thousand rubles	1 038 837
Внутренняя норма доходности (IRR), % Internal rate of return (IRR), %	44,64%
Индекс прибыльности (PI) Profitability Index (PI)	1,98
Период окупаемости проекта (PP), год Project Payback Period (PP), Year	3,19

Для того чтобы доказать эффективность и целесообразность применения авторской методики оценки эффективности инвестиционного проекта с учетом основных видов рисков, для начала оценим проект с точки зрения существующей методики, основанной на расчете общей ставки дисконтирования для всего проекта. Определим показатели экономической эффективности рассматриваемого инвестиционного проекта по рассчитанной ставке дисконтирования (таблица 3–4).

Таблица 2.

Виды рисков по этапам жизненного цикла инвестиционного проекта

Table 2.

Risk Types by Life Cycle Stages of Investment Project

Этап | Stage	Виды рисков Types of risks	Возможные источники риска | Possible sources of risk
Формирование концепции Concept Formation	Инновационный innovative	Ошибочный выбор направления исследования, ошибки в расчетах плановых и прогнозных показателей. Ошибочное определение сроков НИОКР и выбора необходимых ресурсов Erroneous selection of study direction, errors in calculation of planned and forecast key figures. Erroneous timing of R & D and selection of necessary resources.
Разработка development	Инновационный, технологический, финансовый innovative, technological, financial	Неверная организация фундаментальных исследований по результатам НИОКР. Ошибочное определение сроков фундаментальных исследований. Невозможность воплотить результат исследований на данном уровне развития техники и технологий. Incorrect organization of basic research on the results of R & D. Erroneous timing of basic research. The inability to embody the results of research at this level of development of technology and technology.
Реализация realization	Инновационный, технологический, коммерческий innovative, technological, commercial	Невозможность производства на данном уровне развития техники и технологий. | Отсутствие необходимых ресурсов для организации производства, производственных возможностей и мощностей. The impossibility of production at this level of development of technology and technology.Lack of necessary resources for organization of production, production capabilities and capacity.
Окончание termination	Финансовый termination	Невозможность продвижения в результате ошибок в разработке маркетинговой концепции. Появление на рынке аналогов, быстрое устаревание технологии | Inability to promote as a result of errors in the development of the marketing concept. Appearance of analogues on the market, Rapid technology obsolescence

Таблица 3.

Исходные данные для расчета, тыс. руб.

Table 3.

Initial data for calculation, thousand rubles

Показатель Indicator	Период реализации проекта инвестирования Period of investment project implementation							
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	2026 г.
Формирование концепции | Concept Formation								
Доинвестиционный анализ целевого рынка Target market analysis	203 000	0	0	0	0	0	0	0
Доинвестиционные расчеты доходов и расходов проекта, обоснование его возможной целесообразности Pre-investment calculations of revenues and expenses of the project, justification of its possible expediency	97 000	0	0	0	0	0	0	0
Разработка | Development								
Расходы на испытание опытных образцов продукции Test costs of experienced product samples	0	370 000	0	0	0	0	0	0
Сертификация оборудования Certification equipment	0	450 000	0	0	0	0	0	0
Затраты на формирование проектно-сметной документации Cost of design and estimate documentation	0	38 500	0	0	0	0	0	0
Расчеты для технико – экономического обоснования инвестиционного проекта Calculations for feasibility study of investment project	0	47 000	0	0	0	0	0	0
Затраты на технический надзор Costs of technical supervision	0	35 900	0	0	0	0	0	0
Реализация | Realization								
Себестоимость изготовления товаров Prime cost making goods	0	0	1 230 780	1 316 935	1 409 120	1 507758	1 613 302	0
Выручка от реализации проекта Revenue from project implementation	0	0	2 030 891	2 213 671	2 412 902	2 630 063	2 866 768	0

Таблица 4.

Расчет срока окупаемости проекта (PP), тыс. руб.

Table 4.

Calculation of the project payback period (PP), thousand rubles.

Наименование показателей Description of indicators	Период реализации проекта | Project Implementation Period							
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	2026 г.
Начальные инвестиции Initial investments	-300000	-756 023	0	0	0	0	0	0
Настоящая стоимость Real cost	0	0	488 065	477 651	466 878	455 821	444 544	-238 099
NPV накопительным итогом NPV cumulative total	-300000	-1 056 023	-567958	-90 307	376571	832 392	1 276 936	1 038 837
Срок окупаемости инвестиционного проекта (PP) Payback Period Investment Project (PP)	3,19							

При внедрении предложенного подхода к оценке эффективности инвестиционного проекта значительно повысит точность прогнозных расчетов. Этот факт способствует более эффективному управлению рисками, что значительно снизит неопределенность в отношении принятия решения о целесообразности инвестирования и дальнейшего осуществления инвестиционного проекта, что является несомненным аргументом для инвестора в пользу выбора данного подхода к оценке эффективности рассматриваемого проекта.

Заключение

Возникновение рисков связано с отсрочкой реализации проекта инвестирования во времени, поэтому учет неопределенности должен являться неотъемлемым элементом оценки эффективности проектов. При создании и реализации проекта инвестирования необходимо учитывать инновационные, коммерческие, технико-технологические, финансовые риски. Поэтому предлагается совершенствование методики оценки эффективности на основе рисков, учитываемых при расчете ставки дисконтирования для каждой фазы жизненного цикла проекта.

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. № 12–4 (41). 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 // Кризис экономической системы как фактор нестабильности современного общества: материалы IV междун. науч.-практ. конф. Саратов, 2014. С. 73–74.

4 Дубиновский М.З., Балдов Д.В. Административно-территориальное управление продовольственной безопасностью // Вестник НГИЭИ. 2017. № 8 (75). С. 48–55.

5 Kihn M. House of lies: how management consultants steal your watch and then tell you the time. 2012. Senor D. Start-up Nation. 2016. 198 p.

6 Turner R., Ledwith A. Project management in small to Medium Sized enterprises: Fitting the practices to the needs of the firm to deliver benefit // Journal of Small Business Management. 2018. V. 56. № 3. P. 475–493.

7 Dey P.K., Petridis N.E., Petridis K., Malesios C. et al. Environmental management and corporate social responsibility practices of small and medium-sized enterprises // Journal of cleaner production. 2018. V. 195. P. 687–702.

8 Collings D.G., Mellahi K., Cascio W.F. Global talent management and performance in multinational enterprises: A multilevel perspective // Journal of Management. 2019. V. 45. № 2. P. 540–566.

9 Hilorme T., Chorna M., Karpenko L., Milyavskiy M. et al. Innovative model of enterprises personnel incentives evaluation // Academy of Strategic Management Journal. 2018. V. 17. № 3. P. 1–6.

10 Gnezdova J.V., Semchenkova S.V., Kuchumov A.V. State Backing of Modernization of Main Funds of Agricultural Purpose within a Matter of Increasing Food Security of Russia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2020. V. 459. №. 6. P. 062061.

11 Бодрунов С. Д. Четвертая индустриальная революция — пролог Нового индустриального общества второй генерации // Научные труды Вольного экономического общества России. 2017. Т. 205. № 205. С. 262-284.

12 Досужева Е.Е., Кириллов Ю.В. Основные принципы реализации инвестиционного проекта // Науковедение. 2016. № 1. С. 13.

13 Пидяшова О.П. Оценка инвестиций в современных условиях // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2016. № 7. С. 170-179.

14 Голяшев А. Инвестиции и источники их финансирования // Бюллетень о текущих тенденциях российской экономики. 2016. №17.

15 Любовцева Е.Г. О финансировании инвестиций Чувашской Республики // Науковедение. 2017. Т. 9. № 2. С. 2-11.

16 Шабиева А.И, Королев А.Г, Щегельский Д.В. Инвестиционная политика в промышленных корпорациях // Академический вестник. 2012. С. 195-198.

17 Брусов А.Г., Брусова И.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов с учетом многофакторности затрат и результатов // Повышение конкурентоспособности отраслей экономики как направление выхода из экономического кризиса: Сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 11-12 мая 2016 г.). Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2016. С. 417- 420.

18 Ахмедов Н.А. Методологические основы разработки стратегии перспективной инвестиционной политики экономического роста предприятий // Транспортное дело России. 2015. С. 31-36.

19 Bogoviz A.V., Ragulina Y.V., Kutukova E.S. Ways to improve the economic efficiency of investment policy and their economic justification // International Journal of Applied Business and Economic Research. 2017. V. 15. №. 11. P. 275-285.

20 Magasumovna A.A., Anasovna S.G., Alfirovna Z.Z. Factors and reserves of increase of efficiency of agricultural production // International Journal of Applied Engineering Research. 2017. V. 12. №. 24. P. 15821-15829.

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. Economics and Entrepreneurship. 2013. no. 12–4 (41). pp. 704–712. (in Russian).

2 Kudryavtseva N.N. The implementation of a balanced scorecard for the enterprise. Herald Innovative Region. 2012. no. 2. pp. 27–34. (in Russian).

3 Pakhomova Yu.V., Kudryavtseva N.N. Management strategies in the management of a service market enterprise. The crisis of the economic system as a factor in the instability of modern society: materials of the IV intern. scientific-practical conf. Saratov, 2014. pp. 73–74. (in Russian).

4 Dubinovskij M.Z., Baldov D.V. Administrative and territorial management of food security. Bulletin NGIEI. 2017. no. 8 (75). pp. 48–55. (in Russian).

5 Kihn M. House of lies: how management consultants steal your watch and then tell you the time. 2012.

6 Senor D. Start-up Nation. 2016. 198 p.

7 Turner R., Ledwith A. Project management in small to Medium Sized enterprises: Fitting the practices to the needs of the firm to deliver benefit. Journal of Small Business Management. 2018. vol. 56. no. 3. pp. 475–493.

8 Dey P.K., Petridis N.E., Petridis K., Malesios C. et al. Environmental management and corporate social responsibility practices of small and medium-sized enterprises. Journal of cleaner production. 2018. vol. 195. pp. 687–702.

9 Collings D.G., Mellahi K., Cascio W.F. Global talent management and performance in multinational enterprises: A multilevel perspective. Journal of Management. 2019. vol. 45. no. 2. pp. 540–566.

10 Gnezdova J.V., Semchenkova S.V., Kuchumov A.V. State Backing of Modernization of Main Funds of Agricultural Purpose within a Matter of Increasing Food Security of Russia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2020. V. 459. №. 6. P. 062061.

11 Bodrunov S.D. The fourth industrial revolution - the prologue of the new industrial society of the second generation. Scientific works of the Free Economic Society of Russia. 2017. vol. 205. no. 205. pp. 262-284. (in Russian).

12 Dosuzheva E.E., Kirillov Yu.V. Basic principles of the investment project implementation. Science Science. 2016. no. 1. pp. 13. (in Russian).

13 Pidyashova O.P. Assessment of investments in modern conditions. Economy: yesterday, today, tomorrow. 2016. no. 7. pp. 170-179. (in Russian).

14 Golyashev A. Investments and sources of their financing. Bulletin on current trends in the Russian economy. 2016. no. 17. (in Russian).

15 Lyubovtseva E.G. On the financing of investments of the Chuvash Republic. Science Science. 2017. vol. 9. no. 2. pp. 2-11. (in Russian).

16 Shabieva A.I., Korolev A.G., Schegelsky D.V. Investment policy in industrial corporations. Academic Bulletin. 2012. pp. 195-198. (in Russian).

17 Brusov A.G., Brusova I.A. Evaluation of the efficiency of investment projects taking into account the multifactorial nature of costs and results. Increasing the competitiveness of economic sectors as a way out of the economic crisis: Collection of articles. materials international. scientific-practical conf. (Cheboksary, May 11-12, 2016). Cheboksary, Chuvash Publishing House. University, 2016. pp. 417-420. (in Russian).

18 Akhmedov N.A. Methodological foundations for developing a strategy for a promising investment policy of economic growth of enterprises. Transport business of Russia. 2015. pp. 31-36. (in Russian).

19 Bogoviz A.V., Ragulina Y.V., Kutukova E.S. Ways to improve the economic efficiency of investment policy and their economic justification. International Journal of Applied Business and Economic Research. 2017. vol. 15. no. 11. pp. 275-285.

20 Magasumovna A.A., Anasovna S.G., Alfirovna Z.Z. Factors and reserves of increase of efficiency of agricultural production. International Journal of Applied Engineering Research. 2017. vol. 12. no. 24. pp. 15821-15829.

Сведения об авторах

Юлия В. Пахомова к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности, Воронежский государственный технический университет, Московский пр-т, 14, г. Воронеж, 394036, Россия, yulia198007@mail.ru

https://orcid.org/0000-0001-6595-3118

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, 394064, Россия, konnat@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, 394036, Россия, dyvanova@mail.ru

Information about authors

Yuliya V. Pakhomova Cand. Sci. (Econ..), associate professor, economic security department, Voronezh State Technical University, Moskovsky av., 14, Voronezh, 394036, Russia, yulia198007@mail.ru

https://orcid.org/0000-0001-6595-3118

Natalya N. Kudryavtseva Cand. Sci. (Econ.), associate professor, air force logistics management department, Military and air academy of a name of professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin, Old Bolsheviks str., 54a, Voronezh, 394064, Russia, konnat@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

Вклад авторов

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

Contribution

All authors are equally involved 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 21/04/2021	**После редакции** 12/05/2021	**Принята в печать** 03/06/2021

Received 21/04/2021	**Accepted in revised** 12/05/2021	**Accepted** 03/06/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-243-250 Оригинальная статья/Research article
УДК 378.2 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

К вопросу решения проблем внутренней конкуренции в ходе реализации дополнительных образовательных программ в вузе

Инна Н. Пугачева [1] eco-inna@ya.ru 0000-0001-5850-2861
Наталия Б. Мухина [1] mukhnat@ya.ru 0000-0003-1911-9813

1 Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия
2 Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета, пр. Ленина, 49, г. Стерлитамак, 453103, Россия

Аннотация. Система дополнительного профессионального образования представляет собой одну из наиболее актуальных задач в системе стратегического планирования вуза. С дополнительным профессиональным образованием сегодня связывают вопросы повышения привлекательности вуза у населения, финансовой состоятельности университета, реализации стратегии непрерывного образования. В ходе формирования программ дополнительного профессионального образования руководство организации сталкивается с возникновением конкуренции между подразделениями вуза в связи с пересечением тематических полей профессиональных программ. Для преодоления возникающей ситуации предлагается стратегия монополизации управлением системой дополнительного профессионального образования в рамках деятельности университета. При реализации представленной стратегии предлагается формирование ряда отделов в Центре дополнительного профессионального образования с функциональными обязанностями, направленными на стимулирование работы профессорско-преподавательского состава и избежание сходства тем в программах подготовки: отдел / управление дополнительного профессионального образования (является владельцем программ); координационный центр (в его составе: экспертно-аналитический центр, финансовый отдел), офис конструирования и продвижения программ (в его составе: отдел «архитектуры» программ, отдел маркетинга и рекламы). В совместной деятельности этих отделов решаются следующие задачи: право инициации программы, распределение финансовых потоков, нормативно-правовое обеспечение, методическая составляющая, поиск целевой группы, разработка и возможности укрупнения программ, разработка требований к профессорско-преподавательскому составу, возможность цифрового сопровождения программы посредством Бота. Решение данных проблем становится основой для создания условий организации работы системы дополнительного профессионального образования в вузе, при которой не наблюдается пересечение тематик профессиональных программ и снижается внутренняя конкуренция среди подразделений университета.

Ключевые слова: профессиональное образование, стратегическое планирование, тематические поля, стратегия, внутренняя конкуренция

Problem of Inner Competitiveness in the Process of Additional Educational Programs Introduction at the University

Inna N. Pugacheva [1] eco-inna@ya.ru 0000-0001-5850-2861
Nataliya B. Mukhina [1] mukhnat@ya.ru 0000-0003-1911-9813

1 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia
2 Sterlitamak Branch of the Bashkir State University, Lenin Ave., 49 Sterlitamak, 453103, Russia

Abstract. The system of additional professional education is one of the most topical problems in the strategic planning of the university. Currently, the questions of stimulating attraction to the population, financial state of the university, introduction of the system of long-life learning are connected with additional professional education. In the process of additional professional education programs the administration faces the competitiveness between the university's offices due to the crossing of thematic fields of professional programs. To overcome the problems, the strategy of monopoly in the regulation of the system of additional education in the frame of the university functioning is offered. There is presented a suggestion to form a number of departments in the Center of additional professional education while realizing the given strategy including the following functions aimed at stimulating the teachers' work and avoiding the similarities between the professional programs: department of additional professional education (is an owner of the programs); coordinating center (including expert analytical center, financial department); office of programs' construction and promotion (including the department of programs' "design", marketing and advertisement department). When cooperating during the departments' professional activities the following tasks can be solved: the right to initiate the program, to distribute finances, legislative support, methodological basis, search for clients, development and programs combining, development of requirements to the teachers' competence, digital assistance with the Bot. The solution of the problems is a way to create the conditions to build the system of additional professional education at the university in the context of themes crossing in professional programs and it results in decreasing the competitiveness between the university's department.

Keywords: professional education, strategic planning, thematic fields, strategy, inner competitiveness

Для цитирования
Пугачева И.Н., Мухина Н.Б. К вопросу решения проблем внутренней конкуренции в ходе реализации дополнительных образовательных программ в вузе // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 243–250. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-243-250

For citation
Pugacheva I.N., Mukhina N.B. Problem of Inner Competitiveness in the Process of Additional Educational Programs Introduction at the University. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 243–250. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-243-250

© 2021, Пугачева И.Н. и др. / Pugacheva I.N. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

На сегодняшний день в университетах реализуются программы дополнительного профессионального образования (ДПО), ориентированные на разные целевые аудитории: лиц, имеющих высшее или среднее профессиональное образование, работающих в разных отраслях экономики, госслужащих, преподавателей и студентов. Вследствие этого, возникают много ситуаций, когда некоторые подразделения разрабатывают программы, пересекающиеся с исторически сложившейся тематикой других подразделений. Это приводит к внутренней конкуренции, размыванию рынка. При наличии внешней конкуренции в осуществлении образовательной деятельности системой ДПО ставится вопрос об определении путей исключении или снижения риска пересечения тематик программ разными подразделениями. Однако вопрос о пересечении тематических полей остается открытым.

Круг поставленных задач не ограничивается только вопросом правильной тематической направленности профессиональных программ, предлагаемых разными подразделениями университета. Часто изменение политики системы ДПО вуза затрагивает ряд серьезных проблем, а именно [1]:

1. Неготовность сотрудников и недостаточная компетенция менеджеров.
2. Разобщенность в подготовке материалов программ.
3. Распределение финансовых потоков.
4. Пассивная роль маркетологов в продвижении продукта (отсутствие стратегической централизованной функции для проведения аналитической работы до создания курса).
5. Отсутствие культуры коллаборации.
6. Слишком большой портфель программ и определение способов их укрупнения.
7. Организация работы с заказчиком, обратной связи.

Соответственно, для решения вопроса снижения или полного сокращения конкуренции внутри подразделений вуза, следует обратиться к анализу системной деятельности подразделений вуза с целью пересмотра и перераспределения их функциональных обязанностей.

Цель статьи – рассмотреть возможные пути организации деятельности подразделений по вопросу разработки профессиональных программ с целью исключения или снижения риска пересечения тематик разными подразделениями вуза в рамках реализации стратегии развития ДПО.

Методы

Исходя из представленных проблем, можно выделить четыре глобальные группы деятельностей, осуществляемых в вузе: *организационно-управленческая деятельность, информационно-рекламная деятельность, финансово-экономическая деятельность, кадрово-ресурсное обеспечение*.

В основу каждого отдельного вида деятельности, как правило, входят следующие положения:

1. *Организационно-управленческая деятельность*: контроль сроков и содержания разработки программ ДПО (гибкость содержания, разведение компетенций в близких по тематике программах); формулирование критериев определения пересечения полей; смена форматов преподавания программ; смена модели руководства программой; аудит программ и персонала; создание Центра корпоративных программ для выстраивания коммуникаций при создании программ разными подразделениями; смена парадигмы с программно-ориентированной на клиентоориентированную для решения проблем; сокращение мелких программ за счет их укрупнения; конструирование программ на основе модульного подхода; создание методического отдела и реестра программ; разработка системы экспертизы; распределение целевой аудитории программ.

2. *Информационно-рекламная деятельность*: система информирования потенциальных слушателей по содержанию программ; создание маркетплейса для продвижения программ; создание единого навигатора для выбора программы клиентом.

3. *Финансово-экономическая деятельность*: пересмотр ценовой политики; централизация финансовых потоков.

4. *Кадрово-ресурсное обеспечение*: повышение уровня квалификации преподавателей; участие в программах знаковых личностей; создание хаба для формирования единого ресурсного обеспечения программ; автоматизация программ и введение искусственного интеллекта; материальное поощрение преподавателей; установление перечня KPI.

В целом, плодотворное функционирование подразделений вуза связано с разделением видов деятельностей для каждого из них, систематизацией задач с учетом построения непересекающихся полей обязанностей. Все эти виды деятельностей являются основой функционирования каждого из подразделений вуза и становятся системообразующим фактором в работе ДПО [2].

В рамках рассмотрения вопроса о снижении конкуренции среди подразделений вуза (кафедр и факультетов) при инициировании и осуществлении тем программ профессиональной переподготовки граждан, считаем возможным рассмотреть два вида стратегий решения поставленной задачи [3]:

Стратегия 1. Монополия управлением системой ДПО как стратегия решения проблемы пересечения тематических полей разными подразделениями (программы формируются под эгидой отдела ДПО, именно этот отдел контролирует вопрос их функционирования, передачу прав реализации в зависимости от условий реализации программы и т. п.).

Стратегия 2. Сохранение конкурентной среды в условиях реализации мер по урегулированию споров, возникающих у подразделений, занимающих смежные предметные поля (каждое подразделение может выдвигать программы, пересекающиеся по тематическим полям, однако присутствует конкурсная ситуация при инициации программ).

В ходе реализации Стратегии 1 «*Монополия управлением системой ДПО как стратегия решения проблемы пересечения тематических полей разными подразделениями*» предлагается следующая структура системы ДПО в вузе:

1. Орган/отдел – *Головная организация (отдел/управление ДПО)*. В ее состав входит ряд подразделений, функционирующих на основе сетевого взаимодействия (партнерства), «в принятии решений участвуют и несут ответственность все представленные подразделения» [4]. Функции данного подразделения: является владельцем всех разрабатываемых программ [5]; у подразделений университета отсутствует жесткая установка на объем заработанных средств.

1.1. Орган/отдел – *Координационный центр*. Функция: координирует работу всех структурных подразделений, входящих в состав головной организации и ее филиалов. В его состав входят:

Экспертно-аналитический отдел со следующими задачами: аудит востребованности программ: оценки качества содержания программ, ее ресурсного обеспечения и форматов организации обучения. В оценке участвуют представители бизнес-сообщества; экспертиза образовательных программ; утверждает программы для реализации; принимает решение о прекращении реализации программ, если на них нет спроса [6].

Финансовый отдел со следующими функциями: распределяет финансирование денежных средств, заработанных от реализации программ; финансирование сотрудников осуществляется исходя из количества часов, которые они отвели при реализации программы + разработки УМКД дисциплины; предусмотрено премирование ответственного за реализацию программы из соответствующего подразделения и участников ее реализации.

2. Орган/отдел–*Офис конструирования и продвижения программ*: проводит работу с заказчиками и исполнителями, осуществляет продвижение программ на рынок. Работа ведется в различных направлениях: школьники, студенты, работодатели, бизнес-сообщества, взрослое население (предпенсионный возраст, пенсионный возраст).

2.1. *Отдел «архитектуры» программ.* Функции: обрабатывает запросы потребителей; определяет подразделение для разработки программы и ответственного за ее реализацию из соответствующего (профильного) подразделения; ответственный из соответствующего подразделения описывает содержательную часть и подбирает преподавателей для реализации программы; «архитектор» совместно с ответственным из подразделения разрабатывает учебный план и согласует с Заказчиком [7]; после проведения экспертизы программы в Экспертно-аналитическом отделе, программа передается в соответствующее подразделение на реализацию; в случае если заказ пришел непосредственно в подразделение, сотрудник подразделения передает данный заказ в отдел «архитектуры» программ для дальнейшей разработки заказа; все разрабатываемые программы являются гибкими и состоят из отдельных «модулей», реализацию программы могут осуществлять различные подразделения по «модулям». В зависимости от того в каком формате реализуются, для кого предназначены, в их реализации могут участвовать представители различных подразделений.

2.2. *Отдел маркетинга и рекламы.* Функции: анализ рынков потребностей, поиск потенциальных клиентов, привлечение партнеров, заключение партнерских договоров, расширение партнерской сети; создание и сопровождение сайта / платформы / площадки, где расположены все программы и где потенциальные заказчики могут оставить запрос на ту или иную программу; для удобства клиентов и консультаций при выборе программы предусмотрен Бот-консультант, который может подробно проконсультировать по выбираемой программе и ответить в чем различие программ между собой (при наличии программ с пересекающимися тематическими полями).

Еще одной стратегией для решения возникающих проблем выступает Стратегия 2 *«Сохранение конкурентной среды в условиях реализации мер по урегулированию споров, возникающих у подразделений, занимающих смежные предметные поля»*, которая может найти решение в реализации следующих ходов:

Стратегия 2.1. Кадрово-ресурсное обеспечение:

1. Определение места лидеров ДПО университета и руководителей программ ДПО в новой модели: функция руководства – контроль и сопровождение программы. Руководитель программы назначается приказом о начале реализации программы для выполнения организационно-методической работы по обеспечению необходимого содержания и качества обучения слушателей по данной программе при открытии новой программы. Функция руководителя – поиск целевой группы, составление пакета документов, подбор преподавателей, контроль за выполнением часов и содержания программы, предоставление качества осуществления образовательной деятельности.

2. Ориентация программ на потребности реального сектора экономики, а не на возможности имеющегося в наличии преподавательского состава. Повышение практической направленности программы.

3. Привлечение российских и зарубежных лекторов к реализации программ повышения квалификации и профессиональной переподготовки кадров с целью обмена опытом и повышению мотивации НПР.

4. Обучение персонала креативности в создании программ, поиску новых решений, умной аналитике рынка образования для избежания пересечений.

5. Введение наказания за нарушение условий организации работы по программам ДПО в виде передачи полномочий конкурирующей программе.

6. Создание системы опережающего повышения квалификации и переподготовки кадров НПР, принимающих участие в реализации ДПП, в том числе с использованием сетевого взаимодействия с вузами, предприятиями и научными организациями.

7. Разработка системы мотивации и поощрения НПР и сотрудников, принимающих участие в разработке и реализации ДПП.

Стратегия 2.2. Структурно-содержательное обеспечение:

1. Разработка гибких программ, которые могут собираться из различных блоков-модулей. Блок-модуль разрабатывает то подразделение, которые исторически работает в этой теме. При реализации программы идет ее конструирование из различных блоков, исходя из запроса потребителя (какой уровень они хотят базовый или продвинутый), и соответственно каждый блок-модуль реализует свое подразделение. Доходы от реализации блок-модуля получает подразделение, которое его реализует.

2. Ограничить разработку и внедрения программ теми подразделениями, для которых тематика не является профилирующей.

3. Интеграция программ: привлечение зарубежных и российских партнеров к работе на программе, предоставление возможности двойных дипломов.

4. Интеграция программ: один преподаватель читает одинаковые курсы на обеих программах, в остальных – каждая программа имеет свое направление. Это ведет к экономии средств, конструктивному взаимодействию, модульному принципу составления программ.

5. Расширение критериев и повышение требований к составлению программы.

6. Тестирование при входе в программу и распределение занятости в программе в зависимости от уровня подготовки слушателя.

7. Распределение модулей согласно формированию компетентностного уровня среди разных подразделений в раках работы в одной программе.

8. Междисциплинарный синтез различных систем знания и их использования для решения различных проблем профессиональной деятельности слушателей.

9. Разделение на «среднесрочные» программы, рассчитанные на период реализации от одного года до трех лет, и «оперативные» программы, возникающие в связи изменением нормативной базы в соответствующих сферах деятельности, повышением требований к уровню квалификации служащих, необходимостью оперативного освоения новых способов решения профессиональных задач, приобретения практических навыков и умений, а также вызванные конкретными поручениями федерального (регионального) уровня и требующие реализации в кратчайшие сроки.

Стратегия 2.3. Распределение финансовых потоков:

1. При централизованном управлении распределение доходов осуществляется центральным офисом.

2. При сохранении руководителей программ финансы распределяются в зависимости от условий договора ГПХ. Материальное поощрение и МТО возлагается на руководителя программы.

Стратегия 2.4. Информационно-рекламное обеспечение:

1. Создать Центр продвижения программ – анализ рынков потребностей, заключение партнерских договоров, поиск потенциальных клиентов.

2. Создание общего сайта, где будут расположены все имеющиеся программы, при возникновении у клиента вопроса по наполняемости программы и т. д. может отвечать Бот-консультант.

3. Создание площадок для свободной апробации и развития инновационных практик для аукциона программ. Проведение электронных торгов.

4. Масштабирования программы: создание базы программ/ модулей на уровне отрасли / региона; отбор и распространение лучших практик интеграции модульных технологий ДПО в основной образовательный процесс; информационная поддержка ПОО и педагогов, участвующих в разработке программ на основе модульных технологий.

5. При проектировании или разработке новых дополнительных профессиональных программ по инициативе преподавателей кафедр или иных структурных подразделений университета и других специалистов, разработчикам программы необходимо провести анализ востребованности программы.

Стратегия 2.5. Развитие культуры коллаборации:

1. Создать Экспертный центр – проведение стратегических сессий, на которых собираются все представители подразделений, и происходит презентация программ, которые планируются к разработке. Данный сессии позволят посмотреть, чем занимаются коллеги и избежать (снизить) пересечение тематических полей.

2. Развитие корпоративной культуры, «поднимающей» статус ДПО в рамках образовательного процесса университета, стимулирующей инновационную активность и инициативу НПР и сотрудников, профессионально-личностную самореализацию.

Стратегия 2.6. Организация работы с заказчиком:

1. Конкурс программ: набор проводится на обе программы, затем слушатель получает возможность посещения разных курсов в зависимости от сделанного им выбора, по окончании проводится опрос слушателей на предмет выявления плюсов и минусов. Слушатель определяет уровень ведения и организации программы. Путем тайного голосования выбирается победитель. Эта программа остается.

2. Профессионально-общественная аккредитация как альтернатива государственной аккредитации для повышения статуса в условиях конкуренции.

3. Индивидуальные образовательные программы с учетом собственной траектории развития.

4. Нелинейные образовательные маршруты: право смены программы и возможности выбора преподавателя.

5. Внести в критерии оценки программ количество положительных внешних экспертных заключений на программы повышения квалификации и профессиональной переподготовки кадров

6. Диверсификация курсов: изменение формата программы, например, учебные семинары вместо традиционных занятий, молодые НПР, стажировки, тьюторские/менторские проекты.

При этом, в ходе реализации данных стратегий могут возникнуть сложности в процессе переходного на новые модели периода: неготовность сотрудников к передаче полномочий, определение функциональных обязанностей, определение нормативно-правовой базы работы и полномочий участников программ, нежелание перемен в связи с потерей контроля над ситуацией. Неготовность к изменениям может привести к потере клиентской базе и оттоку слушателей в другие вузы. Слаженность действий коллектива – успех предприятия. В целом, представленные модели управления системой ДПО позволяют решить проблему пересечения тематических полей разными подразделениями при условии выстраивания коллаборативных отношений.

Обсуждение

Каждая из указанных выше стратегий вырабатывает собственные направления в исключении пересечения тематики программ профессиональной подготовки, опираясь на разные механизмы выстраивания отношений с подразделениями вуза [8, 10–20]. Однако, мы считаем, что наиболее продуктивная стратегия та, в которой контроль разработки программ ДПО смежной тематики может осуществляться Центром ДПО совместно с Заказчиком. В таком случае инициатором открытия программ становятся: 1. Центр ДПО. 2. Заказчик. 3. Подразделение под эгидой Центра. Отсюда – построение программы, финансирование, взаимодействие с другими подразделениями.

В данном случае распределение финансовых потоков начинает осуществляться Центром ДПО напрямую с Заказчиком, вместе они определяют ценовую политику, согласовывают трудовые

функции работников подразделения с целью определения условий финансирования их деятельности. В задачи руководителя ДПО входит осуществление контроля деятельности программы, ее нормативно-правовой базы. Руководитель программы назначается приказом по университету о начале реализации программы для выполнения организационно-методической работы по обеспечению необходимого содержания и качества обучения слушателей по данной программе. Функция руководителя программы – поиск целевой группы, составление пакета документов, подбор преподавателей, контроль за выполнением часов и содержания программы, предоставление качества осуществления образовательной деятельности. При этом, может происходить укрупнение программ под руководством Центра ДПО за счет:

1. разработки гибких программ, которые могут собираться из различных блоков-модулей. Блок-модуль разрабатывает то подразделение, которые исторически работает в этой теме. При реализации программы идет ее конструирование из различных блоков, исходя из запроса потребителя (какой уровень они хотят базовый или продвинутый), и соответственно каждый блок-модуль реализует свое подразделение. Доходы от реализации блок-модуля получает подразделение, которое его реализует;

2. интеграции программ: один преподаватель читает одинаковые курсы на обеих программах, в остальных – каждая программа имеет свое направление. Это ведет к экономии средств, конструктивному взаимодействию, модульному принципу составления программ;

3. расширения критериев и повышения требований к составлению программы;

4. разделения на «среднесрочные» программы, рассчитанные на период реализации от одного года до трех лет, и «оперативные» программы, возникающие в связи изменением нормативной базы в соответствующих сферах деятельности, повышением требований к уровню квалификации служащих, необходимостью оперативного освоения новых способов решения профессиональных задач, приобретения практических навыков и умений, а также вызванные конкретными поручениями федерального (регионального) уровня и требующие реализации в кратчайшие сроки.

Заключение

Вопрос создания конкурентной ситуации внутри вуза активно обсуждается в университетской среде [9] в связи с сегодняшней тенденцией непрерывного образования, реализуемого посредством программ ДПО. Подразделения вуза стремятся расширить свою клиентскую базу за счет открытия новых программ, которые зачастую имеют сходство в своей тематике. Безусловно, университет заинтересован в повышении своей финансовой составляющей при реализации данных программ, однако, подобного рода конкуренция вызывает вопросы и ненужные сомнения со стороны заказчиков, руководителей программ, что препятствует развитию системы ДПО на рынке образовательных услуг. В таком случае, в зависимости от запросов Заказчика рекомендуется наполнение программы одним подразделением в связи с узкой содержательной базой. При необходимости формирования большего количества компетенций требуется корпоративная работа. Для инициации программ новые заказчики обращаются в единый Центр, отделы которого организованы в соответствии с этапами работы с клиентом. Наличие централизованного окна способствует реализации информационно-рекламной деятельности. Рекомендуется определение ответственного за программу для полного информирования слушателей или задействование Бота. При такой ситуации распределение финансовых потоков будет происходить на уровне бюджета университета, так как ДПО является частью образовательной деятельности университета, основанной на кадровом и ресурсном обеспечении вуза.

Литература

1 Белова Е.Н. Принципы становления сетевой самообучающейся организации дополнительного профессионального образования в университете // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. 2014. № 2(28). С. 41–47.

2 Котлярова И.О., Волошина И.А. Стратегия и тактика развития подразделения дополнительного профессионального образования // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование. Педагогические науки». 2018. Т. 10. № 1. С. 20–26.

3 Багин В.В. Дополнительное профессиональное образование в вузе: стратегии развития. Чита: Изд-во ЧИПКРО. 2006. 139 с.

4 Беляева Л.Н. Стратегии развития системы дополнительного профессионального образования (на примере регионального вуза) // Сибирский педагогический журнал. 2008. № 7. С. 341-349.

5 Scott W. R., Davis G. F. Organizations and organizing: Rational, natural and open systems perspectives. Routledge, 2015.

6 Folger J.P., Poole M.S., Stutman R.K. Working through conflict: Strategies for relationships, groups, and organizations. Routledge, 2021.

7 Бычкова О.В. Что такое shared governance? // Университетское управление: практика и анализ. 2016. № 105 (5). С. 110-121.

8 Жгулев Е.В. Факторы развития дополнительного профессионального образования в регионе // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. №1 (32) Ч. 2. С. 34-41.

9 Шеховцов В.В., Гоник И.Л. Проблемы и тенденции развития дополнительного профессионального образования // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование. Педагогические науки». 2017. Т. 9. № 3. С. 102–108.

10 Парахина О.В. Современные тенденции системы дополнительного профессионального образования в России // Фундаментальные исследования. 2013. Т. 2. №. 6.

11 Togayev X. Управление научно-исследовательской работой студентов в системе дополнительного профессионального образования // Архив Научных Публикаций JSPI. 2020.

12 Афанасьев В.В., Куницына С.М., Лебедев В.В., Расташанская Т.В. Формирование нового облика системы дополнительного профессионального образования // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Педагогика и психология. 2016. №. 1. С. 8-19.

13 Кирьякова А.В., Бероева Е.А. Ценностные аспекты развития профессиональной компетентности специалиста в системе дополнительного профессионального образования // Вестник Оренбургского государственного университета. 2016. №. 3 (191).

14 Афанасьев В.В., Куницына С.М., Лебедев В.В., Расташанская Т.В. и др. Отечественный и зарубежный опыт персонификации в системе дополнительного профессионального образования // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. №. 9-4 (51).

15 Аниськина Н.Н. Новые горизонты дополнительного профессионального образования // Высшее образование в России. 2013. №. 3.

16 Borisovna M.I., Evgenevna L.T., Valerevna G.O., Sergeevna M.E. et al. The diversification as the trends of reforming additional professional education of social workers // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018.

17 Ivanenko N.A., Khairova I.V., Fajzrakhmanova A.L., Khalilova T.V. et al. Competitiveness of professional education: Purposes, tasks and factors of its participation in the international educational services market // Asian social science. 2015. V. 11. №. 1. P. 369. doi: 10.5539/ass.v11n1p369

18 Kravchenko O.L., Borisyuk I.Y., Vakolia Z.M., Tretyak O.M. Models of Introduction of Dual Professional Education // International Journal of Higher Education. 2020. V. 2020. №. 7. P. 94-106.

19 Clark E., Draper J., Rogers J. Illuminating the process: enhancing the impact of continuing professional education on practice // Nurse Education Today. 2015. V. 35. №. 2. P. 388-394. doi: 10.1016/j.nedt.2014.10.014

20 Daley B.J., Cervero R.M. Learning as the basis for continuing professional education // New directions for adult and continuing education. 2016. V. 2016. №. 151. P. 19-29. doi: 10.1002/ace.20192

References

1 Belova Ye.N. Principles of Development of the Net Self-Study Institution of Additional Professional Education at the University. Bulletin of Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafiev. 2014. no. 2(28). pp.41–47. (in Russian).

2 Kotlyarova I.O., Voloshina I.A. Strategy and Tactics of Development of Departments of Additional Professional Education. Bulletin of SUSU. Part “Education. Pedagogical Sciences”. 2018. vol. 10. no. 1. pp. 20–26. (in Russian).

3 Bagin V.V. Additional Professional Education at the University: Strategies of Development. Chita, Published by ChIPCRE. 2006. 139 p. (in Russian).

4 Belyaeva L.N. Strategies of Development of the System of Additional Education (on the example of the Regional University). Siberian Pedagogical Journal. 2008. no. 7. pp. 341–349. (in Russian).

5 Scott W. R., Davis G. F. Organizations and organizing: Rational, natural and open systems perspectives. Routledge, 2015.

6 Folger J.P., Poole M.S., Stutman R.K. Working through conflict: Strategies for relationships, groups, and organizations. Routledge, 2021.

7 Bychkova O.V. What is Shared Governance? University Governing: Practice and Analysis. 2016. no. 105 (5). pp. 110–121. (in Russian).

8 Zhgulyov Ye.V. Factors of Development of Additional Professional Education in the Region. International Scientific-Research Journal. 2015. no. 1 (32). part 2. pp. 34–41. (in Russian).

9 Shekhovtsev V.V., Gonik I.L. Problems and Tendencies of Additional Professional Education. Bulletin of SUSU. Part “Education. Pedagogical Sciences”. 2017. vol. 9. no. 3. pp. 102–108. (in Russian).

10 Parakhina O.V. Modern trends in the system of additional professional education in Russia. Fundamental research. 2013. vol. 2. no. 6. (in Russian).

11 Togayev X. Management of students' research work in the system of additional professional education. Archive of Scientific Publications JSPI. 2020. (in Russian).

12 Afanasyev V.V., Kunitsyna S.M., Lebedev V.V., Rastashanskaya T.V. Formation of a new image of the system of additional professional education. Bulletin of the Moscow City Pedagogical University. Series: Pedagogy and Psychology. 2016. no. 1. pp. 8-19. (in Russian).

13 Kiryakova A.V., Beroeva E.A. Value aspects of the development of professional competence of a specialist in the system of additional professional education. Bulletin of the Orenburg State University. 2016. no. 3 (191). (in Russian).

14 Afanasyev V.V., Kunitsyna S.M., Lebedev V.V., Rastashanskaya T.V. et al. Domestic and foreign experience of personification in the system of additional professional education. International research journal. 2016. no. 9-4 (51). (in Russian).

15 Aniskina N.N. New horizons of additional professional education. Higher education in Russia. 2013. no. 3. (in Russian).

16 Borisovna M.I., Evgenevna L.T., Valerevna G.O., Sergeevna M.E. et al. The diversification as the trends of reforming additional professional education of social workers. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018.

17 Ivanenko N.A., Khairova I.V., Fajzrakhmanova A.L., Khalilova T.V. et al. Competitiveness of professional education: Purposes, tasks and factors of its participation in the international educational services market. Asian social science. 2015. vol. 11. no. 1. pp. 369. doi: 10.5539/ass.v11n1p369

18 Kravchenko O.L., Borisyuk I.Y., Vakolia Z.M., Tretyak O.M. Models of Introduction of Dual Professional Education. International Journal of Higher Education. 2020. vol. 2020. no. 7. pp. 94-106.

19 Clark E., Draper J., Rogers J. Illuminating the process: enhancing the impact of continuing professional education on practice. Nurse Education Today. 2015. vol. 35. no. 2. pp. 388-394. doi: 10.1016/j.nedt.2014.10.014

20 Daley B.J., Cervero R.M. Learning as the basis for continuing professional education. New directions for adult and continuing education. 2016. vol. 2016. no. 151. pp. 19-29. doi: 10.1002/ace.20192

Сведения об авторах

Инна Н. Пугачева д.т.н., декан, факультет экологии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, eco-inna@ya.ru
https://orcid.org/0000-0001-5850-2861

Наталия Б. Мухина к.ф.н., доцент, кафедра германских языков, Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета, пр. Ленина, 49 г. Стерлитамак, 453103, Россия, mukhnat@ya.ru
https://orcid.org/0000-0003-1911-9813

Information about authors

Inna N. Pugacheva Dr. Sci. (Engin.), dean, ecology and chemical technology faculty, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, eco-inna@ya.ru
https://orcid.org/0000-0001-5850-2861

Nataliya B. Mukhina Cand. Sci. (Phil.), associate professor, german languages department, Sterlitamak Branch of the Bashkir State University, Lenin Ave., 49 Sterlitamak, 453103, Russia, mukhnat@ya.ru
https://orcid.org/0000-0003-1911-9813

Вклад авторов

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

Contribution

All authors are equally involved 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 12/04/2021	**После редакции** 19/05/2021	**Принята в печать** 02/06/2021

Received 12/04/2021	**Accepted in revised** 19/05/2021	**Accepted** 02/06/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-251-258 Обзорная статья/Review article
УДК 330.46 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Построение агрегированного рейтинга многокритериальных объектов в целях управления организациями

Борис Е. Никитин [1] nbe6419@gmail.com 0000-0002-6508-8723
Максим Н. Ивлиев [1] max1m@mail.ru 0000-0002-8754-2608
Кирилл В. Чекудаев [1] kirillchek@yandex.ru 0000-0002-1859-5917
Евгений С. Акатов [1] zhenek-asp@mail.ru 0000-0002-0431-8265
Юрий В. Бугаев [1] y_bugaev52@mail.ru
Иван И. Ворона [1]

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

Аннотация. В статье рассматривается задача построения национального агрегированного рейтинга высших учебных заведений в целях совершенствования управленческих процессов образовательных организаций. Данная задача формулируется как задача коллективного выбора. Предлагается использовать в качестве процедур агрегирования процедуры голосования в малых группах, которые удовлетворяют принципу Кондорсе. Приведено описание трех правил коллективного выбора. Проиллюстрирована на примерах устойчивость итоговых упорядочений альтернатив, получаемых на основе процедур Борда, Коупленда и Кемени. В качестве приближенной оценки медианы Кемени рассматривалась эмпирическая средняя. На примерах показана неустойчивость процедуры Борда к незначительному изменению исходных оценок, получаемых вузами в рассматриваемых механизмах рейтингования. Приведены результаты применения описанных в работе процедур голосования в малых группах на ограниченной выборке, содержащей пятнадцать высших учебных заведений одного из регионов РФ. Степень близости построенных трех агрегированных ранжировок вузов оценивалась с помощью двух метрик – коэффициента ранговой корреляции Кендалла и расстояния Кемени. На основе сравнительного анализа полученных результатов делается вывод о целесообразности использования при построении агрегированного рейтинга образовательных организаций процедур коллективного выбора, состоятельных по Кондорсе.

Ключевые слова: рейтинг, процедура голосования, принцип Кондорсе, расстояние Кемени, альтернатива, правило Борда, правило Коупленда

The organizations management multi-criteria objects aggregate rating construction

Boris E. Nikitin [1] nbe6419@gmail.com 0000-0002-6508-8723
Maksim N. Ivliev [1] max1m@mail.ru 0000-0002-8754-2608
Kirill V. Chekudaev [1] kirillchek@yandex.ru 0000-0002-1859-5917
Evgeny S. Akatov [1] zhenek-asp@mail.ru 0000-0002-0431-8265
Yuri V. Bugaev [1] y_bugaev52@mail.ru
Ivan I. Vorona [1]

1 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The article deals with the higher education institutions national aggregate rating constructing problem. This task is relevant in terms of improving management processes in educational organizations. This problem is formulated as a collective choice problem. Proposed to use voting in small groups as aggregation procedures, which satisfies the Condorcet principle. Three collective choice rules description is given in the paper. Obtained on the Bord, Copeland and Kemeny basis procedure salternatives final orderings stability is illustrated by concrete examples. The empirical mean is considered as a Kemeny median approximation. The Bord procedure instability with respect to changes in the initial scores obtained by universities in the ranking mechanisms under consideration is illustrated by examples. This paper presents the results of applying the described small-group voting procedures to a limited sample. This sample consists of data from 15 higher educational institutions from one of the Russian Federation regions. Universities constructed three aggregated ranks proximity degree was evaluated using two metrics - Kendall's rank correlation coefficient and Kemeny's distance. Based on the obtained results comparative analysis, it was made a conclusion about the expediency of using Condorcet-consistent collective selection procedures when constructing educational organizations aggregate ranking.

Keywords: rating, voting procedure, Condorcet principle, Kemeny's distance, alternative, Bord rule, Copeland's rule

Введение

В настоящее время рейтинговые оценки широко используются в качестве инструментов исследования различных сфер человеческой деятельности. Большие объемы информации требуют колоссальных ресурсов на их обработку, что обуславливает актуальность задачи построения рейтингов многокритериальных альтернатив

Для цитирования
Никитин Б.Е., Ивлиев М.Н., Чекудаев К.В., Акатов Е.С., Бугаев Ю.В., Ворона И.И. Построение агрегированного рейтинга многокритериальных объектов в целях управления организациями //Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 251–258. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-251-258

For citation
Nikitin B.E., Ivliev M.N., Chekudaev K.V., Akatov E.S., Bugaev Yu.V., Vorona I.I. The organizations management multi-criteria objects aggregate rating construction. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 251–258. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-251-258

© 2021, Чекудаев К.В. и др. / Nikitin B.E. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

(компаний, банков, регионов, финансовых инструментов фондового рынка, образовательных учреждений и т. п.). При подготовке бизнес-решений рейтинги играют важную роль как доступная независимая комплексная оценка риска. Применение рейтинговой оценки позволяет предприятиям определять свое место в отрасли, оценивать эффективность распределения ресурсов и формировать стратегию организации.

В данной работе рассматривается методика, позволяющая агрегировать результаты разных процедур оценки образовательных учреждений [1, 2]. Реализацию данной методики в виде национального агрегированного рейтинга (НАР) можно увидеть на информационном ресурсе https://best-edu.ru/. При построении НАР учитываются девять рейтингов, удовлетворяющих четырем критериям – публичности (полная информация представлена в открытом доступе), стабильности (существуют не менее трех лет), массовости (оценивают не менее 100 вузов) и периодичности (оценивание происходит ежегодно) [3]; в качестве процедуры агрегирования применяется правило Борда [5, 6]. Однако заметим, что данная процедура является одной из наиболее манипулируемой процедурой коллективного выбора.

В рамках методологии, предложенной в [1, 2], авторы данного исследования предлагают использовать в качестве процедур агрегирования процедуры голосования в малых группах, которые являются состоятельными по Кондорсе [4, 8]. К ним, в частности, относятся процедура Коупленда и процедура Кемени.

Функция выбора, порождаемая соответствующим механизмом выбора, удовлетворяет принципу Кондорсе, если для нее одновременно выполнено прямое и обратное условие Кондорсе [7]. Прямое условие требует, чтобы альтернатива, выбираемая из всех парных предъявлений, содержащих его и остальные рассматриваемые альтернативы, выбиралась и при предъявлении всего множества X рассматриваемых вариантов:

$$(x \in X\ \forall y \in X\ x \in C(\{x,y\})) \Rightarrow x \in C(X)\ . \quad (1)$$

Обратное условие Кондорсе говорит о том, что альтернатива, выбранная из всего множеств X, должна выбираться и при предъявлении любой содержащей его пары из множества рассматриваемых альтернатив:

$$x \in C(X) \Rightarrow x \in C(\{x,y\})\ . \quad (2)$$

I. Математическая модель

Построение агрегированного национального рейтинга высших учебных заведений можно представить, как задачу коллективного выбора. Пусть $X = \{x_i\}$ – множество рассматриваемых вузов, $i \in I$, $I = \{1,2,...,n\}$. Обозначим $P = \{P_j\}$ – множество агрегируемых рейтингов вузов, $j = 1,2,...,m$. Будем считать, что, в общем случае, каждый механизм P_j наводит на множестве X рефлексивное, асимметричное, транзитивное и полное бинарное отношение R_j. Следуя [1], шкалу каждого механизма рейтингования P_j разобьем на k классов эквивалентности (например, на квартили). Вузы, попавшие в l-ый класс рейтинга P_j, получают соответствующую оценку $A_{l_i}^j$, $l_i \in \{1,2,...,k\}$. При этом считается, что $A_{1_i}^j > A_{2_i}^j > ... > A_{k_i}^j$. Если вуз не попал ни в один класс по рейтингу P_j, то он получает оценку A_{k+1}^j. Таким образом, каждому x_i ставится в соответствие m-мерный вектор оценок. Например, при $m = 8$ и $k = 4$ вектор оценок, характеризующий конкретную альтернативу x_i, может иметь следующий вид – $(A_{3_i}^1, A_{4_i}^2, A_{3_i}^3, A_{2_i}^4, A_{2_i}^5, A_{1_i}^6, A_{4_i}^7, A_{1_i}^8)$; то есть эти оценки показывают, что данный вуз, в частности, попал в первый класс в шестом и в восьмом рейтинге, а в третьем рейтинге этого вуза нет. Вузы, попавшие в один класс рейтинга P_j, считаются эквивалентными по нему. Итак, на множестве X задано m линейных порядков $L = \{R_1, R_2, ..., R_m\}$. Требуется построить результирующее (агрегированное) упорядочение R_* с помощью правила $F : L^m \to R_*$.

Для построения агрегированной оценки можно использовать различные процедуры голосования в малых группах [4,8]. Приведем описание трех процедур, рассматриваемых в данной работе в качестве F.

Процедура Борда. Согласно правилу Борда, в начале для каждого x_i вычисляется число $b_j(x_i) = Card(L_j(x_i))$, где $L_j(x_i)$ – нижний срез альтернативы x_i в бинарном отношении R_j^2, $j = 1,2,...,m$. В нашем случае

$$L_j(x_i) = \{x_s \in X \mid A_{i_i}^j > A_{i_s}^j,\ s \in I, s \neq i\}\ .$$

Затем, оценка Борда для x_i определяется как сумма по всем j, т. е. $b(x_i) = \sum_{j=1}^{m} b_j(x_i)$. Итоговое упорядочение R_* вузов получается ранжированием $x_i \in X$ относительно вычисленных оценок $b(x_i)$.

Пример 1. Пусть $X=\{x_1,x_2,x_3,x_4\}$, $m=5$, $k=4$ и вектора оценок альтернатив следующие:

$x_1=(A^1_{1_1},A^2_{1_1},A^3_{4_1},A^4_{4_1},A^5_{4_1})$, $x_2=(A^1_{2_2},A^2_{3_2},A^3_{1_2},A^4_{2_2},A^5_{3_2})$,

$x_3=(A^1_{3_3},A^2_{2_3},A^3_{2_3},A^4_{3_3},A^5_{1_3})$, $x_4=(A^1_{4_4},A^2_{4_4},A^3_{3_4},A^4_{1_4},A^5_{2_4})$.

Таким образом, на множестве X наведены пять строгих линейных порядков:

$R_1: x_1\succ x_2\succ x_3\succ x_4$, $R_2: x_1\succ x_3\succ x_2\succ x_4$,

$R_3: x_2\succ x_3\succ x_4\succ x_1$, $R_4: x_4\succ x_2\succ x_3\succ x_1$,

$R_5: x_3\succ x_4\succ x_2\succ x_1$.

Здесь символ "$\succ$" означает "лучше". Тогда, для альтернативы x_1 получаем $L_1(x_1)=\{x_2,x_3,x_4\}$, $L_2(x_1)=\{x_2,x_3,x_4\}$, $L_3(x_1)=L_4(x_1)=L_5(x_1)=\{\varnothing\}$ и оценка Борда $b(x_1)=3+3+0+0+0=6$. Для остальных x_2,x_3,x_4 оценки Борда равны соответственно 9, 9, 6. В результате итоговое (агрегированное) ранжирование R_* имеет следующий вид: $(x_2\sim x_3)\succ(x_1\sim x_4)$, где символ "$\sim$" означает "равноценность".

Как уже указывалось ранее, процедура Борда не удовлетворяет принципу Кондорсе, согласно которому победитель по Кондорсе, если он существует, должен быть выбран и по данному правилу. Однако, как видно из приведенного примера, этот принцип нарушается при использовании правила Борда. Действительно, это следует из рассмотрения, например, подмножества $\{x_2,x_3\}$ и всего предъявления X: $x_3\in C(X)$, но $x_3\notin C(\{x_2,x_3\})$ – нарушено обратное условие Кондорсе (2).

Заметим, что на этом профиле предпочтений функция выбора C(X), порождаемая процедурой Борда, нарушает условие наследования:

$$\forall X, X'\ X'\subseteq X\Rightarrow C(X')\supseteq C(X)\cap X'. \quad (3)$$

Кроме того, итоговое упорядочение R_* является неустойчивым по отношению к незначительному изменению исходных оценок рассматриваемых альтернатив.

Пример 2. Пусть теперь вектора оценок у альтернатив x_1 и x_2 не изменились, а вектора оценок x_3 и x_4 следующие: $x_3=(A^1_{3_3},A^2_{2_3},A^3_{3_3},A^4_{3_3},A^5_{1_3})$, $x_4=(A^1_{4_4},A^2_{4_4},A^3_{3_4},A^4_{1_4},A^5_{2_4})$, т. е., третья оценка у альтернативы x_3 ухудшилась на одну градацию, а у x_4 улучшилась на одну градацию. Соответствующее бинарное отношение R_3 принимает вид $x_2\succ x_4\succ x_3\succ x_1$. В этом случае оценки Борда для рассматриваемых альтернатив равны $b(x_1)=6$, $b(x_2)=9$, $b(x_3)=8$, $b(x_4)=7$. В результате получаем итоговое ранжирование R_* в виде строгого линейного порядка: $x_2\succ x_3\succ x_4\succ x_1$.

Отметим, что в данном случае функция выбора C(X) удовлетворяет одновременно условию наследования и условию согласия:

$$\forall X', X''\ X=X'\cup X''\Rightarrow C(X)\supseteq C(X')\cap C(X''). \quad (4)$$

Приведем еще один пример, демонстрирующий неустойчивость решения, получаемого на основе применения процедуры Борда.

Пример 3. Пусть теперь по сравнению с исходными данными из Примера 1 изменились вектора оценок у альтернатив x_1 и x_3: $x_1=(A^1_{1_1},A^2_{1_1},A^3_{4_1},A^4_{3_1},A^5_{4_1})$, $x_3=(A^1_{3_3},A^2_{2_3},A^3_{2_3},A^4_{4_3},A^5_{1_3})$, то есть, четвертая оценка у x_1 улучшилась на одну градацию, а у x_3 ухудшилась. Тогда имеем $b(x_1)=7$, $b(x_2)=9$, $b(x_3)=8$, $b(x_4)=5$. Итоговое упорядочение $R_*: x_2\succ x_3\succ x_1\succ x_4$.

В данном случае функция выбора, порождаемая процедурой Борда, также не нарушает условия (3) и (4).

Процедура Коупленда. Различают первое, второе и третье правила Коупленда [6]. Согласно данным правилам, в начале на рассматриваемом множестве X строится мажоритарное отношение μ:

$$x_s\,\mu\,x_p\leftrightarrow card(\{P_j\in P\mid x_s\overset{P_j}{\succ}x_p\})>$$

$$>card(\{P_j\in P\mid x_p\overset{P_j}{\succ}x_s\})$$

где $s,p\in I, s\neq p$ и символ "$\overset{P_j}{\succ}$" означает "лучше в рейтинге P_j". Далее, для каждого $x_i\in X$ вычисляется оценка $z(x_i)$. В первом правиле Коупленда эта оценка определяется как разность мощностей нижнего и верхнего срезов альтернативы x_i в мажоритарном отношении μ: $z(x_i)=Card(L(x_i))-Card(D(x_i))$.

Во втором правиле оценка $z(x_i)$ определяется мощностью нижнего среза альтернативы x_i в мажоритарном отношении μ, т. е. $z(x_i)=Card(L(x_i))$. В третьем правиле $z(x_i)$ определяется мощностью верхнего среза альтернативы x_i в мажоритарном отношении μ, т. е. $z(x_i)=Card(D(x_i))$. Итоговое упорядочение R_* получается ранжированием $x_i\in X$ относительно вычисленных оценок $z(x_i)$.

Если применяется первое или второе правило, то чем больше значение $z(x_i)$, тем выше позиция альтернативы x_i в итоговом ранжировании. При использовании третьего правила Коупленда чем меньше значение $z(x_i)$, тем выше позиция альтернативы x_i в итоговом ранжировании.

Пример 4. Возьмем исходные данные из Примера 1. Построим матрицу соответствующего мажоритарного отношения (Таблица 1). Применяя первое правило Коупленда, получим следующие оценки $z(x_i)$: $z(x_1)=0-3=-3$, $z(x_2)=3-0=3$, $z(x_3)=2-1=1$, $z(x_4)=1-2=-1$. Заметим, что $Card(L(x_i))=\sum_{p=1}^{4}\mu_{ip}$, $Card(D(x_i))=\sum_{p=1}^{4}\mu_{pi}$, $i\in\{1,2,3,4\}$, $\mu_{ip}\in\{0,1\}$ - элементы матрицы мажоритарного отношения μ.

Таблица 1.

Матрица мажоритарного отношения

Table1.

Majority ratio matrix

μ	x_1	x_2	x_3	x_4
x_1	0	0	0	0
x_2	1	0	1	1
x_3	1	0	0	1
x_4	1	0	0	0

Итоговое упорядочение имеет вид: R_*: $x_2\succ x_3\succ x_4\succ x_1$.Отметим, что в условиях данного примера применение второго и третьего правил Коупленда приводят к аналогичному итоговому ранжированию альтернатив.

Рассмотрим результат применения процедуры Коупленда в условиях Примера 2 и Примера 3.

Пример 5. Пусть исходные данные такие, как и в Примере 2. Тогда на множестве рассматриваемых альтернатив наведены пять линейных порядков:

$$R_1: x_1\succ x_2\succ x_3\succ x_4,\ R_2: x_1\succ x_3\succ x_2\succ x_4,$$
$$R_3: x_2\succ x_4\succ x_3\succ x_1,\ R_4: x_4\succ x_2\succ x_3\succ x_1,$$
$$R_5: x_3\succ x_4\succ x_2\succ x_1.$$

Соответствующая матрица мажоритарного отношения μ будет такой же, как и в Примере 4 (Таблица 1). Следовательно, итоговое упорядочение альтернатив R_* не изменится по сравнению с предыдущим примером.

Пример 6. Пусть исходные данные такие же, как в Примере 3. Тогда, по сравнению с предыдущим примером, бинарные отношения R_1, R_2, R_3 и R_5 не изменятся, а R_4 примет следующий вид: $x_4\succ x_2\succ x_3\succ x_1$. В результате применения процедуры Коупленда итоговое упорядочение R_* альтернатив будет таким же, как и в Примере 4 и Примере 5.

Процедура Кемени. Согласно правилу Кемени, в качестве агрегированного упорядочения R_* альтернатив $x_i\in X$ выступает медиана Кемени, вычисление которой сводится к решению задачи дискретной оптимизации

$$R_*=\arg(\min_R(\sum_{j=1}^{m}d(R,R_j))),$$

где $d(R,R_j)$ – расстояние Кемени между двумя ранжировками [9]. В [11] приведен алгоритм поиска медианы Кемени. В [10, 12] описаны примеры вычисления аналога медианы Кемени. Рассмотрим примеры, в котором в качестве приближенной оценки медианы Кемени используется эмпирическое среднее (аналог медианы Кемени).

Пример 6. Пусть исходные данные такие же, как и в Примере 1. Построим матрицу $M=(d(R_i,R_j))$ попарных расстояний между индуцированными на множестве X ранжировками R_1, R_2, R_3, R_4, R_5:

Таблица 2.

Матрица попарных расстояний

Table2.

Pairwise distances matrix

M	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5
R_1	0	2	6	10	10
R_2	2	0	8	12	8
R_3	6	8	0	4	4
R_4	10	12	4	0	4
R_5	10	8	4	4	0

В матрице M элемент $d(R_i,R_j)$ равен количеству несовпадающих элементов в матрицах, которые соответствуют бинарным отношениям R_i и R_j. Например, $d(R_2,R_4)=12$. Ниже приведены матрицы бинарных отношений R_2 и R_4:

Таблица 3.

Матрица бинарного отношения R_2

Table3.

Binary relation R_2 matrix

R_2	x_1	x_2	x_3	x_4
x_1	0	1	1	1
x_2	0	0	0	1
x_3	0	1	0	1
x_4	0	0	0	0

Таблица 4.

Матрица бинарного отношения R_4

Table 4.

Binary relation R_4 matrix

R_4	x_1	x_2	x_3	x_4
x_1	0	1	1	1
x_2	0	0	0	1
x_3	0	1	0	1
x_4	0	0	0	0

Как видно, число несовпадающих элементов у данных матриц равно 12.

Далее для каждого R_i вычисляется величина $D(R_i)=\sum_{j=1}^{m} d(R_i,R_j)$, $i=1,2,3,4,5$:

$$D(R_1)=2+6+10+10=28,$$
$$D(R_2)=2+8+12+8=30,$$
$$D(R_3)=6+8+4+4=22,$$
$$D(R_4)=10+12+4+4=30,$$
$$D(R_5)=10+8+4+4=26.$$

Величина $D(R_i)$ принимает наименьшее значение при R_3. Следовательно, итоговое упорядочение примет вид: $R_* = R_3 : x_2 \succ x_3 \succ x_4 \succ x_1$.

Рассмотрим результат применения данной процедуры поиска R_* в условиях Примера 3.

Пример 7. Пусть исходные данные соответствуют условиям Примера 3. Напомним, что в этом случае по сравнению с предыдущим на одну градацию меняются значения четвертых компонент векторов оценок у альтернатив x_1 и x_3. В Таблице 5 приведены полученная для этого случая матрица M попарных расстояний и вычисленные значения $D(R_i)$ (крайний правый столбец). Как видно, и в этом случае минимальное значение $D(R_i)$ достигается при R_3, т. е. $R_3 = \arg(\min_{R_i}(\sum_{j=1}^{5} d(R_i,R_j)))$. Следовательно, итоговое упорядочение R_* альтернатив не изменилось по сравнению с предыдущим примером.

Таблица 5.

Матрица попарных расстояний

Table5.

Pairwise distances matrix

M	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	$D(R_i)$
R_1	0	2	8	10	10	30
R_2	2	0	10	12	8	32
R_3	8	10	0	2	6	26
R_4	10	12	2	0	4	28
R_5	10	8	6	4	0	28

Анализ результатов

Рассмотренные выше процедуры голосования в малых группах были применены для построения агрегированного ранжирования на выборке высших учебных заведений одного из регионов Российской Федерации. В качестве источника исходных данных использовался информационный ресурс [3]. На основе девяти рейтингов P_1, P_2 …, P_8, P_9 были сформированы вектора оценок для пятнадцати образовательных организаций. Ниже приведены оценки для восьми вузов рассматриваемого региона [15] (*Un - вуз*).

Таблица 6.

Вектора оценок вузов

Table6.

University assessments vectors

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9
Un1	$A^1_{5_1}$	$A^2_{2_1}$	$A^3_{3_1}$	$A^4_{1_1}$	$A^5_{1_1}$	$A^6_{2_1}$	$A^7_{5_1}$	$A^8_{3_1}$	$A^9_{1_1}$
Un2	$A^1_{1_2}$	$A^2_{3_2}$	$A^3_{2_2}$	$A^4_{1_2}$	$A^5_{2_2}$	$A^6_{2_2}$	$A^7_{2_2}$	$A^8_{3_2}$	$A^9_{3_2}$
Un3	$A^1_{2_3}$	$A^2_{3_3}$	$A^3_{4_3}$	$A^4_{1_3}$	$A^5_{2_3}$	$A^6_{2_3}$	$A^7_{4_3}$	$A^8_{4_3}$	$A^9_{1_3}$
Un4	$A^1_{3_4}$	$A^2_{3_4}$	$A^3_{5_4}$	$A^4_{1_4}$	$A^5_{2_4}$	$A^6_{2_4}$	$A^7_{4_4}$	$A^8_{3_4}$	$A^9_{1_4}$
Un5	$A^1_{3_5}$	$A^2_{4_5}$	$A^3_{5_5}$	$A^4_{1_5}$	$A^5_{2_5}$	$A^6_{1_5}$	$A^7_{4_5}$	$A^8_{4_5}$	$A^9_{1_5}$
Un6	$A^1_{3_6}$	$A^2_{3_6}$	$A^3_{5_6}$	$A^4_{2_6}$	$A^5_{2_6}$	$A^6_{1_6}$	$A^7_{4_6}$	$A^8_{3_6}$	$A^9_{3_6}$
Un7	$A^1_{5_1}$	$A^2_{5_7}$	$A^3_{5_7}$	$A^4_{1_7}$	$A^5_{2_7}$	$A^6_{2_7}$	$A^7_{5_7}$	$A^8_{4_7}$	$A^9_{2_7}$
Un8	$A^1_{4_1}$	$A^2_{4_8}$	$A^3_{5_8}$	$A^4_{2_8}$	$A^5_{2_8}$	$A^6_{1_8}$	$A^7_{4_7}$	$A^8_{4_8}$	$A^9_{3_8}$

Девять бинарных отношений, соответствующих приведенным в Таблице 6 оценкам, выглядят следующим образом:

R_1 : *вуз*2 ≻ *вуз*3 ≻ (*вуз*4 □ *вуз*5 □ *вуз*6) ≻ *вуз*8 ≻ (*вуз*1 □ *вуз*7)

R_2 : *вуз*1 ≻ (*вуз*2 □ *вуз*3 □ *вуз*4 □ *вуз*6) ≻ (*вуз*5 □ *вуз*8) ≻ *вуз*7

R_3 : *вуз*2 ≻ *вуз*1 ≻ *вуз*3 ≻ (*вуз*4 □ *вуз*5 □ *вуз*6 □ *вуз*7 □ *вуз*8)

R_4 : (*вуз*1 □ *вуз*2 □ *вуз*3 □ *вуз*4 □ *вуз*5 □ *вуз*7) ≻ (*вуз*6 □ *вуз*8)

R_5 : *вуз*1 ≻ (*вуз*2 □ *вуз*3 □ *вуз*4 □ *вуз*5 □ *вуз*6 □ *вуз*7 □ *вуз*8)

R_6 : (*вуз*6 □ *вуз*8) ≻ (*вуз*1 □ *вуз*2 □ *вуз*3 □ *вуз*4 □ *вуз*5 □ *вуз*7)

R_7 : *вуз*2 ≻ (*вуз*3 □ *вуз*5 □ *вуз*6 □ *вуз*8) ≻ (*вуз*1 □ *вуз*4 □ *вуз*7)

R_8 : (*вуз*1 □ *вуз*2 □ *вуз*4 □ *вуз*6) ≻ (*вуз*3 □ *вуз*5 □ *вуз*7 □ *вуз*8)

R_9 : (*вуз*1 □ *вуз*3 □ *вуз*4 □ *вуз*5) ≻ *вуз*7 ≻ (*вуз*2 □ *вуз*6 □ *вуз*8).

Агрегированное упорядочение рассматриваемых восьми вузов, построенное на основе процедуры Борда, выглядит так:

$$R_*: (вуз1 \square вуз2) \succ вуз3 \succ$$
$$\succ вуз6 \succ вуз4 \succ вуз5 \succ вуз8 \succ вуз7$$

Применение процедуры Коупленда дает результат в виде кластеризованной ранжировки:

R_* : (*вуз*1 □ *вуз*2) ≻ *вуз*3 ≻ *вуз*4 ≻ (*вуз*5 □ *вуз*6) ≻ (*вуз*7 □ *вуз*8)

В качестве приближенной оценки медианы Кемени на множестве $\{R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, R_8, R_9\}$ выступает кластеризованная ранжировка R_5. Соответствующая матрица попарных расстояний Кемени приведена в Таблице 7:

Таблица 7.

Матрица попарных расстояний

Table7.

Pairwise distances matrix

M	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	R_9
R_1	0	21	18	24	31	28	11	25	29
R_2	21	0	15	23	14	27	26	14	22
R_3	18	15	0	18	13	30	19	13	25
R_4	24	23	18	0	15	24	27	15	11
R_5	31	14	13	15	0	19	26	12	18
R_6	28	27	30	24	19	0	19	27	31
R_7	11	26	19	27	26	19	0	24	34
R_8	25	14	13	15	12	27	24	0	22
R_9	29	22	25	11	18	31	34	22	0

Сравнительный анализ найденных трех агрегированных ранжировок показывает, в частности, что применение процедуры Коупленда и использование аналога медианы Кемени в качестве R_* улучшает позиции двух высших учебных заведений (*вуз 4* и *вуз 5*) по сравнению с их позициями в агрегированном рейтинге, построенном на основе процедуры Борда. Степень близости полученных трех агрегированных ранжировок вузов оценивалась двумя метриками – с помощью коэффициента τ ранговой корреляции Кендалла и расстояния Кемени.

Заключение

В работе задача построения рейтингов высших учебных заведений была рассмотрена с позиции теории коллективного выбора. В качестве процедур агрегирования результатов различных рейтингов, используемых в системе высшего образования для оценки эффективности вузов, предлагается использовать процедуры голосования, удовлетворяющие принципу Кондорсе. На примерах, приведенных в работе, было продемонстрирована их устойчивость получаемого итогового ранжирования альтернатив к незначительным изменениям в исходном профиле предпочтений (сведений о позициях вузов в рассматриваемых девяти рейтингах). Использование результатов агрегированного рейтинга позволит руководителям вузов выстраивать эффективную управленческую стратегию развития на краткосрочный и среднесрочный период.

Литература

1 Наводнов В.Г., Мотова Г.Н., Рыжакова О.Е., Сравнение международных рейтингов и результатов российского Мониторинга эффективности деятельности вузов по методике анализа лиг // Вопросы образования. 2019. №. 3. С. 130–151.

2 Болотов В.А., Мотова Г.Н., Наводнов В.Г., Рыжакова О.Е. Как сконструировать национальный агрегированный рейтинг? // Высшее образование в России. 2020. Т. 29. № 1. С. 9-24.

3 Национальный агрегированный рейтинг – 2020. URL: https://best-edu.ru/ratings/nacionalnyj-agregirovannyj-rejting

4 Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений: учебник. М.: Логос, 2006.

5 Алескеров Ф.Т., Курбанов Е., О степени манипулируемости правил коллективного выбора // Автомат. и телемех. 1998. № 10. С. 134–146.

6 Aleskerov F., Karabekyan D., Sanver M. R., Yakuba V. On the manipulability of voting rules: The case of 4 and 5 alternatives //Mathematical Social Sciences. 2012. V. 64. №. 1. P. 67-73. doi: 10.1016/j.mathsocsci.2011.10.001

7 Айзерман М.А., Алескеров Ф.Т., Выбор вариантов. Основы теории. М.: Наука, 1990. 227 с .

8 Вольский В.И. Процедуры голосования в малых группах // Пробл. управл. 2016. № 2. С. 2–23.

9 Кемени Дж., Снелл Дж. Кибернетическое моделирование: некоторые приложения. М.: Советское радио, 1972. 192 с.

10 Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений: М.: Патент, 1996.

11 Литвак Б.Г. Экспертная информация. Методы получения и анализа. М.: Радио и связь, 1982.

12 Орлов А.И., Теория принятия решений: учебное пособие. М.: Издательство "Март", 2004.

13 Орлов А.И. Эконометрика: учебник. М.: Издательство "Экзамен", 2002. 576 с.

14 Алескеров Ф.Т., Катаева Е.С., Писляков В.В., Якуба В.И. Оценка вклада научных работников методом порогового агрегирования // УБС. 2013. Т. 44. С. 172–189.

15 Никитин Б.Е., Ивлиев М.Н., Коробова Л.А. Расчет и анализ рейтинга научных периодических изданий // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 4. С. 97–103.

16 Nikitin B.E., Ivliev M.N., Bugaev Y.V., Kovaleva E.N. et al Aggregated rating construction as a collective choice problem //Advances in Economics, Business and Management Research. Proceedings of the Russian Conference on Digital Economy and Knowledge Management (RuDEcK 2020). 2020. P. 495–499.

17 Aleskerov F., Karabekyan D., Sanver R., Yakuba V. An individual manipulability of positional voting rules // SERIEs: Journal of the Spanish Economic Association. 2011. V. 2. P. 431-446.

18 Aleskerov F., Karabekyan D., Ivanov A., Yakuba V. Individual manipulability of majoritarian rules for one-dimensional preferences // The Sixth International Conference on Information Technology and Quantitative Management (ITQM 2018). 2018.

19 Aleskerov F., Ivanov A., Karabekyan D., Yakuba V. Manipulability of aggregation procedures in Impartial Anonymous Culture // Procedia Computer Science. 2015. V. 55. P. 1250 – 1257.

20 Aleskerov F., Karabekyan D., Sanver M.R., Yakuba V. On the manipulability of voting rules: The case of 4 and 5 alternatives // Mathematical Social Sciences. 2012. V. 64, № 1. P.67-73.

References

1 Navodnov V.G., Motova G.N., Ryzhakova O.E., Comparison of international rankings and the results of the Russian Monitoring of the effectiveness of universities' activities using the method of analysis of leagues. Education Issues. 2019. no. 3. pp. 130–151. (in Russian).

2 Bolotov V.A., Motova G.N., Navodnov V.G., Ryzhakova O.E. How to construct a national aggregate rating? Higher education in Russia. 2020. vol. 29. no. 1. pp. 9-24. (in Russian).

3 National Aggregated Ranking - 2020. Available at: https://best-edu.ru/ratings/nacionalnyj-agregirovannyj-rejting (in Russian).

4 Larichev O.I. Decision theory and methods: textbook. Moscow, Logos, 2006. (in Russian).

5 Aleskerov F.T., Kurbanov E., On the degree of manipulability of collective choice rules. Avtomat. and telemech. 1998. no. 10. pp. 134-146. (in Russian).

6 Aleskerov F., Karabekyan D., Sanver M. R., Yakuba V. On the manipulability of voting rules: The case of 4 and 5 alternatives. Mathematical Social Sciences. 2012. vol. 64. no. 1. pp. 67-73. doi: 10.1016/j.mathsocsci.2011.10.001

7 Aizerman M.A., Aleskerov F.T., Choice of options. Foundations of the theory. Moscow, Nauka, 1990. 227 p. (in Russian).

8 8 Volsky V.I. Voting Procedures in Small Groups. Probl. control 2016. no. 2. pp. 2–23. (in Russian).

9 Kemeny J., Snell J. Cybernetic Modeling: Some Applications. Moscow, Soviet radio, 1972. 192 p. (in Russian).

10 Litvak B.G. Expert assessments and decision making: Moscow, Patent, 1996. (in Russian).

11 Litvak B.G. Expert information. Methods of obtaining and analysis. Moscow, Radio and communication, 1982. (in Russian).

12 Orlov A.I., Decision theory: a tutorial. Moscow, Publishing house "Mart", 2004. (in Russian).

13 Orlov A.I. Econometrics: a textbook. Moscow, Publishing house "Exam", 2002. 576 p. (in Russian).

14 Aleskerov F.T., Kataeva E.S., Pislyakov V.V., Yakuba V.I. Assessment of the contribution of researchers using the threshold aggregation method. UBS. 2013. vol. 44. pp. 172–189. (in Russian).

15 Nikitin B.E., Ivliev M.N., Korobova L.A. Calculation and analysis of the rating of scientific periodicals. Proceedings of VSUET. 2017. vol. 79. no. 4. pp. 97–103. (in Russian).

16 Nikitin B.E., Ivliev M.N., Bugaev Y.V., Kovaleva E.N. et al Aggregated rating construction as a collective choice problem. Advances in Economics, Business and Management Research. Proceedings of the Russian Conference on Digital Economy and Knowledge Management (RuDEcK 2020). 2020. pp. 495–499.

17 Aleskerov F., Karabekyan D., Sanver R., Yakuba V. An individual manipulability of positional voting rules. SERIEs: Journal of the Spanish Economic Association. 2011. vol. 2. pp. 431-446.

18 Aleskerov F., Karabekyan D., Ivanov A., Yakuba V. Individual manipulability of majoritarian rules for one-dimensional preferences. The Sixth International Conference on Information Technology and Quantitative Management (ITQM 2018). 2018.

19 Aleskerov F., Ivanov A., Karabekyan D., Yakuba V. Manipulability of aggregation procedures in Impartial Anonymous Culture. Procedia Computer Science. 2015. vol. 55. pp. 1250 – 1257.

20 Aleskerov F., Karabekyan D., Sanver M.R., Yakuba V. On the manipulability of voting rules: The case of 4 and 5 alternatives. Mathematical Social Sciences. 2012. vol. 64. no. 1. pp. 67-73.

Сведения об авторах

Борис Е. Никитин к.ф.-м.н., доцент, кафедра высшей математики и информационных технологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, nbe6419@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-6508-8723

Максим Н. Ивлиев к.т.н., доцент, кафедра высшей математики и информационных технологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, max1m@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-8754-2608

Кирилл В. Чекудаев к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kirillchek@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0002-1859-5917

Евгений С. Акатов к.т.н., доцент, кафедра управления качеством и технологии водных биоресурсов, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, zhenek-asp@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-0431-8265

Information about authors

Boris E. Nikitin Cand. Sci. (Phys.-Math.), associate professor, high mathematics and IT department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, nbe6419@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-6508-8723

Maksim N. Ivliev Cand. Sci. (Engin.), associate professor, high mathematics and IT department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, max1m@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-8754-2608

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, kirillchek@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0002-1859-5917

Evgeny S. Akatov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, quality management and aquatic bioresources technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, zhenek-asp@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-0431-8265

Юрий В. Бугаев д. ф.-м.н., профессор, кафедра высшей математики и информационных технологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, y_bugaev52@mail.ru

Иван И. Ворона студент, кафедра высшей математики и информационных технологий), Воронежский государственный университет инженерных технологий пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Yuri V. Bugaev Dr. Sci. (Phys.-Math.) professor, high mathematics and IT department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, y_bugaev52@mail.ru

Ivan I. Vorona student, high mathematics and IT department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Вклад авторов

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

Contribution

All authors are equally involved 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 25/01/2021	**После редакции** 16/02/2021	**Принята в печать** 05/03/2021

Received 25/01/2021	**Accepted in revised** 16/02/2021	**Accepted** 05/03/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-259-264 Оригинальная статья/Research article
УДК 338.12.017 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Конкурентно-рыночное пространство в контексте потребности роста конкурентоспособности российской систем хозяйствования

Галина С. Армашова-Тельник [1] atgs@ya.ru 0000-0001-9370-5875

1 Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, ул. Большая Морская, 67 А, Санкт-Петербург, 190000, Россия

Аннотация. В статье рассматривается понятийный аппарат содержательной сущности конкуренции, условия формирования подходов для высокой конкурентоспособности субъектов хозяйствования как основного элемента функционирования рыночной экономики. Проанализирована современная конъюнктура конкурентно-рыночного пространства в России. Проведена сравнительная оценка состояния российской конкурентной среды в 2016 и 2020 годах в контексте: определения сфер с наиболее высокой (и низкой) степенью влияния на конкурентный рынок, ориентиры усиления конкурентоспособных позиций, положительных эффектов от конкуренции для субъектов хозяйствования и т.д. Сформулированы ключевые направления повышения конкурентоспособности субъектов хозяйствования. Приведен актуальный комплекс методов оценки конкурентоспособности. Определены преимущества здоровой конкуренции в системе рыночных отношений для роста благосостояния субъектов хозяйствования, экономического развития страны и, соответственно повышения уровня жизни населения. В России, в настоящее время, выработка и реализация государственных программ по развитию малого и среднего предпринимательства в регионах является недостаточной для формирования эффективной конкурентно-рыночной среды экономики в регионах. Тогда как развитие здоровых конкурентных отношений позволяет наиболее эффективно воздействовать на рыночные механизмы в регионах, а также способствует устойчивому развитию социально-экономических, технических направлений функционирования экономики. И ключевой задачей государства в этом случае является обеспечение возможностей для реализации конкурентного потенциала региона, то есть его готовность к эффективной конкуренции и устойчивому функционированию определенной конкурентно-рыночной среды. Формирование такой среды обеспечивает эффективность межрегиональных и международных связей региона, что обуславливает положительные эффекты в социально-экономическом развитии государства в целом.

Ключевые слова: конкурентно-рыночное пространство, конкурентоспособность, рыночная экономика, эффективность хозяйствования, экономическое развитие

Competitive market space in the context of the need to increase the competitiveness of the Russian economic system

Galina S Armashova-Telnik [1] atgs@ya.ru 0000-0001-9370-5875

1 Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentationsuai, 67, Bolshaya Morskaia str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

Abstract. The article considers the conceptual framework of the content essence of competition, the conditions for the formation of approaches for high competitiveness of business entities as the main element of the functioning of the market economy. The article analyzes the current state of the competitive market space in Russia. A comparative assessment of the state of the Russian competitive environment in 2016 and 2020 is carried out in the context of: determining the areas with the highest (and lowest) degree of influence on the competitive market, guidelines for strengthening competitive positions, positive effects of competition for business entities, etc. The key directions of increasing the competitiveness of business entities are formulated. An up-to-date set of methods for assessing competitiveness is presented. The advantages of healthy competition in the system of market relations for the growth of the welfare of economic entities, the economic development of the country and, accordingly, the improvement of the standard of living of the population are determined. In Russia, at present, the development and implementation of state programs for the development of small and medium-sized businesses in the regions is insufficient for the formation of an effective competitive market environment for the economy in the regions. While the development of healthy competitive relations allows the most effective impact on market mechanisms in the regions, and also contributes to the sustainable development of socio-economic, technical areas of the economy. And the key task of the state in this case is to provide opportunities for realizing the competitive potential of the region, that is, its readiness for effective competition and sustainable functioning of a certain competitive market environment. The formation of such an environment ensures the effectiveness of interregional and international relations of the region, which leads to positive effects in the socio-economic development of the state as a whole.

Keywords: competitive market space, competitiveness, market economy, economic efficiency, economic development

Введение

На данный момент в сфере экономики Российской Федерации значимую позицию занимает проблема повышения конкурентоспособности предоставляемых товаров и услуг как на внешнем, так и на внутреннем рынках. На качество товаров и услуг, предоставляемых предприятиями электроэнергетической отрасли, оказывает положительное влияние стремление субъектов хозяйствования получить разнообразные преимущества, помогающие повысить конкурентоспособность. Также, стоит рассматривать повышение уровня конкурентоспособности, как основной элемент экономики предприятия.

Для цитирования
Армашова-Тельник Г.С. Конкурентно-рыночное пространство в контексте потребности роста конкурентоспособности российской систем хозяйствования // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 259–264. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-259-264

For citation
Armashova-Telnik G.S. Competitive market space in the context of the need to increase the competitiveness of the Russian economic system. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 259–264. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-259-264

© 2021, Армашова-Тельник Г.С. / Armashova-Telnik G.S.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

В условиях недостаточного государственного регулирования, отсутствия актуальных оценок проводимых реформ в экономической сфере, первостепенной становится задача повышения качественных характеристик производимых товаров и услуг, что в свою очередь непосредственно коррелирует с конкурентоспособностью. Однако, достижению данной цели препятствует высокий уровень производственных издержек, критическое состояние основных фондов, устаревшее оборудование, низкая квалификация сотрудников [8, 12]. Для успешной борьбы с конкурентами, а также повышения качества производимых товаров/услуг, предприятию необходимо выполнять следующие действия:

1. Заменить морально и технически устаревшее оборудование на современное, отвечающее международным и отечественным стандартам в соответствующей сфере рынка;

2. Проводить исследования внутреннего рынка, если предприятие поставляет товары и услуги только в своём государстве, дополнительно исследовать внешний рынок, если предприятие поставляет товары и услуги не только в своём государстве, а также в других государствах или если предприятие имеет цель – выйти на международный рынок;

3. Проводить внутренние исследования предприятия, с целью определения преимуществ и недостатков по сравнению с предприятиями-конкурентами, составлять различные планы развития или выхода на новые рынки.

Производителю, выпускающему товар как для внутреннего, так и для внешнего рынка, желающему долгое время занимать лидирующие позиции, не стоит ориентироваться только на показатели конкурентоспособности, так как данный фактор стоит рассматривать лишь в совокупности с показателями спроса, предложения, учитывать рост требований к качеству продукции, принимать во внимание изменение издержек. Ученые-экономисты в лице Джозефа Стиглица, Пола Кругмана, Карла Айгингера выделяют конкуренцию, как катализатор развития предприятия, что в свою очередь неразрывно связано с повышением уровня жизни населения, так как на рынок выходят товары и услуги только лучшего качества. В условиях рыночной экономики конкуренция является основным катализатором санации экономики [7, 10].

Обсуждение

При принятии решения, несущего за собой определенные последствия для субъекта хозяйствования, необходимо провести анализ, позволяющий выявить рациональность, логичность и своевременность принятого решения. Воздействие конкуренции в экономической сфере состоит в исследовании и изобретении наиболее рациональных способов развития предприятия в целом, путей производства товаров и услуг, снижения издержек на них и т. д.

Конкурентоспособность предприятия напрямую зависит от того, насколько рационально предприятие ведёт инвестиционную деятельность, использует новейшие технические и технологические решения в производстве, повышает качество товаров и услуг, повышает производительность труда и снижает издержки на производство. Исходя из сложившейся ситуации, на данный момент, выделим несколько недостатков экономической политики в России [6, 7, 9]:

1. Сырьевая ориентация;

2. Дефицит капитала внутри страны.

Данные недостатки способствуют накоплению инвестиционных ресурсов в компаниях с «простой» цепочкой производства, базируемых в обрабатывающей промышленности. Предприятия не смогли достаточно обновить производственное оборудование, что привело к снижению конкурентоспособности субъектов хозяйствования данной сферы по сравнению с зарубежными предприятиями.

Таким образом, повышение конкурентоспособности российской продукции считается одним из основных факторов в настоящем и будущем экономической политики в России. Отметим, что данная проблема находится в стадии решения: распоряжением правительства Российской Федерации от 6 июня 2020 года утверждена стратегия развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации с 2024 года до 2035 года [5, 20].

Представленные показатели отражают следующее: Россия за последние четыре года находится в топ-50 стран, которые были рассмотрены в докладе Всемирного экономического форума.

Таблица 2 демонстрирует рейтинг стран мира по индексу глобальной конкурентоспособности за 2019 год [2, 11, 19].

Таблица 1.

Динамика рейтинга глобальной конкурентоспособности России за период 2012–2019 гг. [1, 17]

Table 1.

Dynamics of Russia's Global Competitiveness rating for the period 2012-2019

Год Year	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Место Place	67	64	53	45	43	38	43	43
Число стран Number of countries	144	148	144	140	138	137	140	141

Таблица 2.

Рейтинг стран мира по индексу глобальной конкурентоспособности за 2019 год

Table 2.

Ranking of the world's countries on the global competitiveness Index for 2019

Позиция в рейтинге Position in the rating	Страна	Country	Значение индекса Index value
1	Сингапур	Singapore	84.8
2	США	USA	83.7
3	Гонконг	Hong Kong	83.1
4	Нидерланды	Netherlands	82.4
5	Швейцария	Switzerland	82.3
6	Япония	Japan	82.3
7	Германия	Germany	81.8
8	Швеция	Sweden	81.2
9	Великобритания	Great Britain	81.2
10	Дания	Denmark	81.2
	…		
25	Объединённые Арабские Эмираты	United Arab Emirates	75.0
28	Китай	China	73.9
43	Россия	Russia	66.7
55	Казахстан	Kazakhstan	62.9
141	Республика Чад	Republic of Chad	35.1

Таблица 2 отражает лидирующие места, как и за 2018 год, которые занимают Сингапур, США и Гонконг. Последнее место занимает Республика Чад. Представленные в таблице страны СНГ, а именно Россия и Казахстан, занимают 43 и 55-е места соответственно, что свидетельствует, в целом, о благоприятном значении полученной оценки, однако необходимо принять меры для повышения значения индекса с целью попадания в топ-10 стран.

Краткое сравнение оценки состояния конкурентной среды в России с использованием данных докладов аналитического центра при Правительстве Российской Федерации за 2016 и 2020 год [3, 4, 18].

Таблица 3.

Сравнительная оценка состояния конкурентной среды в России в 2016 и 2020 гг.

Table 3.

Comparative assessment of the state of the competitive environment in Russia in 2016 and 2020

Год | Year	2016	2020
1	2	3
Сферы с наиболее сильным конкурентным воздействием	Пищевая промышленность, IT-технологии, производители стройматериалов и неметаллических изделий	Машиностроение, химическая промышленность, финансовые услуги, пищевая промышленность, IT-технологий.
The areas with the strongest competitive impact.	Food industry, IT technologies, manufacturers of building materials and non-metallic products	Mechanical engineering, chemical industry, financial services, food industry, IT technologies.
Сферы с наиболее слабым конкурентным воздействием	Деревообрабатывающая, целлюлозно-бумажная промышленность, топливно-энергетический комплекс	Ремонтные услуг, деревообрабатывающая промышленность, топливно-энергетический комплекс
Areas with the weakest competitive impact	Woodworking, pulp and paper industry, fuel and energy complex	Repair services, woodworking industry, fuel and energy complex
Уровень конкуренции, %	51	49
Level of competition		
Способы повышения конкурентоспособности	Снижение затрат на производство и реализацию продукции и услуг, новые маркетинговые стратегии, обучение персонала	Снижение затрат на производство и реализацию продукции и услуг, новые маркетинговые стратегии, обучение персонала
Ways to improve competitiveness	Cost reduction for production and sales of products and services, new marketing strategies, staff training	Cost reduction for production and sales of products and services, new marketing strategies, staff training

Продолжение таблицы 3 | Continuation of table 3

1	2	3
Польза конкуренции для развития бизнеса, %	33	40
The benefits of competition for business development, %		
Снижение числа конкурентов, %	20	24
Reducing the number of competitors, %		
Количество респондентов, которые не планируют выходить на новые рынки, %	27	30
The number of respondents who do not plan to enter new markets, %		

В 2016 году респондентами являлись представители малого бизнеса, примерно у 80% опрошенных были микропредприятия с годовым оборотом до 120 млн. рублей, численность сотрудников таких предприятий составляет примерно 100 человек.

В 2020 году типичные представители выборки выглядят следующим образом: владелец собственного бизнеса (68%), возраст этого бизнеса составляет более 5 лет (77,8%), целевыми рынками для него являются рынки отдельных российских регионов или муниципальных образований (62%) или рынок Российской Федерации в целом (33%).

Таким образом, необходимо отметить, что выделяют следующие способы повышения конкурентоспособности [13, 16]:

1. Рост объёмов производства. Этот способ необходимо использовать с осторожностью и на его основе планировать организационные и производственные процессы, чтобы избежать переизбытка товаров и услуг на рынке;

2. Улучшение качества. Такой способ является эффективным, поскольку повышение качества продукта или услуги укрепит репутацию у клиентов, привлечет новых покупателей, а также откроет доступ к выходам на другие рынки;

3. Уменьшение расходов. Данный способ, как и рост объёмов производства, должен использоваться с большой осторожностью, так как для внедрения этого способа требуется скоординированная работа всего предприятия – от производственного департамента до отдела логистики и управления;

4. Бенчмаркинг (от англ. сравнительный анализ). Суть сравнительного анализа заключается в постоянном мониторинге конкурентов и компаний в смежных отраслях, проведении исследований для определения потребности в модернизации, разработке эталонной модели производства и сравнении фактического производства с этой моделью.

Методы оценки конкурентоспособности [14]:

1. Матричные методы. Они проводят анализ между жизненным циклом продукции и конкурентоспособностью;

2. Комплексные методы. Они позволяют оценить сразу два аспекта конкурентоспособности: текущую (оценивается как конкурентоспособность продукции) и потенциальную (оценивается по теории эффективной конкуренции);

3. Методы, основанные на оценке конкурентоспособности продукции.

Они строятся по такому принципу, что конкуренция товара или услуги прямо пропорциональна конкурентоспособности предприятия;

4. Методы, в основе которых лежит теория эффективной конкуренции.

Суть методов заключается в балльной оценке конкурентоспособности организации, исходя из имеющихся данных.

Таким образом, с экономической точки зрения конкуренция рассматривается как предмет, а именно товар или услуга, за которые на рынке конкурирующие фирмы ведут борьбу и стремятся привлечь к себе потенциальных клиентов. С одной стороны, конкуренция направлена на выявление оппонентов, выпускающих товары-субституты, с другой – на удовлетворение потребностей покупателей.

Объектами конкурирующей борьбы на рынке являются потребитель и покупатель. Такое разделение свидетельствуют о том, что существуют две сферы воздействия: товар или услуга (предмет) и потребитель или покупатель (объект).

Деятельность хозяйствующих субъектов направлена на достижение конечного результата в конкурентоспособности, которые основаны на результатах систематических и комплексных усилий. Таким образом, движущая сила развивающихся рыночных объектов и субъектов является конкуренцией для других компаний.

Заключение

В России, в настоящее время, выработка и реализация государственных программ по развитию малого и среднего предпринимательства в регионах является недостаточной для формирования эффективной конкурентно-рыночной среды экономики в регионах. Тогда как развитие здоровых конкурентных отношений позволяет наиболее эффективно воздействовать на рыночные механизмы в регионах, а также способствует устойчивому развитию социально-экономических, технических направлений функционирования экономики. И ключевой задачей государства в этом случае является обеспечение возможностей для реализации конкурентного потенциала региона, то есть его готовность к эффективной конкуренции и устойчивому функционированию определенной конкурентно-рыночной среды. Формирование такой среды обеспечивает эффективность межрегиональных и международных связей региона, что обуславливает положительные эффекты в социально-экономическом развитии государства в целом.

Литература

1 Рейтинг стран мира по индексу глобальной конкурентоспособности. URL: https://gtmarket.ru/ratings/global-competitiveness-index

2 Оценка состояния конкурентной среды в России. URL: https://ac.gov.ru/uploads / 2-Publications/ Konkurenciya_doklad_2020.pdf

3 Россия сохранила 43-е место в рейтинге конкурентоспособности. URL: https://www.rbc.ru/economics / 09/10/2019/5d9d59749a7947fd9be94ef5

4 Ungerman O., Dedkova J., Gurinova K. The impact of marketing innovation on the competitiveness of enterprises in the context of industry 4.0 // Journal of Competitiveness. 2018. V. 10. №. 2. P. 132. doi: 10.7441/joc.2018.02.09

5 Салихов Б.В. Механизм «вековой стагнации» экономики в зеркале системной парадигмы // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2020. №. 1. С. 15–25.

6 Федоров И.С., Бабанова Ю.В. Международная стратегия компании в условиях глобализации // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2017. Т. 11. №. 2.

7 Горбунов В.К. Проблема цен в экономической теории и государственном управлении // Государственное управление. Электронный вестник. 2017. №. 62.

8 Осадчий Е.И., Мираньков Д.Б. Международная конкурентоспособность российских предприятий в контексте глобальных хозяйственных трансформаций // Ученые записки Крымского федерального университета имени ВИ Вернадского. Экономика и управление. 2019. Т. 5. №. 1.

9 Грузан А.В. Конкуренция как фактор развития хозяйствующих субъектов и экономических систем // Конкурентоспособность предприятия, региона, национальной экономики на международных рынках в контексте инвестиционно-инновационного развития. 2020. С. 201-208.

10 Нечеухина Н.С., Мустафина О.В., Куклина Л.Н. Конкурентоспособность различных сегментов потребительского рынка региона // Экономика региона. 2018. Т. 14. №. 3.

11 Вишневская Н.Г., Нафиков И.А. Повышение конкурентоспособности предприятий в контексте их стратегического развития // Вектор экономики. 2018. №. 3. С. 55-55.

12 Степанова И.П. Конкурентоспособность менеджмента как фактор конкурентоспособности организации в современных условиях хозяйствования // Совершенствование инструментария повышения конкурентоспособности отечественных компаний. 2018. С. 57-64.

13 Яшева Г.А. Конкурентоспособность экономических систем в контексте сетизации социально-экономического пространства: теория, методология, практика. Витебский государственный технологический университет, 2018.

14 Волошин А.В., Александров Ю.Л. Эволюция теорий конкуренции и конкурентоспособности в экономической науке // Фундаментальные исследования. 2017. №. 4-2. С. 330-338.

15 Салихов Б. В. Механизм «вековой стагнации» экономики в зеркале системной парадигмы // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2020. №. 1. С. 15-25.

16 Kucher A. Assessment of the impact of land quality on competitiveness of enterprises // Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal. 2019. V. 5. №. 2. P. 99-120.

17 Nykolyuk O. Conceptual principles of competitiveness of enterprises // Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development. 2014. V. 36. №. 3. P. 608-615. doi: 10.15544/mts.2014.057

18 Komarkova L., Pirozek P., Pudil P. The factors and other characteristics influencing competitiveness of enterprises in countries in the post-transition phase of the economy // Engineering Economics. 2014. V. 25. №. 5. P. 513-521. doi: 10.5755/j01.ee.25.5.3136

19 Boyko N., Mochurad L., Stetsiv I., Kryvenchuk Y. Modeling of the Information System for Processing of a Large Distilled Data for the Investigation of Competitiveness of Enterprises // COLINS. 2020. P. 964-978.

20 Obradovic D., Obradovic D. The role innovation on strategic orientations and competitiveness of enterprises // Ecoforum Journal. 2016. V. 5. №. 1.

References

1 Ranking of the world's countries on the Global Competitiveness Index. Available at: https://gtmarket.ru/ratings/global-competitiveness-index (in Russian).

2 Assessment of the state of the competitive environment in Russia. Available at: https://ac.gov.ru/uploads / 2 Publications/Konkurenciya_doklad_2020. pdf (in Russian).

3 Article on RBC "Russia has retained the 43rd place in the competitiveness rating". Available at: https://www.rbc.ru/economics / 09/10/2019/5d9d59749a7947fd9be94ef5 (in Russian).

4 Ungerman O., Dedkova J., Gurinova K. The impact of marketing innovation on the competitiveness of enterprises in the context of industry 4.0. Journal of Competitiveness. 2018. vol. 10. no. 2. pp. 132. doi: 10.7441/joc.2018.02.09

5 Salikhov B.V. The mechanism of "century-old stagnation" of the economy in the mirror of the system paradigm. Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2020. no. 1. pp. 15–25. (in Russian).

6 Fedorov I.S., Babanova Yu.V. International strategy of the company in the conditions of globalization. Bulletin of the South Ural State University. Series: Economics and Management. 2017. vol. 11. no. 2. (in Russian).

7 Gorbunov V.K. The problem of prices in economic theory and public administration. Electronic Bulletin. 2017. no. 62. (in Russian).

8 Osadchiy E.I., Mirankov D.B. International competitiveness of Russian enterprises in the context of global economic transformations. Scientific notes of the Crimean Federal University named after V. Vernadsky. Economics and Management. 2019. vol. 5. no. 1. (in Russian).

9 Gruzan A.V. Competition as a factor in the development of economic entities and economic systems. Competitiveness of an enterprise, region, and national economy in international markets in the context of investment and innovation development. 2020. pp. 201–208. (in Russian).

10 Necheukhina N.S., Mustafina O.V., Kuklina L.N. Competitiveness of various segments of the consumer market in the region. The economy of the region. 2018. vol. 14. no. 3. (in Russian).

11 Vishnevskaya N.G., Nafikov I.A. Improving the competitiveness of enterprises in the context of their strategic development. The vector of the economy. 2018. no. 3. pp. 55–55. (in Russian).

12 Stepanova I.P. Competitiveness of management as a factor of competitiveness of the organization in modern economic conditions. Improving the tools for improving the competitiveness of domestic companies. 2018. pp. 57–64. (in Russian).

13 Yasheva G.A. Competitiveness of economic systems in the context of social and economic space setization: theory, methodology, practice. Vitebsk State Technological University, 2018. (in Russian).

14 Voloshin A.V., Alexandrov Yu. L. Evolution of the theories of competition and competitiveness in economic science. 2017. no. 4–2. pp. 330–338. (in Russian).

15 Salikhov B.V. The mechanism of "secular stagnation" of the economy in the mirror of the system paradigm. Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2020. no. 1. pp. 15–25. (in Russian).

Сведения об авторах

Галина С. Армашова-Тельник к.э.н., доцент, кафедра программно-целевого управления в приборостроении, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, ул. Большая Морская, 67 А, Санкт-Петербург, 190000, Россия, atgs@ya.ru

https://orcid.org/0000-0001-9370-5875

Information about authors

Galina S Armashova-Telnik Cand. Sci. (Econ.), associate professor, programtarget management in instrument engineering department, Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Bolshaya Morskaia str. ,67, Saint-Petersburg, 190000, Russia, atgs@ya.ru

https://orcid.org/0000-0001-9370-5875

Вклад авторов

Галина С. Армашова-Тельник написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Contribution

Galina S Armashova-Telnik 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 29/03/2021	**После редакции** 29/04/2021	**Принята в печать** 27/05/2021

Received 29/03/2021	**Accepted in revised** 29/04/2021	**Accepted** 27/05/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-265-271 Оригинальная статья/Research article
УДК 360 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Стимулирование и мотивирование персонала в системе управления проектами

Виктория С. Артемьева [1] viktoriyanna67@mail.ru
Евгения П. Рябова [1] vestimaya@mail.ru 0000-0001-5731-7242
Татьяна В. Сабетова [1] tsabetova@mail.ru 0000-0002-4414-284X

1 Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия

Аннотация. Управление проектами требует внимания к планированию и обеспечению операций ресурсами всех видов, включая интеллектуально-кадровые. Человеческие ресурсы в рамках многих проектов ответственны за большую часть их успеха или неудачи, так как они способны мыслить, принимать самостоятельные, в том числе творческие решения, а также координировать вовлечение и использование всех иных видов ресурсов. Авторы вводят понятие «человеческая составляющая ресурсов проекта», понимаемое более широко, чем трудовые ресурсы, и проводят анализ способов и этапов управления этим элементом обеспечения проекта. Наибольшую проблему это обеспечение составляет в организациях, основная деятельность которых строится по циклическому принципу, однако и разовые конечные проекты в ней не редки. Если у организации нет возможности нанимать сторонних специалистов для их реализации, крайне важно рационально организовывать вовлечение сотрудников в работы по проекту и стимулировать их труд. Авторы выявили наиболее сложные этапы кадрового обеспечения проектов с точки зрения организации деятельности и мотивации задействованных лиц. Для каждого этапа описываются источники и форматы проблем и препятствий к успешной реализации проектов, а также даются некоторые рекомендации по их смягчению. Однако авторы подчеркивают, что единой методики устранения выявленных потенциальных проблем существовать не может в силу объективных причин. Тем не менее, понимание основных аспектов, способных эти проблемы генерировать, может облегчить руководителям деятельность по их своевременной диагностике, предотвращению или коррекции.

Ключевые слова: управление проектами, стимулирование труда, мотивация персонала, этапы, препятствия, ожидание справедливости, трудовая жизнь

Stimulation and motivation of personnel in the project management system

Viktoria S. Artemieva [1] viktoriyanna67@mail.ru
Evgenia P. Ryabova [1] vestimaya@mail.ru 0000-0001-5731-7242
Tatiana V. Sabetova [1] tsabetova@mail.ru 0000-0002-4414-284X

1 Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia

Abstract. Project management requires attention to planning and providing operations with resources of all kinds, including intellectual and human resources. Human resources in many projects are responsible for most of their success or failure, as they are able to think, make independent, including creative decisions, and coordinate the involvement and use of all other types of resources. The authors introduce the concept of "human component of project resources", which is understood more broadly than labor resources, and analyze the methods and stages of managing this element of project support. This provision is the greatest problem in organizations, the main activity of which is based on a cyclical principle, however, one-time final projects are not rare in them. If the organization does not have the opportunity to hire external specialists to implement them, it is extremely important to rationally organize the involvement of employees in the work on the project and stimulate their work. The authors identified the most difficult stages of staffing projects in terms of organizing activities and motivating the people involved. For each stage, the sources and formats of problems and obstacles to the successful implementation of projects are described, as well as some recommendations for their mitigation are given. However, the authors emphasize that a single methodology for eliminating the identified potential problems cannot exist due to objective reasons. However, understanding of the main aspects that can generate these problems can make it easier for managers to diagnose, prevent or correct them in a timely manner.

Keywords: project management, labour stimulation, staff motivation, stages, obstacles, expectation of fairness, working life

Введение

Для успешного управления созданием и реализацией проекта в различных сферах деятельности требуется глубокое понимание закономерностей динамики развития проектов, основанное на современной теории систем. Термин «проект» может быть применен к самым различным областям человеческой деятельности, если последняя обладает рядом отличительных черт [8] (рисунок 1).

Для успешной реализации проекта требуется качественное планирование потребности в ресурсах и организация их эффективного использования [7]. Очевидно, что одним из важнейших ресурсов для большинства проектов является человек с его личным потенциалом, и способность к труду и предпринимательству как важнейшая составляющая этого потенциала с экономической точки зрения. Однако, если при управлении материальными, финансовыми и даже информационными ресурсами проекта достаточно определить их требуемый объем,

Для цитирования
Артемьева В.С., Рябова Е.П., Сабетова Т.В. Стимулирование и мотивирование персонала в системе управления проектами // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 265–271. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-265-271

For citation
Artemieva V.S., Ryabova E.P., Sabetova T.V. Stimulation and motivation of personnel in the project management system. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 265–271. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-265-271

© 2021, Артемьева В.С. и др. / Artemieva V.S. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

наиболее доступные и приемлемые источники, а затем организовать доступ к ним и исключить непроизводительные потери, то управление человеческими ресурсами проекта существенно осложняется тем, что каждый человек обладает свободой воли [1, 6].

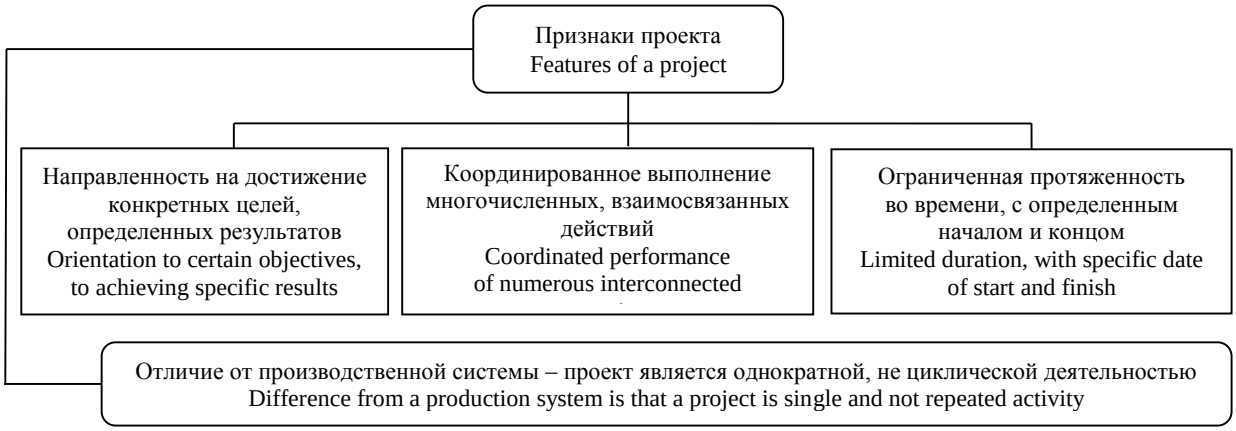


Рисунок 1. Признаки и отличительные свойства проекта

Figure 1. Features and differencing properties of a project

Методы

Для подготовки данного исследования был применен монографический анализ академической литературы по соответствующей тематике.

В ходе проведения исследования применялись методы наблюдения, сравнения, анализа и синтеза, а также эксперимента, когда происходило прямое участие авторов в работе над проектами, проводимыми организациями, основная деятельность которых построена по циклическому принципу.

Результаты

Управление человеческой составляющей ресурсов проекта (термин «трудовые ресурсы» не используется намеренно, так как речь идет о более широком круге типов ресурсов) поэтапно представлено на схеме (рисунок 2).

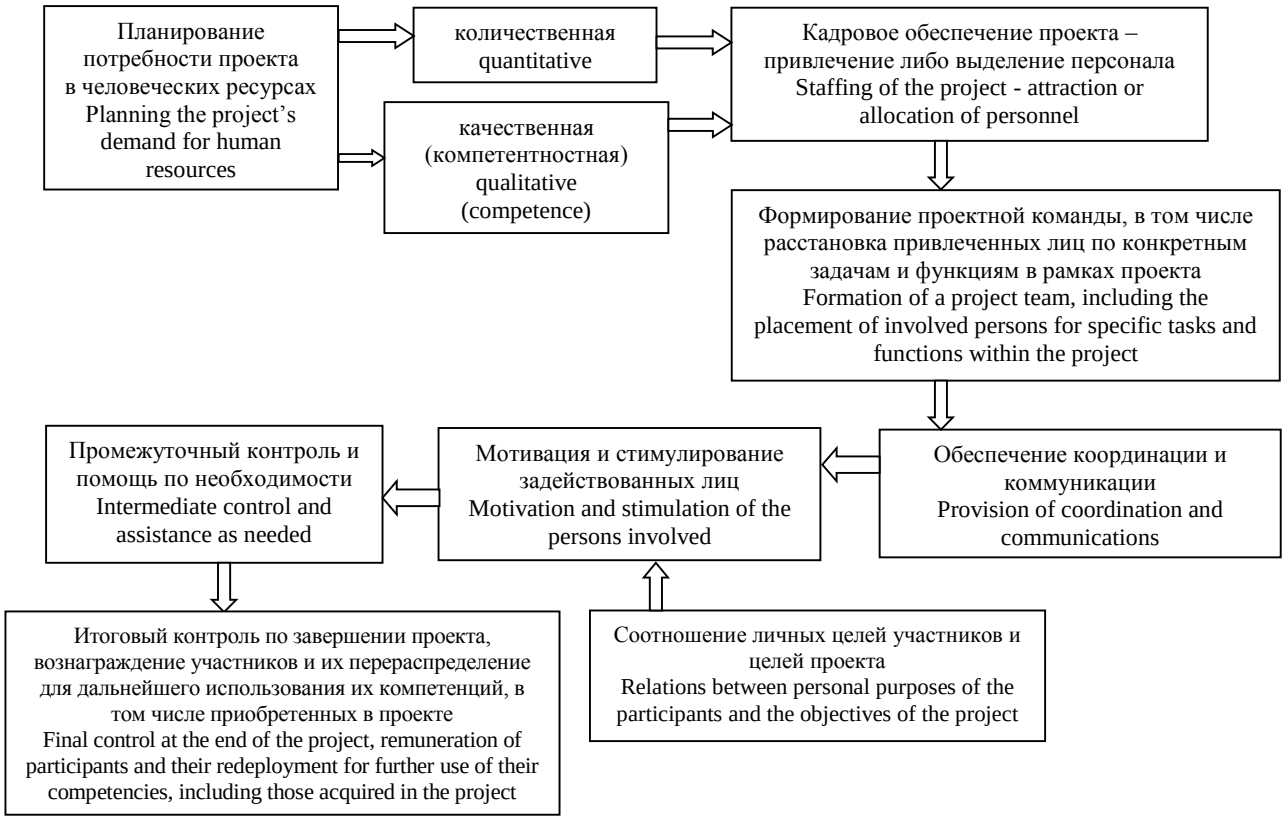


Рисунок 2. Этапы управления человеческими ресурсами проекта

Figure 2. Stages of HR-management in a project

Проблемы с кадровым обеспечением проекта чаще всего выражаются не только и не столько в прямом дефиците кадров или их квалификации. Существенно чаще встречаются и при этом труднее диагностируются и корректируются недостатки в мотивации всей или части рабочей группы проекта, в совместимости ее членов по любым характеристикам, затрудняющие коммуникации и оптимальную расстановку сил, а также в контроле и оценке достигнутых результатов [3].

Проект отличается от текущей циклической деятельности компании своей уникальностью и конечностью во времени. С точки зрения роли и места проектной деятельности в структуре общей работы все компании можно с определенными оговорками разделить на три группы:

1. Компании, чья работа практически полностью циклична и либо вовсе никогда, либо крайне редко включает деятельность, организованную как проект. Примерами могут служить небольшие торговые точки (без распродаж и акций по продвижению), небольшие перерабатывающие предприятия, например, пекарни и т. п. В их работе могут реализовываться проекты по реорганизации или техническому переоснащению, но они имеют место один раз в несколько лет, а могут и вовсе никогда не реализоваться за весь срок их существования. С точки зрения организации и координации функций в таких фирмах зачастую наблюдаются классические линейные или линейно-функциональные структуры управления.

2. Компании, практически вся работа которых организована по проектному принципу, а циклическая деятельности почти отсутствует или не относится к основному профилю. Это строительные, инжиниринговые, консалтинговые фирмы, конструкторские бюро и малые инновационные фирмы. Во многих из них единственной группой циклических действий является бухгалтерский учет. Типичная для них структура управления – проектно-целевая либо адхократическая.

3. Компании, основной вид деятельности которых построен циклически, однако различные по типу и содержанию проекты реализуются достаточно часто. Именно здесь, на наш взгляд, наиболее сложно эффективно организовать кадровое обеспечение проекта и эффективное управление кадровой составляющей проекта. Причем затруднения возникают тем более выраженные, чем чаще и разнообразнее имеют место реализуемые проекты.

Обсуждение

Среди таких затруднений в управлении кадровой составляющей ресурсного обеспечения проектов в таких случаях можно выделить ряд наиболее значимых.

Первое из них состоит в простом количественном обеспечении достаточного для реализации проекта объеме труда, то есть в формировании условий для того, чтобы n-е число работников потратило i-е количество человеко-часов на работы, связанные с данным проектом.

Именно в организациях третьего типа отсутствует возможность найма людей непосредственно под проектную деятельность, то есть с расчетом на их постоянные перемещения из одной рабочей группы в другую, так как проекты здесь, во-первых, нерегулярные с хронологической точки зрения (то есть часть времени таким сотрудникам придется платить заработную плату за вынужденный простой), а во-вторых, сильно различающиеся по своему содержательному и функциональному наполнению, и трудно набрать команду, равно подходящую для реализации каждого из них. Следовательно, в подавляющем большинстве случаев, за исключением возможности нанимать временных работников или работников на условиях договоров гражданско-правового характера, исполнителей проектов приходится искать в уже нанятом коллективе. А это, в свою очередь, чревато рядом последствий:

– среди уже занятых сотрудников может не оказаться работников на частичной занятости, поэтому деятельность в рамках проекта становится для них, по сути, сверхурочной;

– занятые сотрудники могут не иметь желания работать сверх своей основной занятости или менять род занятий, предписанный их трудовым договором, и имеют на это полное право;

– увеличенные часы работы задействованной части персонала могут негативно сказываться на результатах их труда, здоровье, психологическом состоянии и мотивации;

– снижение эффективности работы по основному роду деятельности задействованных в проекте лиц может вызывать раздражение не затронутой проектом части коллектива, а также вызывать объективные проблемы.

При задействовании в проектной рабочей группе части штатных сотрудников компании организационно решают эту проблему одним из трех способов:

1. Работа в проектной группе является дополнением к основной деятельности.

2. Занятых в проекте освобождают от части их обязанностей по основному роду деятельности.

3. Занятых в проекте временно полностью освобождают от основной работы.

Логично предположить, что самым неблагоприятным для работников является первый вариант, и скорее всего, он подойдет лишь для проектов, реализация которых не слишком затянута во времени (например, занимает от нескольких

дней до нескольких недель) и не слишком трудоемка. Ведь рабочей группе при таком варианте приходится задерживаться после работы или выходить в нерабочие дни, и далеко не все члены трудового коллектива согласятся на это даже при перспективе значительного вознаграждения [2].

С другой стороны, третий вариант предполагает, что в целом, в ходе текущей деятельности, организация остается трудоизбыточной, раз в любой момент часть сотрудников может быть переброшена на особые задания без ущерба для основной – циклической – активности.

Именно второй, промежуточный вариант во многих случаях может считаться предпочтительным, так как является щадящим и для работника, и для основной деятельности организации. Однако и он не всегда приемлем: по сути, он хорошо сочетается с ситуациями, когда основная деятельность коллектива представлена разнообразным и творческим трудом. В этом случае допустим временный отказ от части функций при сохранении остальных – например, так реализуются проекты во многих учреждениях высшего образования, когда задействованных преподавателей освобождают либо от аудиторных занятий, либо, наоборот, от научной, методической, воспитательной или профориентационной деятельности.

Другим вариантом, заодно решающим и вторую группу проблем, подробнее описываемую ниже, решает упомянутый выше временный найм или заключение договоров гражданско-правового характера, однако данный сегмент рынка труда в настоящий момент недостаточно развит, а потому успех его применения не гарантирован.

С точки зрения стимулирования труда в любом из рассмотренных вариантов проблем не возникает до тех пор, пока вознаграждение лиц, задействованных в проекте, а также лиц, подменяющих их на основной работе на время проекта, адекватен их усилиям и их представлениям о справедливости. И хотя вознаграждение может носить и нематериальный характер, в любом случае желательно оговаривать его размер и состав заранее, повышая мотивированность исполнителя на приложение усилий и успех.

Вторая группа вероятных затруднений связана с поиском и привлечением необходимого уровня качества человеческих ресурсов, то есть необходимых для реализации проекта компетенций. Наиболее очевидной проблемой представляется полное отсутствие в компании компетенций, необходимых для конкретного рассматриваемого случая. Однако такая ситуация может быть разрешена либо за счет привлечения сторонних специалистов или консультантов, либо за счет повышения квалификации собственных сотрудников, что не так сложно организовать при наличии реальной заинтересованности, как самих работников, так и руководства [5].

Но и ситуация, при которой нужные компетенции находятся, не лишена проблем, хотя и не столь явных.

Во-первых, если данные компетенции не используются в течение обычной работы организации, значит, у сотрудника они являются спящими, соответственно, либо не оплачиваемыми (тогда он не уделяет внимания их сохранению и развитию), либо оплачиваемыми без использования (тогда организация перерасходует свои средства) [4]. Оба случая негативно сказываются как на мотивации, так и на удовлетворенности трудовой жизнью.

Во-вторых, при реализации проекта получается, что именно работник, обладающий дополнительными компетенциями, и при этом имеющий и основные рабочие компетенции, оказывается наиболее загруженным. Если результатом является неадекватная оплата, это становится значительным демотиватором не только для него самого, но и для других, особенно молодых и перспективных кадров с точки зрения развития и наращивания знаний и навыков. Между тем, иногда наблюдаются случаи, когда в проект люди вовлекаются не положительными (дополнительное вознаграждение, карьерный рост и т. п.) стимулами, а отрицательными (угроза увольнения в случае несогласия). Это может подтолкнуть работника не только к сокращению усилий по сохранению и развитию любых своих компетенций, но и к сокрытию их от руководства и, возможно, более выгодному использованию на стороне. С точки зрения корпоративной культуры в этом случае складывается положение «кто везет – на том и едут», крайне негативное с мотивационной позиции.

При формировании команды для работы над проектом также могут возникать некоторые затруднения. Так, в нее могут попасть сотрудники из разных подразделений, незнакомые или мало знакомые друг с другом, что ведет к потребности не только в ожидаемой в таком случае функциональной адаптации, но и в социальной. Более того, люди, которым предстоит некоторое время работать в очень тесном контакте, могут оказаться вполне компетентными, но психологически несовместимыми. Преградами на пути координации и коммуникации между ними могут становиться и чисто технические

причины: территориальная разрозненность участников, невозможность выделения помещений для совместной работы, их оснащения и т. д. Различные подразделения, из которых привлечены в проект участники, могут обладать существенно отличающейся организационной культурой, что также создает дополнительные барьеры, особенно непонятные и неприемлемые из-за осознания всеми задействованными лицами себя как части одной организации.

Следует отдельно указать на ситуацию, когда в рамках реализации проекта одно или несколько задействованных в нем лиц вынуждены обучить остальных, причем обладающих разной степенью подготовленности к решению новых для них задач.

У обучающих в этом случае не только оказывается больше обязанностей в рамках проекта, но и возникает необходимость расширить круг обладателей тех компетенций, которые оказались востребованными, и благодаря которым можно было рассчитывать на получение дополнительных бонусов и вознаграждения. Очевидно, что побуждение для таких действий должно быть достаточно сильным, а уровень доверия, как минимум внутри рабочей группы, высоким. Помимо личного настроя обучающего, препятствием может выступать и сложившаяся организационная культура, и низкий уровень поощрения либо гарантий со стороны руководства, и недоверие к последнему.

Отрицательные явления могут возникать и на этапах контроля результатов реализации проекта, причем как промежуточных, так и заключительном.

Любой промежуточный этап контроля должен преследовать несколько целей, в числе которых выделяются две основных:

– выявление отклонений промежуточных стадий реализации проекта от плана и их коррекция;

– выявление успехов и затруднений в деятельности исполнителей, в том числе – достаточности любых ресурсов для достижения поставленных целей, причем среди ресурсов выделяются и знаниевые.

В идеале результаты промежуточного контроля должны приводить к наказанию исполнителей лишь в крайнем случае: если точно установлено, что неудовлетворительные результаты реализации проекта вызваны не просто действиями, но именно намеренными действиями конкретных лиц. Если же некорректные или недостаточно успешные действия персонала вызваны объективным недостатком времени, компетенций, утомлением из-за повышенной нагрузки, дефицитом информации или иными причинами, но сопровождаются желанием и готовностью преодолевать эти препятствия, вместо наказания должны быть использованы все способы помощи персоналу, в числе которых может быть выделение дополнительных сотрудников.

Заключительный этап контроля уже может включать награждение достойных и наказание виновных, хотя и в данном случае последнее может не входить в число наиболее приоритетных задач. Обычно вознаграждение следует в случае успешного завершения проекта, но это не всегда справедливо. Проект может потерпеть неудачу по причинам, не связанным с работой его участников. В этой ситуации перед руководством организации встает дилемма. Если задействованные лица будут вознаграждены, то это решение будет лишено экономической целесообразности, то есть оплата будет произведена за невыполненную работу, неполученный результат. Обычно такие решения не принимаются в коммерческих организациях. Если же поощрения не будет, то в следующий проект будет крайне сложно вовлечь тех же исполнителей, более того, они могут гораздо хуже выполнять и обычную, циклическую работу, так как их стремление к справедливости не получило реализации. Эту же ситуацию будет наблюдать оставшаяся незадействованной часть персонала, что еще более усугубляет дальнейшие перспективы. Поэтому можно указать на следующие потенциальные возможности корректировки ситуации:

– вознаграждение участников даже не реализованного или неуспешного проекта (экономический эффект выражается в предотвращении демотивации, ухудшения трудовой дисциплины и снижения лояльности персонала);

– сочетание оценки результатов действий конкретных участников проекта с выявлением индивидуальных причин таких результатов;

– соблюдение пропорциональности вознаграждения сумме усилий, исходных компетенций и степени успешности каждого участника;

– во избежание перерасходования средств на стимулирование труда, предпочтение следует отдавать нематериальным формам вознаграждения, причем этот аспект должен оговариваться заранее, в момент вовлечения участников в проект;

– следует избегать размытости и неконкретности при оглашении возможного вознаграждения за участие в проекте, так как в этом случае работник зачастую формирует завышенные ожидания, как минимум на случай успеха проекта, а затем испытывает разочарование.

Заключение

На каждом этапе управления кадровой составляющей ресурсного обеспечения проекта могут возникать проблемы как организационного, так и мотивационного характера. Единой инструкции по их избеганию не существует и, вероятно, не может быть разработано, так как факторов воздействия, уникальных для каждой конкретной организации и проекта, осуществляемого ей, слишком много. Однако знание основных аспектов, способных эти проблемы генерировать, позволяет руководителям организаций и проектов обращать более пристальное внимание при их планировании и проработке, что, в свою очередь, может способствовать снятию проблем или их предотвращению.

Литература

1 Каблашова И.В., Добросоцкая Ю.В. Организация мотивации персонала в системе всеобщей ответственности за обеспечение качества процессов // Экономинфо.2015. № 24. С. 36–39.

2 Когтева А.Н. Экономическая эффективность мероприятий по повышению мотивации персонала предприятия // Теория и практика организации промышленного производства. Эффективность организации и управления промышленными предприятиями: проблемы и пути решения: материалы Международной научно-практической конференции. 2017. С. 131–135.

3 Сабетова Т.В. Компетентностный подход к стимулированию роста качественных характеристик трудовой деятельности коллектива // Актуальные вопросы развития производства пищевых продуктов: технологии, качество, экология, оборудование, менеджмент и маркетинг: материалы II Всероссийской научно-практической конференции. 2018. С. 185–190.

4 Сабетова Т.В. Развитие компетенций и система вознаграждения за труд // Вестник ВГУИТ. 2016. Т.67. № 1. С. 282–287.

5 Сабетова Т.В. Формирование и стимулирование использования трудовых компетенций индивидов // Институциональные преобразования национальных экономических систем. 2016. С. 177–181.

6 Стрябкова Е.А., Герасимова Н.А., Когтева А.Н., Кулик А.М. Роль кадров в системе цифровой трансформации промышленных предприятий региона // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2019. № 6 (124). С. 22.

7 Тяпкина М.Ф., Монгуш Ю.Д., Ильина Е.А., Иляшевич Д.И. Управление проектами в АПК. Иркутск, 2018. 179 с.

8 Шлокова А.А. Управление инвестиционными проектами: на что обратить внимание в условиях кризиса // Academy. 2017. № 2 (17). С. 62–64.

9 Tsareva N.A., Vlasenko A.A., Ivanuyga O.I. The concept of labour motivation of the modern Russian scientists // The Turkish online journal of design art and communication. 2016. P. 2571-2585.

10 Borshch V., Shchur R., Chuvakov O. Motivation and stimulation mechanism of medical staff in developing countries: main challenges and ways of its improving in Ukraine // Baltic Journal of economic studies. 2018. V. 4. №. 4. P. 56-61. doi: 10.30525/2256-0742/2018-4-4-56-61

11 Voynarenko M., Dzhedzhula V., Yepifanova I. Modeling of the process of personnel motivation for innovation activity // WSEAS Transactions on Business and Economics. 2020. V. 17. P. 467-477.

12 Plenkina V.V., Osinovskaya I.V. Improving the system of labor incentives and stimulation in oil companies // Entrepreneurship and Sustainability Issues. 2018. V. 6. №. 2. P. 912.

13 Grigoryeva V.V., Gorkovenko E.V., Platonova I.V., Borshevskaya E.P. et al. Formation of concept of provision of economic security of organization: personnel aspect. 2016.

14 Markina I., Chykurkova A., Hrei Y., Pokataieva O., Semenov A. Innovative methods of enterprise personnel motivation // International Journal of Management and Business Research. 2019. V. 9. №. 4. P. 1-12.

15 Tukhtabaev J.S. The theoretical approach on increase of professional skill of workers and stimulation of their creativity // Theoretical & applied science. 2016. №. 3. P. 45-48. doi: 10.15863/TAS

16 Makushkin S.A. Company's personnel motivation // Revista espacios. 2019. V. 40. №. 40.

17 Arsenyev Y.N., Razumovskaya T.I., Razumovskaya E.A. Systems of estimation of quality of activity and motivation of personnel of business entities // Sciences of Europe. 2017. №. 16-2 (16).

18 Akeel A., Indra D. The role of transformation leadership style in motivating public sector employees in Libya // Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 2013. V. 7. №. 2. P. 2013.

19 Caurkubule Ž., Rubanovskis A. Sustainable entrepreneurship through motivation: case of Latvian companies // Entrepreneurship and Sustainability Issues. 2014. V. 2. №. 1. P. 43. doi: 10.9770/jesi.2.1(6)

20 Glaz V.N., Glaz Y.A., Rusetskaya E.A., Zhuravleva N.V. The Improvement of labor activity motivation of workers in the process of their socialization in the organization: The influence of organizational culture // Journal of History Culture and Art Research. 2017. V. 6. №. 6. P. 244-254. doi: 10.7596/taksad.v6i6.1355

References

1 Kablashova I.V., Dobrosockaya Yu.V. Organization of personnel motivation in the system of universal responsibility for ensuring the quality of processes. Econominfo. 2015. no. 24. pp. 36–39. (in Russian).

2 Kogteva A.N. Economic efficiency of measures to increase the motivation of the personnel of the enterprise. Theory and practice of organizing industrial production. The effectiveness of the organization and management of industrial enterprises: problems and solutions: materials of the International Scientific and Practical Conference. 2017. pp. 131-135. (in Russian).

3 Sabetova T.V. Competence-based approach to stimulating the growth of the qualitative characteristics of the labor activity of the collective. Actual issues of the development of food production: technology, quality, ecology, equipment, management and marketing: materials of the II All-Russian Scientific and Practical Conference. 2018. pp. 185-190. (in Russian).

4 Sabetova T.V. Development of competencies and the system of remuneration for labor. Proceedings of VSUET. 2016. vol.67. no. 1. pp. 282–287. (in Russian).

5 Sabetova T.V. Formation and stimulation of the use of labor competencies of individuals. Institutional transformations of national economic systems. 2016. pp. 177-181. (in Russian).

6 Stryabkova E.A., Gerasimova N.A., Kogteva A.N., Kulik A.M. The role of personnel in the system of digital transformation of industrial enterprises in the region. Management of economic systems: electronic scientific journal. 2019. no. 6 (124). pp. 22. (in Russian).

7 Tyapkina M.F., Mongush Yu.D., Ilyina E.A., Ilyashevich D.I. Project management in the agro-industrial complex. Irkutsk, 2018. 179 p. (in Russian).

8 Shlokova A.A. Investment project management: what to look for in a crisis. Academy. 2017. no. 2 (17). pp. 62–64. (in Russian).

9 Tsareva N.A., Vlasenko A.A., Ivanuyga O.I. The concept of labour motivation of the modern Russian scientists. The Turkish online journal of design art and communication. 2016. pp. 2571-2585.

10 Borshch V., Shchur R., Chuvakov O. Motivation and stimulation mechanism of medical staff in developing countries: main challenges and ways of its improving in Ukraine. Baltic Journal of economic studies. 2018. vol. 4. no. 4. pp. 56-61. doi: 10.30525/2256-0742/2018-4-4-56-61

11 Voynarenko M., Dzhedzhula V., Yepifanova I. Modeling of the process of personnel motivation for innovation activity. WSEAS Transactions on Business and Economics. 2020. vol. 17. pp. 467-477.

12 Plenkina V.V., Osinovskaya I.V. Improving the system of labor incentives and stimulation in oil companies. Entrepreneurship and Sustainability Issues. 2018. vol. 6. no. 2. pp. 912.

13 Grigoryeva V.V., Gorkovenko E.V., Platonova I.V., Borshevskaya E.P. et al. Formation of concept of provision of economic security of organization: personnel aspect. 2016.

14 Markina I., Chykurkova A., Hrei Y., Pokataieva O., Semenov A. Innovative methods of enterprise personnel motivation. International Journal of Management and Business Research. 2019. vol. 9. no. 4. pp. 1-12.

15 Tukhtabaev J.S. The theoretical approach on increase of professional skill of workers and stimulation of their creativity. Theoretical & applied science. 2016. no. 3. pp. 45-48. doi: 10.15863/TAS

16 Makushkin S.A. Company's personnel motivation. Revista espacios. 2019. vol. 40. no. 40.

17 Arsenyev Y.N., Razumovskaya T.I., Razumovskaya E.A. Systems of estimation of quality of activity and motivation of personnel of business entities. Sciences of Europe. 2017. no. 16-2 (16).

18 Akeel A., Indra D. The role of transformation leadership style in motivating public sector employees in Libya. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 2013. vol. 7. no. 2. pp. 2013.

19 Caurkubule Ž., Rubanovskis A. Sustainable entrepreneurship through motivation: case of Latvian companies. Entrepreneurship and Sustainability Issues. 2014. vol. 2. no. 1. pp. 43. doi: 10.9770/jesi.2.1(6)

20 Glaz V.N., Glaz Y.A., Rusetskaya E.A., Zhuravleva N.V. The Improvement of labor activity motivation of workers in the process of their socialization in the organization: The influence of organizational culture. Journal of History Culture and Art Research. 2017. vol. 6. no. 6. pp. 244-254. doi: 10.7596/taksad.v6i6.1355

Сведения об авторах

Виктория С. Артемьева старший преподаватель, кафедра гуманитарных наук, гражданского и уголовного права, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, viktoriyanna67@mail.ru

Евгения П. Рябова к.э.н., доцент, кафедра информационного обеспечения и моделирования агроэкономических систем, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул.Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, vestimaya@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-5731-7242

Татьяна В. Сабетова к.э.н., доцент, кафедра управления и маркетинга в АПК, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул.Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, tsabetova@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-4414-284X

Вклад авторов

Виктория С. Артемьева консультация в ходе исследования
Евгения П. Рябова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, выполнила расчёты
Татьяна В. Сабетова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Viktoria S. Artemieva senior lecturer, humanities, civil and criminal law department, Voronezh State Agrarian University after the emperor Peter the Great, Michurina str., 1 Voronezh, 394087, Russia, viktoriyanna67@mail.ru

Evgenia P. Ryabova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, information support and modelling of agro-economic systems department, Voronezh State Agrarian University after the emperor Peter the Great, Michurina str., 1 Voronezh, 394087, Russia, vestimaya@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-5731-7242

Tatiana V. Sabetova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, management and marketing in agro-industrial complex department, Voronezh State Agrarian University after the emperor Peter the Great, Michurina str., 1 Voronezh, 394087, Russia, tsabetova@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-4414-284X

Contribution

Viktoria S. Artemieva consultation during the study
Evgenia P. Ryabova review of the literature on an investigated problem, performed computations
Tatiana V. Sabetova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 28/04/2021	**После редакции** 19/05/2021	**Принята в печать** 02/06/2021

Received 28/04/2021	**Accepted in revised** 19/05/2021	**Accepted** 02/06/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-272-276 Оригинальная статья/Research article
УДК 360 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Проблемы интеграции Российской Федерации в систему международных стандартов аудиторской деятельности

Михаил А. Хицков [1] mhitskov@mail.ru 0000-0002-9508-3157

1 Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Ленинградский пр-т., 49 г. Москва, 125167, Россия

Аннотация. Интеграция России в международную правовую экономику крайне затруднена. Основной причиной тому является куда более поздний переход Российской Федерации на рыночную экономическую систему. Российская Федерация в большей степени ориентирована на внутреннее законодательство и хоть международные источники регулирования и признаются на её территории, но не имеют такого авторитета, как в правовых системах государств западного мира. Поэтому важной частью интеграции России в международную экономику является синхронизация финансового регулирования в национальных системах. Статья посвящена одному из ключевых моментов интеграции России в международную экономику: имплементации международных норм регулирования бухгалтерской отчётности и правил проведения аудита. В свою очередь, международные стандарты регулирования аудиторской деятельности своей основной целью предполагают создание единого правового регулирования бухгалтерской отчётности. Актуальность темы работы обусловлена с одной стороны, важностью международных рынков и привлекательности России для иностранных инвесторов, а с другой, множеством проблем, которые возникают при попытке имплементировать нормы международного права в национальное правовое поле. Статья рассматривает непосредственные трудности и проблемы, а так же правовые коллизии, которые возникали в процессе имплементации норм международного финансового права в РФ. Основой исследования стали причинно-следственные связи, которые становятся основой возникновения упомянутых выше проблем. В статье содержится разбор языковых, правовых, моральных и этических противоречий, которые сопутствуют процессу имплементации норм международного финансового права в национальную правовую систему Российской Федерации. Разбор предполагает рассмотрение проблем в соответствии с моментами их появления. Далее в статье рассмотрены пути решения упомянутых проблем, возможности преодоления правовых коллизий, способы преодоления социальных и этических противоречий. Помимо анализа правовой сути процесса имплементации норм международной финансовой отчетности, статья рассматривает положение современного рынка аудиторских услуг и влияние практики производства аудита на систему регулирования исследуемых правовых отношений.

Ключевые слова: международные стандарты, аудиторская деятельность, аудит, финансовое право, международное право

Problems of integration of the Russian Federation into the system of international standards of auditing

Mikhail A. Khitskov [1] mhitskov@mail.ru 0000-0002-9508-3157

1 Financial University under the Government of the Russian Federation, Leningradsky prospect, 49. Moscow, 125167, Russia

Abstract. Russia's integration into the international legal economy is extremely difficult. The main reason for this is the much later transition of the Russian Federation to a market-based economic system. The Russian Federation is more focused on domestic legislation, and although international sources of regulation are recognized on its territory, they do not have the same authority as in the legal systems of the Western world. Therefore, an important part of Russia's integration into the international economy is the synchronization of financial regulation in national systems. The article is devoted to one of the key points of Russia's integration into the international economy: the implementation of international accounting regulations and audit rules. In turn, the international standards for the regulation of auditing activities, their main goal is to create a single legal regulation of accounting statements. The relevance of the topic is determined on the one hand, by the importance of international markets and the attractiveness of Russia for foreign investors, and on the other, by the many problems that arise when trying to implement the norms of international law in the national legal field. The article examines the immediate difficulties and problems, as well as legal conflicts that arose in the process of implementing the norms of international financial law in the Russian Federation. The basis of the study was the cause-and-effect relationships, which become the basis for the occurrence of the above-mentioned problems. The article analyzes the linguistic, legal, moral and ethical contradictions that accompany the process of implementing the norms of international financial law in the national legal system of the Russian Federation. The analysis involves the consideration of problems in accordance with the moments of their occurrence. Further in the article the ways of solving the mentioned problems, the possibilities of overcoming legal conflicts, the ways of overcoming social and ethical contradictions are considered. In addition to the analysis of the legal essence of the process of implementation of international financial reporting standards, the article examines the situation of the modern market of audit services and the impact of audit practices on the system of regulation of the legal relations under study.

Keywords: international standards, auditing, audit, financial law, international law

Введение

Аудиторская деятельность в Российской Федерации даже на сегодняшний день имеет достаточно проблем.

Не смотря на относительно давний срок интеграции Российской Федерации в систему мировой рыночной экономики, аудиторская деятельность в России недостаточно конкурентоспособна относительно тех участников рынка, которые используют аудит как инструмент обслуживания финансовой составляющей экономики со второй половины 20го века.

Для цитирования
Хицков М.А. Проблемы интеграции Российской Федерации в систему международных стандартов аудиторской деятельности // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 272–276. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-272-276

For citation
Khitskov M.A. Problems of integration of the Russian Federation into the system of international standards of auditing. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 272–276. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-272-276

© 2021, Хицков М.А / Khitskov M.A.

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Так, например, крупнейшими аудиторскими организациями в России до сих пор остаются известные иностранные корпорации. [8]

С таким явлением как международные стандарты аудита, [2]

(Далее МСА) Российская Федерация столкнулась в 2000 г. при проведении стандартизации правовой системы бухгалтерского учёта.

Методы

В 2000 Россия была не достаточно готова к принятию МСА как основного источника регулирования финансового права. Так же множество проблем возникли при попытке сделать перевод стандартов МСА на русский язык.

Основная проблема при переводе нормативно-правовых актов МСА, это форма, в которой записаны документы. [15]

МСА, прежде всего, являются рекомендательной информацией. Текс документов написан не в чётком формально-юридическом стиле, а скорее близок по своей форме к повествованию [4].

Как известно, система Российского права предполагает исключительно формально-юридический подход к лингвистическому стилю написания нормативно-правовых актов.

Сейчас данная проблема решена и при введении актов МСА в правовую систему РФ, министерство Финансов России получает от Международной Ассоциации Бухгалтеров [3] официальный перевод документов на русский язык.

В 2000 году практика сотрудничества Российской Федерации и Международной Ассоциацией Бухгалтеров была лишь на стадии зарождения.

Опыта адаптации норм МСА к системе российского нормативно-правового регулирования не было, соответственно отсутствовали и профессиональные эксперты, достаточно квалифицированные для того, чтобы переводить официальную информацию на новый для МСА, Российский правовой сектор. [9]

Таким образом, написанные в повествовательном стиле нормативно-правовые акты не были приспособлены для внедрения в строгую формальную юридическую систему РФ. [4]

Автору данной работы представляется не правильным говорить о внедрении Международных Стандартов Аудита в систему права РФ, не упомянув о предпосылках и реальных причинах и необходимости принятия МСА Российской Федерацией.

Одной из главной причин необходимости принятия МСА в России – это инвестиционная деятельность.

Инвестиции являются неотъемлемой частью международного экономического порядка в условиях современной рыночной экономии. [16]

Тем более, представители предпринимательства в Российской Федерации крайне заинтересованы лично в возможности принимать инвестиции на свои предприятия от представителей иностранного бизнеса, а также самим участвовать в глобальном инвестиционном рынке.

В 21 веке МСА уже повсеместно считаются общепризнанными источниками правового регулирования финансового права [1].

Таким образом, преобладающее большинство иностранных инвесторов привыкли работать с правилами ведения финансовой отчётности в соответствии с МСА. [10]

Вложение инвестиций в принципиально отличающуюся от принятых стандартов национальную правовую систему представляет тяжёлый риск для иностранного инвестора.

Мало того, что предстоит провозить деятельность в новой неизвестной территории, так дополнительная сложность возникает при необходимости полной адаптации под местную, возможно невыгодную систему правового регулирования. [11]

Для более детального анализа данной ситуации, требуется рассмотреть, как именно воспринимаются стандарты МСА для представителей финансового международного рынка. [12]

Дело в том, что в российской финансовой практике, слово аудит обозначает лишь процесс проверки финансовой отчётности на соответствие существующим нормам финансового права, а также на отсутствие противоречащей закону деятельности.

В международной практике понятие аудита имеет гораздо более широкое значение и применение [7].

Для правовых систем Европы, США и Китая, которые являются наиболее значимыми экономическими партнёрами Российской Федерации, стандарты аудита имеют следующее обозначение:

Под нормативно правовое регулирование международных стандартов аудита попадает без исключения вся финансовая и бухгалтерская отчётность, правила ведения бухгалтерских счетов, правила, а также проверки отчётности бухгалтерии на соответствие порядку нормативно-правового регулирования [2].

Таким образом, при использовании норм МСА, иностранный инвестор моет быть уверен в правильности поступления финансовой информации о ведении его предприятия на территории другого государства.

Так же немаловажным фактором будет то, что не придётся искать профессиональных специалистов ориентированных на работу в иных правовых реалиях, а использовать собственных проверенных экспертов. [19]

Дополнительным фактором становится невозможность получения кредита для предприятия, если его финансовая отчётность не подтверждена профессиональным аудитором. [20]

Результаты и обсуждение

Автор данной работы считает, что причиной необходимости принятия международных правовых актов регулирования финансовой отчётности, стали не неоднозначные стремления и желания сблизиться с западным миром после распада Советского Союза, а вполне конкретный экономический обоюдный интерес субъектов внешнеэкономических отношений.

Далее исследование предполагает анализ проблем, которые непременно сопутствовали и до сих пор существуют при принятии стандартов МСА в Российской Федерации. [13]

Следует упомянуть, что теперь уровень интеграции российской экономики в международную рыночную систему гораздо выше, чем в начале 2000, и вырос даже относительно показателей уровня 2015 года, однако Российская Федерация не является полноценно интегрированным в международную экономику государством.

В первую очередь причиной этому являются современные политические противоречия между Российской Федерацией и западными партнёрами.

Свою роль в осложнении экономически отношений так же сыграли санкции, введённые Европой и США против России. [14]

Тем не менее, с каждым годом в России признаются и принимаются всё большее количество источников МСА.

Но даже сегодня есть существенная разница между нормативно-правовым регулированием в финансовой отчётности в Российской Федерации и нормами, которые издаются Международной Ассоциацией Бухгалтеров. [17]

Так же, есть и принципиальные противоречия, которые не позволяют принимать МСА в Российской Федерацией в полном объёме.

Главным из них является недовольство в сфере предпринимательства. Дело в том, что при признании актов МСА, в соответствии с ними будут проводиться и все проверки бухгалтерской отчётности [5].

Российские аудиторы обеспокоены возможностью утечки конфиденциальной информации своих клиентов.

Аналитика данной проблемы представляется следующим образом:

В соответствии с международными стандартами аудита, результаты проведения аудиторских проверок находятся в открытом для органов правопорядка доступе.

Для многих субъектов рынка аудиторских услуг, аудит является гражданско-правовым отношением между профессиональным аудитором и его клиентом.

Таким образом, никто не застрахован от ситуации, при которой клиент, желающий устранить проблемы в финансовой отчётности, не успевает устранить несовершенства в собственной бухгалтерской системе. Но определённые нарушения уже зафиксированы в отчёте проведения аудиторской проверки и доступ к данным документам есть у правоохранительных налоговых органов и клиент аудитора будет вынужден нести ответственность [6].

Данная ситуация противоречит принципам гражданского права РФ, регулирующих положения коммерческой тайны между клиентом и исполнителем, а также существенно снижает желание субъектов, участвующих в экономических отношениях в России использовать услуги аудиторских предприятий.

Данная проблема представляется основным противоречием на сегодняшний день и существенно снижает скорость интеграции Российских Стандартов Бухгалтерской Отчётности и источников Международных Стандартов Аудиторской Деятельности. [18]

Заключение

На данный момент, способ сглаживания данной проблемы состоит в порядке создание норм Российского Финансового права, имеющих аналогичное действие с международными стандартами, которые, однако, не могут быть приняты в РФ.

Литература

1 Об аудиторской деятельности: Федеральный закон № 307-ФЗ от 30.12.2008.

2 Стандарты МСФО (IFRS) URL: http://www.msfofm.ru/ifrs

3 International Association of Book-keepers, IAB. URL: www.iab.org.uk

4 Жарылгасова Б.Т. Российские и международные стандарты аудиторской деятельности. М.: КноРус, 2017. 400 с.

5 Лосева Н. Методология внутрифирменных стандартов аудиторской деятельности. М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2017. 540 с.

6 Суворова С.П., Парушина Н.В., Галкина Е.В. Международные стандарты аудита. М.: Инфра-М, Форум, 2017. 320 с.

7 Шешукова Т.Г., Городилов М.А. Аудит. Теория и практика применения международных стандартов. М.: Финансы и статистика, 2017. 184 с.

8 Рушева И.А., Синянская Е.Р. Анализ факторов, влияющих на рынок аудиторских услуг в Российской Федерации // Финансовая экономика: актуальные вопросы развития: сборник трудов Международно студенческой научной конференции. Хабаровск: РИЦ ХГУЭП, 2018. С. 221–224.

9 Рушева И.А., Синянская Е.Р. Проблемы и перспективы внедрения Международных Стандартов Аудита для региональных организаций // Весенние дни науки ВШЭМ: сборник докладов Международной конференции студентов, аспирантов, молодых ученых. Екатеринбург: Издательство УМЦ, УПИ, 2018. С. 89–93.

10 Ситнов А.А. Международные стандарты аудита. М.: Юнити, 2018. 704 с.

11 Суворова С.П., Парушина Н.В., Галкина Е.В. Международные стандарты аудита. М.: Инфра-М, Форум, 2017. 320 с.

12 Невешкина Е.В. Стандарты по аудиторской деятельности: сборник нормативных актов. М.: Омега-Л, 2016. 458 с.

13 Массарыгина В.Ф. О переходе к прямому применению Международных Стандартов Аудита в отечественной практике // Аудиторские ведомости. 2015. № 1. С. 5–13.

14 Мездриков Ю.В. Основные направления развития аудиторской деятельности в России // Наука и общество. 2015. № 2 (21). С. 82–88.

15 Мельник М.В., Соколов В.Я. Будущее аудита: Встреча со специалистами Совета по международным стандартам аудита и подтверждения достоверности информации (IAASB) // Аудиторские ведомости. 2015. № 11. С. 62–75.

16 Hayek C.C. The state of the literature on audit committee compensation and its implications for practice and research // Current Issues in Auditing. 2018. V. 12. №. 2. P. A1-A11. doi: 10.2308/ciia-52177

17 Porter C.M. Employee Benefit Plan Audits: The Current State and Future Direction // Current Issues in Auditing. 2018. V. 12. №. 1. P. A1-A6. doi: 10.2308/ciia-52088

18 Hoag M.L., Saucedo G.D. Disclosure and audit implications of nonfinancial measures: A teaching case // Current Issues in Auditing Teaching Notes. 2018. V. 12. №. 1. P. TN1-TN14. doi: 10.5555/ciia-52147tn

19 Gramling A., Schneider A. Effects of reporting relationship and type of internal control deficiency on internal auditors' internal control evaluations // Managerial Auditing Journal. 2018. doi: 10.1108/MAJ-07-2017-1606

20 Oussii A.A., Taktak N.B. The impact of internal audit function characteristics on internal control quality // Managerial Auditing Journal. 2018. V. 33. № 5. P. 450-469. doi: 10.1108/MAJ-06-2017-1579

References

1 On auditing: Federal Law No. 307 FZ dated 30.12.2008. (in Russian).

2 IFRS standards. Available at: http://www.msfofm.ru/ifrs (in Russian).

3 International Association of Book-keepers, IAB. Available at: www.iab.org.uk

4 Zharylgasova B.T. Russian and international standards of auditing. Moscow, KnoRus, 2017. 400 p. (in Russian).

5 Loseva N. Methodology of internal standards of auditing activity. Moscow, LAP Lambert Academic Publishing, 2017. 540 p. (in Russian).

6 Suvorova S.P., Parushina N.V., Galkina E.V. International Standards on Auditing. Moscow, Infra M, Forum, 2017. 320 p. (in Russian).

7 Sheshukova T.G., Gorodilov M.A. Audit. Theory and practice of applying international standards. Moscow, Finance and Statistics, 2017. 184 p. (in Russian).

8 Rusheva I.A., Sinyanskaya E.R. Analysis of Factors Affecting the Audit Services Market in the Russian Federation. Financial Economics: Topical Issues of Development: Proceedings of the International Student Scientific Conference. Khabarovsk, RITs KSUEP, 2018, pp. 221–224. (in Russian).

9 Rusheva I.A., Sinyanskaya E.R. Problems and Prospects of Implementation of International Auditing Standards for Regional Organizations. Spring Days of Science at the Higher School of Economics: a collection of reports of the International Conference of Students, Postgraduates, Young Scientists. Yekaterinburg, UMC Publishing House, UPI, 2018. pp. 89–93. (in Russian).

10 Sitnov A.A. International Standards on Auditing. Moscow, Unity, 2018. 704 p. (in Russian).

11 Suvorova S.P., Parushina N.V., Galkina E.V. International Standards on Auditing. Moscow, Infra-M, Forum, 2017. 320 p. (in Russian).

12 Neveshkina E.V. Auditing Standards: Collection of Normative Acts. Moscow, Omega-L, 2016. 458 p. (in Russian).

13 Massarygina V.F. On the transition to the direct application of International Standards of Auditing in domestic practice. Audit statements. 2015. no. 1. pp. 5–13. (in Russian).

14 Mezdrikov Yu.V. The main directions of development of audit activity in Russia. Science and society. 2015. no. 2 (21). pp. 82–88. (in Russian).

15 Melnik M.V., Sokolov V.Ya. The future of auditing: Meeting with experts from the International Auditing and Assurance Standards Board (IAASB). Audit Sheets. 2015. no. 11. pp. 62–75. (in Russian).

16 Hayek C.C. The state of the literature on audit committee compensation and its implications for practice and research. Current Issues in Auditing. 2018. vol. 12. no. 2. pp. A1-A11. doi: 10.2308/ciia-52177

17 Porter C.M. Employee Benefit Plan Audits: The Current State and Future Direction. Current Issues in Auditing. 2018. vol. 12. no. 1. pp. A1-A6. doi: 10.2308/ciia-52088

18 Hoag M.L., Saucedo G.D. Disclosure and audit implications of nonfinancial measures: A teaching case. Current Issues in Auditing Teaching Notes. 2018. vol. 12. no. 1. pp. TN1-TN14. doi: 10.5555/ciia-52147tn

19 Gramling A., Schneider A. Effects of reporting relationship and type of internal control deficiency on internal auditors' internal control evaluations. Managerial Auditing Journal. 2018. doi: 10.1108/MAJ-07-2017-1606

20 Oussii A.A., Taktak N.B. The impact of internal audit function characteristics on internal control quality. Managerial Auditing Journal. 2018. vol. 33. no. 5. pp. 450-469. doi: 10.1108/MAJ-06-2017-1579

Сведения об авторах

Михаил А. Хицков студент, юридический факультет, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Ленинградский пр-т., 49 г. Москва, 125167, Россия, mhitskov@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-9508-3157

Information about authors

Mikhail A. Khitskov student, law faculty, Financial University under the Government of the Russian Federation, Leningradsky prospect, 49. Moscow, 125167, Russia, mhitskov@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-9508-3157

Вклад авторов

Михаил А. Хицков написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Contribution

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

Конфликт интересов

Автор заявлят об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Поступила 23/04/2021	**После редакции** 14/05/2021	**Принята в печать** 03/06/2021
Received 23/04/2021	**Accepted in revised** 14/05/2021	**Accepted** 03/06/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-277-284 Оригинальная статья/Research article
УДК 338.43.02 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Развитие механизмов государственно-частного партнерства в зернопродуктовом подкомплексе

Тлектес И. Есполов [1] rector@kaznau.kz 0000-0001-8385-8229
Канат М. Тиреуов [1] ktireuov@mail.ru 0000-0003-3904-3553
Ирина П. Богомолова [2] uopioe@ya.ru 0000-0001-5883-1294
Салима К. Мизанбекова [1] salima-49@mail.ru 0000-0002-7602-9710

1 Казахский национальный аграрный исследовательский университет, пр т Абая 8, г Алматы, 050010, Казахстан
2 Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. В условиях активного вхождения Казахстана в мировую экономику, нарастания дефицита и снижения качества сырьевых ресурсов и связанного с этим роста цен на зерно и хлебопродукты особое значение приобретает зернопродуктовый подкомплекс отечественного АПК. В статье отмечено, что развитие производства в различных отраслях и сферах экономики Казахстана требует поиска и использования новых, более эффективных форм осуществления производственно – хозяйственной деятельности. Одним из ключевых методов решения данной проблемы является интеграция товаропроизводителей, позволяющая объединить в едином комплексе все звенья воспроизводственного цикла в технологической цепочке «производство сырьевых ресурсов – выпуск готовой продукции». Подчеркнуто, что отечественный и зарубежный опыт доказал, что высокого уровня эффективности и конкурентоспособности достигают интегрированные образования, сформированные на основе принципов государственно-частного партнерства. Для успешной реализации проектов государственно-частного партнерства в зернопродуктовом подкомплексе требуются углубленное изучение, обобщение и систематизация опыта использования данного механизма как национальными, так и зарубежными компаниями, добившимися высоких результатов в данной области. В настоящее время государственно-частное партнерство продолжает оставаться на начальной стадии развития, что во многом связано со специфическими высоко рисковыми особенностями функционирования отраслей зернопродуктового подкомплекса. Данные обстоятельства подчеркивают значимость детального анализа методов и инструментов механизмов повышения конкурентоспособности предприятий и организаций отечественного зернопродуктового подкомплекса, прежде всего, целевого инвестирования развития производства.

Ключевые слова: зернопродуктовый подкомплекс, государственно-частное партнерство, отрасли, механизм, развитие, формы, структуры, проекты, сотрудничество, регулирование, средства, приоритеты

Development of public-private partnership mechanisms in the grain product sub-complex

Tlektes I. Espolov [1] rector@kaznau.kz 0000-0001-8385-8229
Kanat M. Tireuov [1] ktireuov@mail.ru 0000-0003-3904-3553
Irina P. Bogomolova [2] uopioe@ya.ru 0000-0001-5883-1294
Salima K. Mizanbekova [1] salima-49@mail.ru 0000-0002-7602-9710

1 Kazakh National Agrarian Research University; Abay Ave., 8, Almaty, Kazakhstan
2 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. In the context of the active entry of Kazakhstan into the world economy, the growing shortage and decline in the quality of raw materials and the related rise in prices for grain and bakery products, the grain-product subcomplex of the domestic agro-industrial complex is of particular importance. The article notes that the development of production in various sectors and spheres of the economy of Kazakhstan requires the search and use of new, more efficient forms of implementation of production and economic activities. One of the key methods of solving this problem is the integration of commodity producers, which makes it possible to unite in a single complex all the links of the reproduction cycle in the technological chain “production of raw materials - output of finished products”. It is emphasized that domestic and foreign experience has proved that integrated education, formed on the basis of the principles of public-private partnership, achieves a high level of efficiency and competitiveness. For the successful implementation of public-private partnership projects in the grain product sub-complex, an in-depth study, generalization and systematization of the experience of using this mechanism by both national and foreign companies that have achieved high results in this area is required. Currently, public-private partnership continues to remain at the initial stage of development, which is largely due to the specific high-risk features of the functioning of the branches of the grain product sub-complex. These circumstances emphasize the importance of a detailed analysis of methods and tools for increasing the competitiveness of enterprises and organizations of the domestic grain products subcomplex, first of all, targeted investment in the development of production.

Keywords: grain products subcomplex, public-private partnership, industries, mechanism, development, forms, structures, projects, cooperation, regulation, funds, priorities

Для цитирования
Есполов Т.И., Тиреуов К.М., Богомолова И.П., Мизанбекова С.К. Развитие механизмов государственно-частного партнерства в зернопродуктовом подкомплексе // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 277–284. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-277-284

For citation
Espolov T.I., Tireuov K.M., Bogomolova I.P., Mizanbekova S.K. Development of public-private partnership mechanisms in the grain product sub-complex. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 277–284. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-277-284

© 2021, Есполов Т.И. и др. / Espolov T.I. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Переход на траекторию устойчивого развития различных отраслей и сфер экономики Казахстана требует поиска и использования новых, более эффективных форм осуществления производственно-хозяйственной деятельности. Учитывая сложность социально-экономических условий на текущий период, одним из наиболее востребованных секторов национальной экономики становится сельское хозяйство, включая зернопродуктовый подкомплекс АПК. В этой связи приоритетным направлением национальной политики является установка не только не допущения спада в разных отраслях аграрного сектора, но и обеспечения наращивания объемов выпуска продукции как для полного обеспечения потребностей внутри страны, так и для увеличения экспорта. Такой подход требует объединения усилий всех субъектов АПК, координации деятельности и целевой направленности на достижение высокого конечного результата.

Кардинальные изменения в мировом экономическом пространстве, обусловленные сложившимися обстоятельствами, вызывают необходимость пересмотра методов и механизмов управления экономикой любой страны, включая Республику Казахстан. В таких условиях главной целью становится обеспечение национальной продовольственной безопасности. Для этого необходимо в едином комплексе мер сосредоточить усилия, как государства, так и предприятий частного бизнеса, чтобы обеспечить поступательное и устойчивое наращивание потенциала зернопродуктового подкомплекса АПК Казахстана.

Пути и методы решения проблемы по совершенствованию механизма государственно-частного партнерства в зернопродуктовом подкомплексе Казахстана направлены на достижение равноправных партнерских отношений государственных органов власти и бизнеса, что позволит ориентироваться на социальные интересы общества, более эффективно использовать ресурсы, правомерно распределять риски и ответственность.

Методы

Для успешной реализации проектов государственно-частного партнерства в зернопродуктовом подкомплексе требуется углубленное изучение, обобщение и систематизация опыта использования данного механизма как национальными, так и зарубежными компаниями, добившимися высоких результатов в данной области. В настоящее время государственно-частное партнерство продолжает оставаться на начальной стадии развития, что во многом связано со специфическими высоко рисковыми особенностями функционирования отраслей зернопродуктового подкомплекса.

Данные обстоятельства подчеркивают значимость детального анализа методов и инструментов механизмов повышения конкурентоспособности предприятий и организаций отечественного зернопродуктового подкомплекса, прежде всего, целевого инвестирования производства.

Результаты и обсуждение

Для выработки направлений и рекомендаций по эффективному взаимодействию частного бизнеса и государства в современных сложных условиях экономики, межрегиональных и межстрановых отношений необходим новый методический подход, обеспечивающий вывод на более качественно высокий уровень механизма взаимодействия власти и бизнеса. Это касается форм организации взаимовыгодного средне- и долгосрочного сотрудничества государства и бизнеса, направленного на решение общественно значимых задач, включая обеспечение продовольственной безопасности.

Зернопродуктовый подкомплекс играет важную роль в обеспечении продовольственной безопасности и социальной стабильности страны, являясь ведущей частью агропромышленного комплекса по достигнутым производственно-техническим показателям, обороту финансовых средств, численности занятых работников. Устойчивое развитие сельскохозяйственных и зерноперерабатывающих предприятий обусловлено высокой значимостью хлебопродуктов для населения Казахстана, которые традиционно занимают значительную долю в рационе питания, обеспечивая качественный и достойный уровень жизни граждан. Однако рыночные преобразования экономики, сопровождаемые кризисными явлениями, вызвали резкий спад во многих отраслях, в том числе и в производстве продукции сельского хозяйства и смежных отраслей зерноперерабатывающей промышленности. Данные обстоятельства негативно отразились на паритетных взаимоотношениях предприятий АПК, привели к увеличению потерь зерна при одновременном снижении качества хлебопродуктов.

Присоединение к ВТО создало для национальной экономики Казахстана, с одной стороны, возможности более полного взаимодействия с мировым хозяйством, а, с другой стороны, привело к введению ряда ограничений, вызвавших острую необходимость защиты отечественного производства и создания конкурентных условий предприятиям зернопродуктового комплекса.

Исходя из масштабов, а также отлаженных экономических, финансовых, организационных и социальных отношений, зерновой рынок может служить в качестве модели устойчивого и конкурентного развития и для других рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. Система территориального размещения производства зерна в стране, сложившаяся в дореформенный период, основывалась на следующих принципах: максимальное использование агроклиматических ресурсов; концентрация товарного производства в зонах, обеспечивающих максимальную экономическую эффективность; использование территорий, минимально подвергаемых риску стихийных бедствий, вызывающих гибель посевов и снижение урожайности зерновых культур.

Развитие производства в различных отраслях и сферах экономики Казахстана требует поиска и использования новых, более эффективных форм осуществления производственно – хозяйственной деятельности. Одним из методов решения данной проблемы является интеграция товаропроизводителей, позволяющая объединить в едином комплексе все звенья воспроизводственного цикла в технологической цепочке «производство сырьевых ресурсов – выпуск готовой продукции».

Изучение отечественного и зарубежного опыта показывает, что высокого уровня эффективности и конкурентоспособности достигают интегрированные образования, сформированные на основе именно принципов государственно-частного партнерства.

Несмотря на достаточно распространенную сеть таких объединений, в том числе во многих регионах Республики Казахстан, по-прежнему не решен ряд методических вопросов в отношении отличающихся широким разнообразием организационно-правовых форм, состава участников, видов деятельности, форм собственности.

Практический опыт свидетельствует, что, несмотря на активизацию интеграционных процессов в условиях государственно-частного партнерства, имеют место неэффективность функционирования, а также распад ряда такого рода формирований. Это во многом обусловлено тем, что в новых условиях хозяйствования традиционно функционирующий механизм государственно-частного партнерства в зернопродуктовом подкомплексе Казахстана не позволяет обеспечить системное осуществление крупно масштабных инновационных процессов, ограничивая их незначительными (локальными изменениями).

Для успешной реализации проектов государственно-частного партнерства в зернопродуктовом подкомплексе требуется углубленное изучение, обобщение и систематизация опыта использования названного механизма как национальными, так и зарубежными компаниями, которые добились высоких результатов в данной области. В настоящее время государственно-частное партнерство продолжает оставаться на начальной стадии развития, что во многом связано со специфическими высоко рисковыми особенностями функционирования отраслей зернопродуктового подкомплекса.

Данные обстоятельства подчеркивают значимость детального анализа эффективных методов и инструментов применяемых механизмов повышения конкурентоспособности предприятий и организаций отечественного зернопродуктового подкомплекса, прежде всего, в аспекте целевого инвестирования производства.

Для укрепления партнерских отношений на региональном, национальном и международном уровнях необходим отличный от существовавших ранее механизм партнерских взаимоотношений субъектов агропромышленного производства, позволяющий объединить в едином комплексе весь воспроизводственный цикл – начиная с производства сырьевых ресурсов и заканчивая выпуском продукции, предназначенной для конечного потребления [4]. Интегрированные формирования, функционирующие в условиях государственно-частного партнерства, получающие все большее распространение во многих регионах Республики Казахстан, характеризуются большим разнообразием организационно-правовых форм, состава участников, видов деятельности, форм собственности. Изучение практического опыта в данной области показало, что, несмотря на активизацию интеграционных процессов в условиях государственно-частного партнерства, многие объединения функционируют неэффективно, что приводит к распаду значительной части таких образований.

Несмотря на то, что в мировой практике механизм государственно-частного партнерства применяется уже давно и доказал свою эффективность, а вопросы развития государственно-частного партнерства являются предметом исследования разных наук и научных школ, в настоящее время еще не выработаны единые правила по эффективному функционированию такого рода образований [3, 9, 11].

В мировой практике механизм государственно-частного партнерства применяется уже давно и доказал свою практическую эффективность. Однако уровень применения и

развития механизма государственно – частного партнерства в зарубежных странах неодинаков. Китай, Латвия, Чехия, Словакия, Венгрия находятся в самой начальной стадии развития ГЧП. Стандарты и законодательная база ГЧП в этих странах проходят только стадию разработки, количество реализуемых ГЧП проектов невелико, сферы применения данного механизма ограничены.

В США, Франции, Японии, Германии государственно – частное партнерство развито на среднем уровне. Высокий уровень развития ГЧП отмечен в Великобритании, Австралии, Ирландии. В каждом государстве существуют отрасли, приоритетные для применения ГЧП.

Для Казахстана в настоящее время особенно важно развивать данный механизм взаимодействия государства и бизнеса в отраслях зернопродуктового подкомплекса.

Это позволит успешно решить проблему импортозамещения и обеспечить продовольственную безопасность страны. Наиболее распространенными в мире формами ГЧП в сельском хозяйстве являются: концессия, инвестиционное соглашение, агролизинг, контракты жизненного цикла, соглашение о создании консорциума. Исследование международного опыта позволило выделить следующие условия развития и успешной реализации государственно – частного партнерства:

1. Обозначить и реализовать небольшое число эффективных ГЧП проектов, выполнение которых будет рациональным с экономической точки зрения. Это позволит накопить опыт в данной сфере и в дальнейшем реализовывать более сложные проекты.

2. Создать органы управления, координирующие реализацию ГЧП в масштабах страны в целом. Во многих зарубежных странах функционируют такие структуры. В их функции входит методическая помощь реализации проектов, экспертиза проектов, информационное, консультационное сопровождение проектов. Это позволяет существенно сократить трансакционные издержки, которые составляют более 10% от стоимости ГЧП-проекта.

В ряде стран государственно – частное партнерство регулирует Министерство финансов (Канада, Великобритания), в некоторых (Германия, Чехия, Республика Корея, Португалия) созданы специальные государственно-частные компании для регулирования и развития механизма ГЧП. Отсюда необходимо разработать базу типовых договоров и соглашений о ГЧП. Опыт Великобритании показал целесообразность применения типовых образцов договоров, предложенных государством. В договоре о ГЧП следует более четко обозначить распределение рисков проекта (риск неоплаты требований, риск невыполнения сроков реализации проекта, риск низкого спроса на продукт или услугу).

В России уже в 2009 г. была создана Ассоциация участников государственно – частного партнерства «Центр развития ГЧП», объединяющая усилия государства и частного бизнеса, направленные на развитие общественной инфраструктуры с применением механизмов ГЧП.

В регионах России к инструментам ГЧП относят различные государственные и финансовые институты, правовые формы и источники финансирования: инвестиционный фонд, государственные целевые программы, концессионные соглашения, совместные предприятия, лизинг, особые экономические зоны и др. Наиболее активно при реализации ГЧП в регионах используется Инвестиционный фонд РФ. В России для поддержки сельского хозяйства важнейшее значение имеют федеральные и региональные целевые программы господдержки. В рамках данной программы с целью поддержки сельхозпроизводителей предоставляются субсидии и гранты на различные цели. В Казахстане Закон «О государственно – частном партнерстве» был принят в конце 2015 г., что послужило точкой опоры для активного развития механизмов ГЧП по всей стране с возможностью привлечения к софинансированию местных и иностранных партнеров.

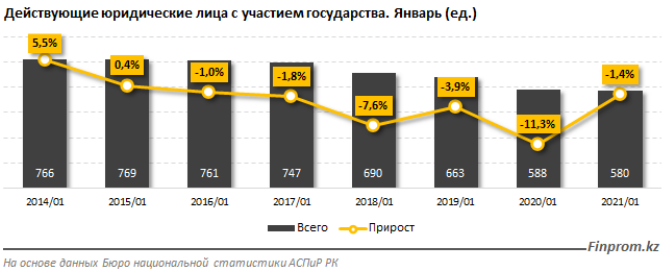
Единственным акционером АО «Казахстанский центр государственно-частного партнерства» является Правительство Республики Казахстан в лице Министерства национальной экономики РК, и его миссия заключается в создании условий для партнерства между государством и бизнесом, развитии и объединении их потенциала для реализации проектов ГЧП и увеличения объема частных инвестиций в экономику страны.

Международный опыт позволил выделить следующие условия развития и успешной реализации ГЧП: обозначение и реализация небольшого числа эффективных ГЧП проектов, выполнение которых будет возможным с экономической точки зрения.

Это позволит накопить опыт в данной сфере и в дальнейшем реализовывать более сложные проекты; создать органы управления, координирующие реализацию ГЧП в масштабах страны в целом. Во многих зарубежных странах уже сегодня функционируют такие структуры. В их функции входит методическая помощь в реализации проектов, экспертиза проектов, информационное и консультационное сопровождение проектов. Это дает возможность существенно сократить трансакционные издержки,

которые составляют более 10% от стоимости ГЧП-проекта. В ряде стран ГЧП регулирует Министерство финансов (Канада, Великобритания), в некоторых (Германия, Чехия, Республика Корея, Португалия) созданы специальные государственно-частные компании для регулирования и развития механизма ГЧП.

В Казахстане реализуют 864 проекта ГЧП, общий объем привлеченных и планируемых инвестиций превысил трлн тенге. В январе 2021 г. в стране было зарегистрировано 672 предприятия с государственным участием – на 2,5% меньше, чем годом ранее, из них 86,3%, или 580 компаний – это действующие предприятия.



По данным Казахстанского центра государственно-частного партнерства, в феврале 2021 г. в стране насчитывалось 1,3 тыс. проектов. В разрезе регионов больше всего проектов пришлось на Туркестанскую область (266), в Восточно-Казахстанской (256 проектов), в Жамбылской области – 93 проекта. Общий объем привлеченных и планируемых инвестиций составил 1,1 трлн тенге. Стоит отметить, что по инвестициям среди регионов лидирует Алматинская область (289,5 млрд. тенге).

В Северо – Казахстанской области создается экосистема по производству и переработке зерна с якорным предприятием ТОО BioOperations, объединяющим завод по глубокой переработке зерна, комбикормовый завод, птицекомплекс, молочно-товарную ферму и сельских товаропроизводителей, которые обеспечивают эти предприятия сельскохозяйственным сырьем. Инвестором ТОО "Bioline KZ" вложено в предприятие 5,5 млрд. тенге. Завод по глубокой переработке зерна ТОО «BioOperations», мощностью 82 тыс. тонн в год первым в Казахстане будет производить глютен и крахмал и обеспечит потребности страны, кроме того планируется, что выпущенная продукция будет экспортирована в Европу и страны Центрально-Азиатского региона.

После запуска цеха по производству клейковины и крахмала следует этап: производство биоэтанола с созданием крупного зерноперерабатывающего кластера, в рамках которого намечено развития животноводства в регионе с учетом того, что при переработке зерна производятся высоко протеиновые корма, используемые для собственного потребления и реализации в хозяйства региона.

Изучение зарубежного и казахстанского практического опыта показало, что приоритетной формой реализации механизма ГЧП является контрактная, а конкретными ее видами – инвестиционные и концессионные соглашения, что обусловлено наличием в республике проработанной законодательной базы и транспарентного механизма взаимодействия сторон-участниц партнерских отношений [1, 2, 6, 8]. Устойчивость продовольственного обеспечения тесно зависит от состояния техники, технологий, что, в свою очередь, определяется степенью инновационной активности организационной структуры зернопродуктового подкомплекса. Именно внедрение инноваций обеспечивает решение продовольственной проблемы, поскольку направлено на стимулирование производства качественной, экологически чистой продукции; бюджетное обеспечение системы семеноводства; стимулирование мер по расширению ассортимента продовольственных товаров.

Начальной стадией развития нового формата отношений между государством и бизнесом в сфере зернопродуктового подкомплекса АПК является формирование организационной структуры механизма ГЧП. После этого приоритетными задачами реализации инновационных проектов становятся рост эффективности, снижение рисков, мобилизация ресурсов и инвестиций, для решения которых необходимо определить сильные и слабые стороны государственных и частных партнеров [2, 5]. Практика показывает, что без учета факторов внешней и внутренней среды существенно снижается возможность построения рациональной модели, выбора организационно-правовых формы интегрированной структуры, определения оптимального количества участников в зависимости от видов и характера деятельности [4].

Анализ таких формирований в зернопродуктовом подкомплексе показывает отсутствие единого подхода к их созданию и функционированию.

Инвестиции рассматриваются в качестве источника увеличения стоимости капитала посредством вложения в объединения такого плана денежных средств от предпринимательской и иных видов деятельности. Объектами инвестиционных вложений могут быть: технологии, машины, оборудование, прочие материальные ценности, права пользования землей и иными природными ресурсами, денежные средства, целевые банковские вклады, банковские кредиты и ссуды, паи, акции и другие ценные бумаги, лицензии (в том числе товарные знаки),

любое другое имущество или имущественные права, интеллектуальные ценности (запатентованные изобретения, закрепленные авторскими правами открытия, ноу-хау и пр.). Целью таких вложений (инвестирования) является получение прибыли (дохода) и достижение социально-экономического эффекта.

Следует отметить, что, с одной стороны, степень вмешательства государства должна быть строго ограничена экономическими рамками с учетом поставленных целей и задач и не сводиться к реализации функций непосредственного координатора существующего рыночного процесса. С другой стороны, для правильного целевого инвестирования требуется активная позиция государства, ориентированная на всемерное развитие инвестиционной деятельности предпринимательских структур.

Методы экономического воздействия государственных органов управления на инвестиционную деятельность отличаются широким разнообразием. Государственное участие в инвестиционном процессе и его координацию целесообразно осуществлять посредством дальнейшего развития институциональных форм государственно – частного партнерства [4].

Разграничение обязанностей между государством и частным капиталом может принимать разные формы и варьироваться от исполнения негосударственными компаниями функций подрядчика до полной передачи отдельных видов государственной деятельности в частные организации. В рамках данной модели предусмотрена передача государством части рисков на компании частного сектора, учитывая их опыт и творческие возможности. Такой вид партнерских отношений создает для государства дополнительные преимущества, включая сокращение потребности в бюджетном финансировании проектов [1, 7, 10, 12–20]. В свою очередь, преимуществами для частных компаний станут: расширение клиентуры (получение новых заказчиков и потребителей), стабильность деятельности, владение целыми рынками сбыта, в сравнении с традиционными рыночными нишами.

В Казахстане распространение получило внедрение проектов государственно-частного партнерства в системе управления транспортно-логистическими компаниями в сфере железнодорожных перевозок зерновых грузов. И в настоящее время внедрение механизма государственно-частных партнерских отношений в систему управления транспортно-логистическими компаниями, осуществляющими перевозку зерновых грузов, не утратило своей актуальности.

Заключение

Преимущество государственно-частного партнерства состоит в том, что выгоду государство получает не только от увеличения обусловленных проектом бюджетных доходов, но от косвенных эффектов, получаемых в результате гармонизации рыночной конъюнктуры и связанных с этим ростом инвестиционной привлекательности инновационных проектов, увеличением налоговых поступлений и т. д.

Обобщая результаты, можно отметить, что, несмотря на присущие государственно-частному партнерству риски, его значимость для ведения бизнеса постоянно возрастает в связи с тем, что по мере его развития управление инвестиционной деятельностью на основе ГЧП в зернопродуктовом подкомплексе признано наиболее удобным и многопрофильным видом партнерских отношений государства и частного сектора. ГЧП в дальнейшем может стать эффективным инструментом привлечения долгосрочных инвестиций в развитие АПК. Объединение усилий бизнеса, государства и науки будет способствовать решению проблем продовольственной безопасности, повышению конкурентоспособности, обеспечению высокого качества и доступности выпускаемой продукции при помощи проведения комплексной модернизации сельского хозяйства.

Литература

1 Espolov T., Espolov A., Tireuov K., Zharylkassyn Z. et al. Supply chain logistics in agricultural sector-Assessing opportunities for competitiveness increase // International Journal of Supply Chain Management. 2020. V. 9. № 2. P.745–752

2 Tireuov K.M., Mizanbekova S.K., Nurmanbekova G.K. Feed grain market in Kazakhstan // Проблемыагрорынка. 2020. № 1. С. 121–126.

3 Алтухов А.И., Нечаев В.И. Экономические проблемы инновационного развития зернопродуктового подкомплекса России. М.: Издательство Насирддинова В.В., 2015. 477 с.

4 Проняева Л.И., Федотенкова О.А., Павлова А.В. Формирование стратегии развития продуктового кластера в регионе // Среднерусский вестник общественных наук. 2017. Т. 12. №. 3.

5 Washington D.C. Public-Private Partnership. World Bank website. 2016. URL: https://ppp.worldbank.org/public-private-partnership

6 Мамбетова С.Ш., Ахметова А.С., Ескерова З.А. Опыт проектов государственно-частного партнерства в Казахстане и его потенциал развития // Вестник Каргу. Сеерия Экономика. 2018. № 4(92). С. 161–167.

7 Кочеткова С.А., Акимова Ю.А. Механизмы государственно-частного партнерства в российском АПК // Фундаментальные исследования. 2016. № 10. С. 398–402.

8 Васильев К.А., Шамин А.Е. Методические подходы к оценке потенциала кластеризации аграрной сферы региона // Вестник НГИЭИ. 2016. №. 5 (60).

9 Левушкина С.В Государственно-частное партнерство как основа развития долгосрочной устойчивой системы инновационного предпринимательства в России // Фундаментальные исследования. 2016. № 9. С. 607–614.

10 Красильникова Л. Методологические основы управленческого взаимодействия в агропромышленных территориально – экономических системах // АПК: экономика, управление. 2019. № 2. С. 83-91.

11 Рафаилов М.К. Стратегическое планирование развития сельских территорий: межотраслевые взаимосвязи // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2017. № 2. С. 38–41.

12 Солтангазинов А.Р., Амирова М.А., Исенова Г.К. Государственно-частное партнерство в Республике Казахстан с позиции проектного подхода // Проблемы агрорынка. 2019. № 3. С. 68–75.

13 Nechaev V., Paptsov A., Mikhailushkin P. Public-private partnership as the basis for creating a crossborder cluster (Russia-Kazakhstan) for deep grain processing: the essence and specifics of the formation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2021. V. 650. №. 1. P. 012095.

14 Tekueva M.T. et al. Enhancement of the Controlling Mechanism by the Innovative Sphere of a Grain Sub Complex of Agrarian and Industrial Complex // International Journal of Economic Perspectives. 2017. V. 11. №. 1.

15 Tireuov K., Mizanbekova S., Kalykova B., Nurmanbekova G. Towards food security and sustainable development through enhancing efficiency of grain industry // Entrepreneurship and Sustainability Issues. 2018. V. 6. №. 1. P. 446-455. doi: 10.9770/jesi.2018.6.1(27)

16 Zyukin D.A., Svyatova O.V., Zolotareva E.L., Bystritskaya A.Y. et al. The improvement of the model to develop the infrastructure of the grain product subcomplex as the essential attribute to increase the efficiency and ramp up of Russian grain export // Amazonia Investiga. 2020. V. 9. №. 25. P. 461-470.

17 Khairullina O. Analysis of cereal production in Russia: dynamics and growth prospects // Universidad y Sociedad. 2020. V. 12. №. 2. P. 17-23.

18 Kubayev K.E., Baisholanova K.S., Seitova G.T., Tarasova A. et al. Financial-lending stimulation of the development of the agro-industrial complex in Kazakhstan and in the Russian Federation // Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2018. V. 9. №. 6 (36). P. 2042-2046.

19 Barcho M.K., Otto O.V., oglu Hajiyev H.A., Samusenkov V.O. et al. Basic directions for forming perspective forms of agricultural integration // Entrepreneurship and Sustainability Issues. 2020. V. 8. №. 1. P. 960. doi: 10.9770/jesi.2020.8.1(64)

20 Rudoy Y.V., Matveev D.M., Stasiulis M.V., Suchkov A.I. et al. Development of the Agrifood Market in Southern Siberia of The Russian Federation Based on Interregional Food Ties // Biomedical & Pharmacology Journal. 2015. V. 8. №. 2. P. 811-822. doi: 10.13005/bpj/830

References

1 Espolov T., Espolov A., Tireuov K., Zharylkassyn Z. et al. Supply chain logistics in agricultural sector-Assessing opportunities for competitiveness increase. International Journal of Supply Chain Management. 2020. vol. 9. no. 2. pp.745–752

2 Tireuov K.M., Mizanbekova S.K., Nurmanbekova G.K. Feed grain market in Kazakhstan. Problems of the agricultural market. 2020. no. 1. pp. 121–126.

3 Altukhov A.I., Nechaev V.I. Economic problems of innovative development of the grain products sub-complex in Russia. Moscow: V.V. Nasirddinov Publishing House, 2015. 477 p. (in Russian).

4 Pronyaeva L.I., Fedotenkova O.A., Pavlova A.V. Formation of a strategy for the development of a product cluster in the region. Srednerusskiy Vestnik of Social Sciences. 2017. vol. 12. no. 3. (in Russian).

5 Washington D.C. Public-Private Partnership. World Bank website. 2016. Available at: https://ppp.worldbank.org/public-private-partnership

6 Mambetova S.Sh., Akhmetova A.S., Eskerova Z.A. Experience of public-private partnership projects in Kazakhstan and its development potential. Bulletin Kargu. Seeriya Economy. 2018. no. 4 (92). pp. 161-167. (in Russian).

7 Kochetkova S.A., Akimova Yu.A. Mechanisms of public-private partnership in the Russian agro-industrial complex. Fundamental research. 2016. no. 10. pp. 398–402. (in Russian).

8 Vasiliev K.A., Shamin A.E. Methodological approaches to assessing the clustering potential of the agrarian sector in the region. Vestnik NGIEI. 2016. no. 5 (60). (in Russian).

9 Levushkina S.V. Public-private partnership as the basis for the development of a long-term sustainable system of innovative entrepreneurship in Russia. Fundamental research. 2016. no. 9. pp. 607–614. (in Russian).

10 Krasilnikova L. Methodological foundations of management interaction in agro-industrial territorial - economic systems. APK: economics, management. 2019. no. 2. pp. 83-91. (in Russian).

11 Rafailov M.K. Strategic planning for the development of rural areas: intersectoral relationships. Economy of agricultural and processing enterprises. 2017. no. 2. pp. 38–41. (in Russian).

12 Soltangazinov A.R., Amirova M.A., Isenova G.K. Public-private partnership in the Republic of Kazakhstan from the standpoint of the project approach. Agricultural market problems. 2019. no. 3. pp. 68–75. (in Russian).

13 Nechaev V., Paptsov A., Mikhailushkin P. Public-private partnership as the basis for creating a crossborder cluster (Russia-Kazakhstan) for deep grain processing: the essence and specifics of the formation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2021. vol. 650. no. 1. pp. 012095.

14 Tekueva M.T. et al. Enhancement of the Controlling Mechanism by the Innovative Sphere of a Grain Sub Complex of Agrarian and Industrial Complex. International Journal of Economic Perspectives. 2017. vol. 11. no. 1.

15 Tireuov K., Mizanbekova S., Kalykova B., Nurmanbekova G. Towards food security and sustainable development through enhancing efficiency of grain industry. Entrepreneurship and Sustainability Issues. 2018. vol. 6. no. 1. pp. 446-455. doi: 10.9770/jesi.2018.6.1(27)

16 Zyukin D.A., Svyatova O.V., Zolotareva E.L., Bystritskaya A.Y. et al. The improvement of the model to develop the infrastructure of the grain product subcomplex as the essential attribute to increase the efficiency and ramp up of Russian grain export. Amazonia Investiga. 2020. vol. 9. no. 25. pp. 461-470.

17 Khairullina O. Analysis of cereal production in Russia: dynamics and growth prospects. Universidad y Sociedad. 2020. vol. 12. no. 2. pp. 17-23.

18 Kubayev K.E., Baisholanova K.S., Seitova G.T., Tarasova A. et al. Financial-lending stimulation of the development of the agro-industrial complex in Kazakhstan and in the Russian Federation. Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2018. vol. 9. no. 6 (36). pp. 2042-2046.

19 Barcho M.K., Otto O.V., oglu Hajiyev H.A., Samusenkov V.O. et al. Basic directions for forming perspective forms of agricultural integration. Entrepreneurship and Sustainability Issues. 2020. vol. 8. no. 1. pp. 960. doi: 10.9770/jesi.2020.8.1(64)

20 Rudoy Y.V., Matveev D.M., Stasiulis M.V., Suchkov A.I. et al. Development of the Agrifood Market in Southern Siberia of The Russian Federation Based on Interregional Food Ties. Biomedical & Pharmacology Journal. 2015. vol. 8. no. 2. pp. 811-822. doi: 10.13005/bpj/830

Сведения об авторах

Тлектес И. Есполов д.э.н., профессор, кафедра менеджмента и организации агробизнеса, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, пр т Абая, 8, г. Алматы, Казахстан, rector@kaznau.kz
https://orcid.org/0000-0001-8385-8229

Канат М. Тиреуов д.э.н., профессор, кафедра менеджмента и организации агробизнеса, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, пр т Абая, 8, г. Алматы, Казахстан, ktireuov@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-3904-3553

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@ya.ru
https://orcid.org/0000-0001-5883-1294

Салима К. Мизанбекова д.э.н., профессор, кафедра менеджмента и организации агробизнеса, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, пр т Абая, 8, г. Алматы, Казахстан, salima-49@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-7602-9710

Information about authors

Tlektes I. Espolov Dr. Sci. (Econ.), professor, management and organization of agribusiness department, Kazakh National Agrarian Research University, Abay Ave., 8, Almaty, Kazakhstan, rector@kaznau.kz
https://orcid.org/0000-0001-8385-8229

Kanat M. Tireuov Dr. Sci. (Econ.), professor, management and organization of agribusiness department, Kazakh National Agrarian Research University, Abay Ave., 8, Almaty, Kazakhstan, ktireuov@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-3904-3553

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@ya.ru
https://orcid.org/0000-0001-5883-1294

Salima K. Mizanbekova Dr. Sci. (Econ.), professor, management and organization of agribusiness department, Kazakh National Agrarian Research University, Abay Ave., 8, Almaty, Kazakhstan, salima-49@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-7602-9710

Вклад авторов

Тлектес И. Есполов предложил методику проведения эксперимента
Канат М. Тиреуов обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты
Ирина П. Богомолова консультация в ходе исследования
Салима К. Мизанбекова написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Contribution

Tlektes I. Espolov proposed a scheme of the experiment and organized production trials
Kanat M. Tireuov review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations
Irina P. Bogomolova consultation during the study
Salima K. Mizanbekova 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 26/04/2021	**После редакции** 14/05/2021	**Принята в печать** 03/06/2021

Received 26/04/2021	**Accepted in revised** 14/05/2021	**Accepted** 03/06/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-285-290 Краткое сообщение/Short message

УДК 336.2 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Зачем нужна стратегия дочернему предприятию?

Татьяна В. Лутченко [1] orderly@yandex.ru 0000-0002-3928-6400

Александр И. Хорев [2] al.khorev@gmail.com 0000-0002-8438-0607

Илья А. Хорев [3] khorev.ilya@gmail.com 0000-0002-4611-0497

Виктория В. Григорьева [2] vickierus@mail.ru 0000-0002-7116-3021

1 АО «Концерн Созвездие», ул. Плехановская, 14, г. Воронеж, 394018, Россия

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

3 АО «ВНИИ «Вега», Московский проспект, д.7-Б, г. Воронеж, 394026, Россия

Аннотация. Особенностью формирования российских интегрированных структур является их формировались государственными структурами – акциедержателями - без учета мнения тех предприятий, которые туда вошли. Однако предприятия, вошедшие в эти структуры, хотели бы иметь преимущества от подобной интеграции. Основой эффективной деятельности предприятия в долгосрочной перспективе является устойчивое конкурентное преимущество, которое оно может получить или за счет низких издержек, или за счет дифференциации продукции. Поскольку разработанных стратегий у большинства дочерних предприятий нет, возникает необходимость разработки таких стратегий. Дополнительные конкурентные преимущества за счет реализации сфокусированных стратегий предприятия, входящие в интегрированные структуры, могут получить только за счет установления взаимосвязей между собой, а также предприятиями и материнской компанией. Максимальные конкурентные преимущества будут получать те предприятия в составе интегрированных структур, которые смогут обнаружить и выгодно использовать взаимосвязи с другими предприятиями этой структуры, но действующими в смежных сферах деятельности. Также высока роль службы маркетинга при формировании сфокусированной стратегии. Необходимыми рыночными условиями при внедрении сфокусированных стратегий являются как можно более точное определение потребностей потребителей, размеров и перспектив рыночного сегмента, низкое количество конкурентов и достаточность ресурсов для обслуживания сегмента. Основными рисками определены переполнение рыночной ниши, сокращение различий между потребностями сегмента и всего рынка, изменение цен в сегменте в сторону общерыночных, проникновение в сегмент конкурентов.

Ключевые слова: интегрированные структуры, материнская компания, дочернее предприятие, конкурентные преимущества, сфокусированная стратегия

Why does a subsidiary need a strategy?

Tatiana V. Lutchenko [1] orderly@yandex.ru 0000-0002-3928-6400

Aleksander I. Khorev [2] al.khorev@gmail.com 0000-0002-8438-0607

Iliya A. Khorev [3] khorev.ilya@gmail.com 0000-0002-4611-0497

Viktoria V. Grigorieva [2] vickierus@mail.ru 0000-0002-7116-3021

1 JSC Concern Sozvezdie, st. Plekhanovskaya, 14, Voronezh, 394036, Russia

2 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia

3 JSC VSRI Vega Moscow Avenue, 7-B, Voronezh, 394026, Russia

Abstract. A feature of the formation of Russian integrated structures is that they were formed by state structures - shareholders - without taking into account the opinion of those enterprises that entered them. However, the enterprises included in these structures would like to benefit from such integration. The basis for the effective operation of an enterprise in the long term is a sustainable competitive advantage, which it can obtain either through low costs or through product differentiation. Since the majority of subsidiaries do not have developed strategies, it becomes necessary to develop such strategies. Additional competitive advantages due to the implementation of focused strategies of the enterprise included in the integrated structures can be obtained only through the establishment of relationships between themselves, as well as enterprises and the parent company. The maximum competitive advantages will be gained by those enterprises as part of integrated structures that will be able to discover and profitably use relationships with other enterprises of this structure, but operating in related areas of activity. The role of the marketing service is also important in the formation of a focused strategy. The necessary market conditions for the implementation of focused strategies are the most accurate definition of consumer needs, the size and prospects of the market segment, a low number of competitors and sufficient resources to serve the segment. The main risks are determined by overflowing the market niche, reducing the differences between the needs of the segment and the entire market, changing prices in the segment towards the general market, penetration into the segment of competitors.

Keywords: integrated structures, parent company, subsidiary, competitive advantage, focused strategy

Введение

Особенностью российских интегрированных структур (ИС) является то обстоятельство, что они формировались государственными структурами без учета мнения тех предприятий, которые туда вошли. Причина такого безальтернативного решения является владение государством акциями этих предприятий. Естественно, предприятия, вошедшие в ИС, хотели бы иметь какие-то преимущества от подобного вхождения, которые бы превосходили их затраты на вхождение.

Для цитирования

Лутченко Т.В.., Хорев А.И., Хорев И.А.., Григорьева В.В. Зачем нужна стратегия дочернему предприятию? // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 285–290. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-285-293

For citation

Lutchenko T.V., Khorev A.I., Khorev I.A., Grigoryeva V.V. Why does a subsidiary need a strategy?. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 285–290. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-285-290

© 2021, Лутченко Т.В. и др. / Lutchenko T.V. et al.

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

До настоящего времени большинство подобных предприятий, являющимися дочерними, не имеют представления о том каким образом и за счет чего можно получить эти преимущества. По мнению известных ученых положительный эффект в виде низких издержек и дифференциации дочернее предприятие при вхождении в ИС может получить либо за счет установления взаимосвязей с другими предприятиями, входящими в ИС, либо за счет преимуществ материнской компании (МК). Установление взаимосвязей по мнению М. Портера является основным вкладом в дело получения предприятием положительного эффекта [1].

Материалы и методы

Общеизвестно, что базой эффективной деятельности предприятия в долгосрочной перспективе является устойчивое конкурентное преимущество, которое оно может получить или за счет уже упомянутых низких издержек, или за счет дифференциации продукции.

Эти два вида конкурентных преимуществ позволяют добиться три наиболее общих конкурентных стратегий, связанных с реализацией предприятием лидерства в минимизации издержек, широкой дифференциации и фокусирования на минимизации издержек или укрепления дифференциации. Стратегии лидерства в издержках и широкой дифференциации ориентированы на получение конкурентных преимуществ в широких рыночных сегментах, а стратегии фокусирования – в узких рыночных сегментах. Отличительные черты различных видов конкурентных стратегий представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Отличительные черты конкурентных стратегий

Table 1.

Distinctive features of competitive strategies

Отличительная черта Distinctive feature	Стратегия лидерства по издержкам Cost Leadership Strategy	Стратегия широкой дифференциации Broad differentiation strategy	Сфокусированная стратегия на издержках и дифференциации Focused strategy on costs and differentiation
Стратегическая цель Strategic goal	Большая доля рынка Large market share	Большая доля рынка Large market share	Узкий сегмент рынка Narrow market segment
Конкурентное преимущество Competitive advantage	Лидерство по издержкам Cost Leadership	Продукция, отличная от конкурентов Products other than competitors	Нишевое лидерство по издержкам или уникальность продукции Niche cost leadership or product uniqueness
Ассортимент продукции Product range	Качественная базовая продукция в нескольких модификациях High-quality basic products in several modifications	Большое количество модификаций продукта с упором на уникальность A large number of product modifications with an emphasis on uniqueness	Удовлетворение специфических нужд данного сегмента | Meeting the specific needs of this segment
Приоритеты производства Production Priorities	Постоянный поиск путей снижения издержек с сохранением качества Continuous search for ways to reduce costs while maintaining quality	Придание продукции свойств, за которые потребитель готов платить | Giving the product the properties for which the consumer is willing to pay	Продукция изготавливается с учетом нужд потребителей данного сегмента | Products are manufactured taking into account the needs of consumers in this segment

Как правило, предприятия, вошедшие в ИС, работают в достаточно узких рыночных сегментах, что предполагает использование ими сфокусированных стратегий. Про этом следует иметь в виду, что в основе стратегии развития дочернего предприятия должны лежать конкурентные преимущества, а не финансовые соображения или представление о рынке ценных бумаг.

Однако таких разработанных стратегий у большинства дочерних предприятий нет. В связи с этим есть насущная необходимость разработки таких стратегий.

Результаты и обсуждение

Дочернее предприятие должно разработать такую стратегию развития из числа альтернативных, которая давала бы ему возможность получить максимум конкурентных преимуществ за счет нахождения в ИС. Если конкурентное преимущество таким способом предприятие не может получить, то оно может рассчитывать только на свои ресурсы и возможности и тогда не понятен смысл нахождения такого предприятия в ИС.

Концепция формирования стратегии развития бизнес-подразделений, входящих в корпорации, появилась в 1960–1970х годах, в соответствии с которой от предприятий, входящих в ИС, необходимо требовать только одного – добиваться конкурентных преимуществ.

Как выше уже было отмечено, дополнительные конкурентные преимущества за счет реализации сфокусированных стратегий предприятия, входящие в ИС, могут получить практически

только за счет установления взаимосвязей между собой, а также предприятиями и материнской компанией (МК). Очень важно определить какие взаимосвязи между дочерними предприятиями существуют, какой эффект они могут дать по мнению экспертов этих предприятий и какие взаимосвязи дополнительно можно установить. Однако, до настоящего времени не появилось работ, определяющих эффективность вхождения предприятий в ИС в практическом плане, не в виде рассчитанного дохода и не в виде оценки конкурентных преимуществ, что очень важно для дочерних предприятий России, имеющих небольшой опыт работы в ИС и являющимися акционерными обществами.

Чтобы понять необходимость разработки сфокусированных стратегий развития дочерних предприятий рассмотрим роль, которую выполняет сфокусированная стратегия.

Устойчивость конкурентных преимуществ благодаря использованию сфокусированных стратегий определяется тремя факторами:

- возможностью защиты от атак конкурентов с широкой специализацией;
- возможностью защиты от воспроизведения, что определяется наличием барьеров для перехода из сегмента в сегмент;
- возможностью защиты от угрозы замещения, что говорит о наличии риска перехода потребителей в другие сегменты.

Сегменты отрасти различаются прибыльностью и источниками конкурентных преимуществ для тех предприятий, которые работают в этих сегментах.

Прибыльность сегмента зависит от его структурных характеристик, размера и потенциала роста рынка, а также от соответствия ресурсов предприятия потребностям сегмента.

Каждый сегмент имеет свои, отличные от других сегментов требования для получения конкурентных преимуществ.

Стратегия фокусирования основана на различиях между сегментами, поскольку для каждого сегмента существует своя оптимальная цепочка создания стоимости. При разработке стратегий фокусирования, ориентированных на устойчивые конкурентные преимущества, необходимо уделять особое внимание затратам, связанным с координацией и компромиссными решениями в процессе установления взаимосвязей между предприятиями, входящими в интегрированные структуры, поскольку в данной работе анализируются именно такие предприятия.

Благодаря исследованиям и технологическим достижениям в области конкуренции установлено, что максимальные конкурентные преимущества будут получать те предприятия в составе интегрированных структур, которые смогут обнаружить взаимосвязи с другими предприятиями этой структуры, но действующими в смежных сферах деятельности, и самое главное выгодно их использовать.

Эти взаимосвязи должны носить реальный характер и приносить сокращение затрат или укрепление дифференциации в любом виде деятельности в цепочке создания стоимости предприятий, входящих в ИС.

Стратегия фокусирования существует в двух видах: фокусирование на издержках, когда предприятие, работая в своем сегменте пытается получить конкурентные преимущества за счет низких издержек, и фокусирование на дифференциации, когда предприятие получает конкурентные преимущества за счет придания своим продуктам уникальных характеристик.

Сущность стратегии фокусирования состоит в том, что предприятие получает доход за счет тех особенностей сегмента, которые отличают его от других сегментов рынка.

Выбор стратегии фокусирования, как правило, связан с недостатком интеллектуальных, финансовых либо сырьевых ресурсов у предприятия, необходимых для работы в широком сегменте продукции. Поэтому сфокусированные стратегии чаще всего используются небольшими предприятиями, поскольку такие стратегии являются для них наиболее оптимальной формой перспективного развития.

Фундаментом сфокусированной стратегии является специализация предприятия, высокий профессиональный уровень персонала, который позволяет предлагать потребителям либо уникальные характеристики продукции, либо низкую цену в строго ограниченном сегменте.

Важнейшим подразделением предприятия при формировании сфокусированной стратегии является служба маркетинга, которая определяет потребности рынка. С помощью службы маркетинга можно найти перспективные ниши даже на традиционных сегментах, в которых работает предприятие.

Несмотря на ряд очевидных преимуществ, которые дает сфокусированная стратегия, она также сопряжена с некоторыми рисками, которые могут негативно повлиять на осуществление подобной стратегии:

- методы и технологии, на которых базируется сфокусированная стратегия, могут быть скопированы конкурентами;
- конкуренты могут еще больше сегментировать рынок, дробя его на более мелкие части;

- привлекательность рыночного сегмента может вызвать переполнение его конкурентами, что приведет к падению спроса и рентабельности;
- чрезмерная специализация предприятия может способствовать росту издержек, как на разработку, так и на производство продукции, что сделает ее неконкурентоспособной;
- конкуренты, которые превосходят предприятия в технологическом, интеллектуальном и финансовом отношении могут войти в занимаемый предприятием сегмент и достигнуть еще большей специализации.

Следует иметь в виду, что сфокусированная стратегия дает предприятию серьезные конкурентные преимущества, которые, однако, не распространяются за пределы выбранного сегмента.

По общему мнению, специалистов по маркетингу, использование сфокусированных стратегий целесообразно в следующих случаях, когда:

- сегмент не слишком большой, чтобы быть привлекательным;
- сегмент имеет хороший потенциал роста;
- предприятие, использующее стратегию фокусирования, имеет достаточно ресурсов и навыков для успешной работы на сегменте;
- предприятие имеет возможности защитить себя от конкурентов;
- сегмент позволяет получать приемлемую прибыль.

В общем виде условия для внедрения сфокусированных стратегий и риски, сопутствующие этим стратегиям приведены на рисунке 1.

Стратегии фокусирования / Focusing strategies
Необходимые рыночные условия / Necessary market conditions
• Потребности потребителей в данном товаре разнообразны / The needs of consumers for this product are diverse • Существуют рыночные сегменты, на которые можно сконцентрировать деятельность предприятия / There are market segments that can be focused on the activities of the company • Размер и перспективы сегмента обеспечивают прибыльность и потенциал роста / Segment size and prospects provide profitability and growth potential • Конкуренты не рассматривают занимаемый предприятием сегмент в качестве ключевого фактора успеха, так как барьер для вхождения в сегмент достаточно высок / Competitors do not consider the segment occupied by the enterprise as a key success factor, since the barrier to entry into the segment is quite high • Ресурсы предприятия не позволяют обслуживать весь рынок, однако оно может качественно обслуживать потребителей занимаемого сегмента / The resources of the enterprise do not allow serving the entire market, however, it can provide high-quality services to the consumers of the occupied segment.
Риски / Risks
• Рыночная ниша становится настолько привлекательной, что переполняется конкурентами / The market niche becomes so attractive that it overflows with competitors • Различия между потребностями занимаемого предприятием сегмента и всего рынка могут сократиться / Differences between the needs of the business segment and the entire market can be reduced • Различия в ценах предприятия, обслуживающего сегмент и предприятий, работающих на всем рынке, могут стать настолько малыми, что потребители откажутся от товаров предприятия, занимающего сегмент / Differences in prices between the enterprise serving the segment and the enterprises operating in the entire market may become so small that consumers abandon the products of the enterprise occupying the segment. • Конкуренты могут проникнуть в занимаемый предприятием сегмент и достичь более высокого уровня специализации / Competitors can penetrate the segment occupied by the enterprise and achieve a higher level of specialization

Рисунок 1. Условия для внедрения сфокусированных стратегий и риски, сопутствующие стратегиям

Figure 1. Conditions for implementing focused strategies and risks associated with strategies

Заключение

Приведенные выше соображения говорят о том, что отсутствие разработанной сфокусированной стратегии развития на дочернем предприятии не позволит спланировать его сбалансированную работу по обеспечению высокой конкурентоспособности, связанной с выбором рыночных сегментов, определения конкурентов, необходимых ресурсов, проведения расчетов выгодности нахождения предприятия в интегрированной структуре, определения рисков, сопутствующих реализации выбранной сфокусированной стратегии.

В ряде работ [2, 3–20] приведены соображения о формировании стратегии развития дочерних предприятий, методические аспекты формирования и реализации подобных стратегий, а также методика экспертного определения конкурентных преимуществ, полученных дочерними предприятиями от нахождения в интегрированной структуре.

Литература

1 Портер М. Конкурентное преимущество. Как достичь высокого результата и обеспечить его устойчивость. Москва: «Альпина Паблишер», 2020.

2 Штефан В.И., Штефан Е.В., Лутченко В.Г., Лутченко Т.В. Формирование стратегии развития предприятия, входящего в интегрированную структуру. Воронеж: ВНИИ «Вега», 2016.

3 Штефан В.И., Штефан Е.В., Лутченко В.Г., Лутченко Т.В. Методологические аспекты формирования и реализации стратегии развития интегрированной структуры и ее дочерних предприятий. Воронеж: ВНИИ «Вега», 2017.

4 Лахметкина Н. И. Инвестиционная стратегия предприятия. 2014.

5 Жемчугов А.М., Жемчугов М.К. Сильная стратегия предприятия. Разработка и реализация // Стратегический менеджмент. 2014. Т. 4. С. 304-316.

6 Федулова И.Ю. Инвестиционная стратегия предприятия как составная часть стратегии развития // Производственный менеджмент: теория, методология, практика. 2015. №. 2. С. 204-208.

7 Беляева С. В., Шихалиева Д. С. Разработка конкурентной стратегии предприятия: теория и практика // Экономика XXI века: новые реалии и перспективы развития. 2016. С. 48-75.

8 Безносова А.С. Теоретические аспекты формирования конкурентной стратегии предприятия // Экономика и управление: новые вызовы и перспективы. 2013. №. 4. С. 121-124.

9 Гаврилова М.В., Кузнецов Е.М. Разработка стратегии развития предприятия // Кооперация в науке и инновациях. 2015. С. 147-153.

10 Таланов А.Я., Тимиргалеева Р.Р. Использование системного подхода при разработке стратегии предприятия // Актуальные проблемы экономики современной России. 2015. Т. 2. №. 2. С. 365-370.

11 Drucker P.F. Economic realities and enterprise strategy // Modern Japanese organization and decision-making. University of California Press, 2020. P. 228-248. doi: 10.1525/9780520311589-014

12 Steyn B., Niemann L. Strategic role of public relations in enterprise strategy, governance and sustainability—A normative framework // Public Relations Review. 2014. V. 40. №. 2. P. 171-183. doi: 10.1016/j.pubrev.2013.09.001

13 Crilly D. Recasting enterprise strategy: towards stakeholder research that matters to general managers // Journal of Management Studies. 2013. V. 50. №. 8. P. 1427-1447. doi: 10.1111/joms.12053

14 Hansen M.W., Langevang T., Rutashobya L., Urassa G. et al. Coping with the African business environment: Enterprise strategy in response to institutional uncertainty in Tanzania // Journal of African Business. 2018. V. 19. №. 1. P. 1-26. doi: 10.1080/15228916.2017.1330028

15 Robul Y., Deineha O., Prokopenko M., Novikova, N. et al. Cyber sales as the latest tool for optimizing an enterprise strategy. 2020.

16 Vracheva V., Judge W. Q., Madden T. Enterprise strategy concept, measurement, and validation: Integrating stakeholder engagement into the firm's strategic architecture // European Management Journal. 2016. V. 34. №. 4. P. 374-385. doi: 10.1016/j.emj.2015.12.005

17 Hillemann J., Verbeke A., Oh W.Y. Regional Integration, Multinational Enterprise Strategy and the Impact of Country-level Risk: The Case of the EMU // British Journal of Management. 2019. V. 30. №. 4. P. 908-925. doi: 10.1111/1467-8551.12326

18 Galbraith J.R. Designing organizations: Strategy, structure, and process at the business unit and enterprise levels. John Wiley & Sons, 2014.

19 Kalaman O., Savenko I., Dolynska O. Conceptual positions of enterprise strategy functioning // Food Industry Economics. 2019. V. 11. №. 3. doi: 10.15673/fie.v11i3.1461

20 Fursov V.A., Lazareva N.V., Solovieva I.V., Fattakhova A.R. et al. Evaluation of performance of enterprise development strategy implementation // J. Advanced Res. L. & Econ. 2015. V. 6. P. 79.

References

1 Porter M. Competitive Advantage. How to achieve a high result and ensure its stability. Moscow, Alpina Publisher Books, 2020. (in Russian).

2 Shtefan V.I., Shtefan E.V., Lutchenko V.G., Lutchenko T.V. Formation of an enterprise development strategy included in an integrated structure. Voronezh, All-Russian Research Institute of Vega, 2016. (in Russian).

3 Shtefan V.I., Shtefan E.V., Lutchenko V.G., Lutchenko T.V. Methodological aspects of the formation and implementation of the development strategy of the integrated structure and its subsidiaries. Voronezh, All-Russian Research Institute of Vega, 2017. (in Russian).

4 Lakhmetkina NI Investment strategy of the enterprise. 2014. (in Russian).

5 Zhemchugov A.M., Zhemchugov M.K. Strong enterprise strategy. Development and implementation. Strategic management. 2014. vol. 4. pp. 304-316. (in Russian).

6 Fedulova I.Yu. Investment strategy of the enterprise as an integral part of the development strategy. Production management: theory, methodology, practice. 2015. no. 2. pp. 204-208. (in Russian).

7 Belyaeva S.V., Shikhalieva D.S. Development of a competitive enterprise strategy: theory and practice. Economy of the XXI century: new realities and development prospects. 2016. pp. 48-75. (in Russian).

8 Beznosova A.S. Theoretical aspects of the formation of an enterprise's competitive strategy. Economics and Management: New Challenges and Prospects. 2013. no. 4. pp. 121-124. (in Russian).

9 Gavrilova M.V., Kuznetsov E.M. Development of an enterprise development strategy. Cooperation in science and innovations. 2015. pp. 147-153.

10 Talanov A.Ya., Timirgaleeva R.R. Using a systematic approach in developing an enterprise strategy. Actual problems of the economy of modern Russia. 2015. vol. 2. no. 2. pp. 365-370. (in Russian).

11 Drucker P.F. Economic realities and enterprise strategy. Modern Japanese organization and decision-making. University of California Press, 2020. pp. 228-248. doi: 10.1525/9780520311589-014

12 Steyn B., Niemann L. Strategic role of public relations in enterprise strategy, governance and sustainability—A normative framework. Public Relations Review. 2014. vol. 40. no. 2. pp. 171-183. doi: 10.1016/j.pubrev.2013.09.001

13 Crilly D. Recasting enterprise strategy: towards stakeholder research that matters to general managers. Journal of Management Studies. 2013. vol. 50. no. 8. pp. 1427-1447. doi: 10.1111/joms.12053

14 Hansen M.W., Langevang T., Rutashobya L., Urassa G. et al. Coping with the African business environment: Enterprise strategy in response to institutional uncertainty in Tanzania. Journal of African Business. 2018. vol. 19. no. 1. pp. 1-26. doi: 10.1080/15228916.2017.1330028

15 Robul Y., Deineha O., Prokopenko M., Novikova, N. et al. Cyber sales as the latest tool for optimizing an enterprise strategy. 2020.

16 Vracheva V., Judge W.Q., Madden T. Enterprise strategy concept, measurement, and validation: Integrating stakeholder engagement into the firm's strategic architecture. European Management Journal. 2016. vol. 34. no. 4. pp. 374-385. doi: 10.1016/j.emj.2015.12.005

17 Hillemann J., Verbeke A., Oh W.Y. Regional Integration, Multinational Enterprise Strategy and the Impact of Country- level Risk: The Case of the EMU. British Journal of Management. 2019. vol. 30. no. 4. pp. 908-925. doi: 10.1111/1467-8551.12326

18 Galbraith J.R. Designing organizations: Strategy, structure, and process at the business unit and enterprise levels. John Wiley & Sons, 2014.

19 Kalaman O., Savenko I., Dolynska O. Conceptual positions of enterprise strategy functioning. Food Industry Economics. 2019. vol. 11. no. 3. doi: 10.15673/fie.v11i3.1461

20 Fursov V.A., Lazareva N.V., Solovieva I.V., Fattakhova A.R. et al. Evaluation of performance of enterprise development strategy implementation. J. Advanced Res. L. & Econ. 2015. vol. 6. pp. 79.

Сведения об авторах

Татьяна В. Лутченко ведущий экономист, АО «Концерн Созвездие», ул. Плехановская, 14, г. Воронеж, 394018, Россия, orderly@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0002-3928-6400

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
https://orcid.org/0000-0002-8438-0607

Илья А. Хорев к.э.н., главный специалист отдела системного анализа, АО «ВНИИ «Вега», Московский пр-т, 7-Б, г. Воронеж, 394026, Россия, khorev.ilya@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-4611-0497

Виктория В. Григорьева к.э.н. доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, vickierus@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-7116-3021

Information about authors

Tatiana V. Lutchenko lead economist, JSC Concern Sozvezdie, st. Plekhanovskaya, 14, Voronezh, 394036, Russia, orderly@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0002-3928-6400

Aleksander 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
https://orcid.org/0000-0002-8438-0607

Iliya A. Khorev Cand. Sci. (Econ.), chief specialist of the department of system analysis, JSC VSRI Vega, Moscow Avenue, 7-B, Voronezh, 394026, Russia, khorev.ilya@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-4611-0497

Viktoria V. Grigorieva Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, vickierus@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-7116-3021

Вклад авторов

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

Contribution

All authors are equally involved 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 12/04/2021	**После редакции** 10/05/2021	**Принята в печать** 31/05/2021

Received 12/04/2021	**Accepted in revised** 10/05/2021	**Accepted** 31/05/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-291-299 Оригинальная статья/Research article
УДК 360 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Анализ инвестиционного потенциала Воронежской области

Елена Ю. Колесникова [1] elenakoles@ya.ru 0000-0002-0190-965X
Юлия Н. Дуванова [1] dyvanova@mail.ru 0000-0001-9579-7013

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

Аннотация. Инвестиционные процессы, являясь неотъемлемой частью рыночной экономики, имеют весомое влияние на макроэкономические показатели, налоговый потенциал, финансовую устойчивость, экономический рост, конкурентоспособность объекта инвестирования, региона и государства в целом. Поэтому такие экономические категории как «инвестиции», «инвестиционная привлекательность», «инвестиционный климат» интересуют как объект исследования многих ученых-теоретиков и практиков-экономистов. В значительной степени обеспечение экономической безопасности страны характеризуется созданием эффективной системы организации контроля за финансовой деятельностью в государстве, которая ограничивает отток капитала из национальной экономики. В связи с этим необходимо комплексное решение юридической, политической и административной задачи защиты национальных интересов. Приоритетным в системе национальной безопасности является экономическая безопасность государства, характеризующаяся наличием стабильно развивающейся экономики. Ключевым индикатором «экономического здоровья» государства выступает наличие благоприятного инвестиционного климата, который характеризуется соотношением инвестиционной привлекательности и инвестиционных рисков, что находит свое проявление в масштабах, структуре и динамике инвестиционных процессов. Современные тенденции, свидетельствующие о нестабильности, неблагоприятной конъюнктуре и непрозрачности инвестиционной деятельности в российских условиях, подтверждают актуальность и своевременность настоящего исследования. Информационной базой исследования являются нормативные и законодательные акты Российской Федерации; основные научные труды отечественных и зарубежных ученых в пределах исследуемого проблемного поля; официальные материалы и оперативная информация Росстата; материалы научно-практических конференций, периодических изданий и сети Internet.

Ключевые слова: инвестиционный потенциал, инвестиционная привлекательность, инвестиционный риск, экономическая безопасность

Analysis of the investment potential of the Voronezh region

Elena Yu. Kolesnikova [1] elenakoles@ya.ru 0000-0002-0190-965X
Yulia N. Duvanova [1] dyvanova@mail.ru 0000-0001-9579-7013

1 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. Investment processes, being an integral part of the market economy, have a significant impact on macroeconomic indicators, tax potential, financial stability, economic growth, competitiveness of the investment object, the region and the state as a whole. Therefore, such economic categories as "investment", "investment attractiveness", "investment climate" are of interest as an object of research for many theoretical scientists and practical economists. To a large extent, ensuring the economic security of the country is characterized by the creation of an effective system for organizing control over financial activities in the state, which limits the outflow of capital from the national economy. In this regard, a comprehensive solution to the legal, political and administrative task of protecting national interests is required. The priority in the national security system is the economic security of the state, characterized by the presence of a steadily developing economy. The key indicator of the "economic health" of the state is the presence of a favorable investment climate, which is characterized by the ratio of investment attractiveness and investment risks, which is manifested in the scale, structure and dynamics of investment processes. Current trends that indicate instability, unfavorable market conditions and lack of transparency in investment activities in the Russian context confirm the relevance and timeliness of this study. The information base of the research is the normative and legislative acts of the Russian Federation; the main scientific works of domestic and foreign scientists within the studied problem field; official materials and operational information of Rosstat; materials of scientific and practical conferences, periodicals and the Internet.)

Keywords: investment potential, investment attractiveness, investment risk, economic security

Введение

Инвестиционные процессы, являясь неотъемлемой частью рыночной экономики, имеют весомое влияние на макроэкономические показатели, налоговый потенциал, финансовую устойчивость, экономический рост, конкурентоспособность объекта инвестирования, региона и государства в целом. Поэтому такие экономические категории как «инвестиции», «инвестиционная привлекательность», «инвестиционный климат»

Для цитирования

Колесникова Е.Ю., Дуванова Ю.Н. Анализ инвестиционного потенциала Воронежской области // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 291–299. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-291-299

For citation

Kolesnikova E.Yu., Duvanova Yu.N. Analysis of the investment potential of the Voronezh region. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 291–299. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-291-299

© 2021, Колесникова Е.Ю. и др. / Kolesnikova E.Yu. et al.

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

интересуют как объект исследования многих ученых-теоретиков и практиков-экономистов.

Термин «инвестиция» (от лат. investire – облачать), в узком смысле означает вложение капитала в объекты инвестирования с целью получения дохода, или обеспечения возрастания его стоимости в будущем периоде.

В более широком смысле – это денежные средства, имущественные и интеллектуальные ценности государства или физических лиц, направляемые на создание новых предприятий, расширение, реконструкцию и техническое перевооружение действующих, приобретение недвижимости, акций, облигаций и других ценных бумаг и активов с целью получения прибыли или иного положительного эффекта.

Процесс вложения капитала в объекты основных средств начинается из принятия решения о данном инвестировании на основании анализа соответствующих критериев и показателей. Одним из таких, наиболее общих критериев, является оценка инвестиционного климата и инвестиционного потенциала на макроуровне.

Методы исследования

Использованы общенаучные и специальные методы, которые позволяют системно решать проблемные задачи по избранного направления исследования. Теоретические и прикладные разработки базируются на положениях общей теории управления, экономического менеджмента, стратегического управления и на использовании таких методов, как: системный подход – при общем изучении аспектов влияния инвестиционного климата на экономическую безопасность региона; индукция и дедукция – при исследовании и определении содержательного наполнения дефиниций; анализ и синтез с применением абстрагирования – при исследовании инвестиционной привлекательности региона; моделирование и формализация – при разработке рекомендаций по повышению уровня экономической безопасности региона и его инвестиционной привлекательности; графический метод – при иллюстрации результатов проведенного анализа.

Обсуждение

Инвестиционный потенциал региона, как качественный критерий инвестиционного климата, является сложным и наиболее пристально изучаемым инвесторами параметром, который сможет обеспечить эффективность инвестиционного проекта. Данный критерий является одним из решающих показателей в принятии решения об инвестировании венчурных объектов и формировании инвестиционных проектов [1, 6–10].

Рост инвестиционного потенциала, (который выражается в улучшении качества составляющих элементов по динамике определенных показателей, использованных в методике анализа) увеличивает инвестиционную привлекательность региона, что способствует устойчивому и постоянному развитию и совершенствованию экономики региона.

Инвестиционный потенциал и привлекательность региона формируется в условиях влияния множества внутренних и внешних факторов. Поэтому провести его оценку можно на основе анализа частных показателей, формирующих производственный, трудовой, потребительский, ресурсно-сырьевой, инновационный, институциональный, инфраструктурный, финансовый и другие потенциалы региона.

Показатели оценки инвестиционного потенциала регионов Российской Федерации разрабатываются и публикуются рядом рейтинговых агентств, среди которых наиболее популярна методика «Эксперт РА» [2, 11].

По данным экспертного агентства мы составили матрицу распределения российских регионов по рейтингу инвестиционного климата в 2018 г. (таблица 1).

В данной матрице Воронежская область относится к ячейке 3А1 – с пониженным инвестиционным потенциалом, присоединяясь еще к 11 регионам (среди которых Калужская, Курская, Липецкая, Тульская и другие области), что составляет 13,1% всех регионов Российской Федерации. Данный регион поступается 2 ступенями в матрице, где первую ячейку с максимальным потенциалом занимают 4 наиболее привлекательных региона – Московская область, Краснодарский край, г. Москва и г. Санкт-Петербург [2, 12].

По данным «Эксперт РА», среди 84 регионов-объектов инвестирования Воронежская область занимает 19-ю позицию с показателем доли в общероссийском потенциале 2017 года – 1,315%, который увеличился за год на 0,018% пункта, но не повлек повышения инвестиционной позиции в общем рейтинге (таблица 2) [2].

Таблица 1.

Матрица распределения российских регионов по рейтингу инвестиционного климата в 2017 г.

Table 1.

Matrix of the distribution of Russian regions according to the investment climate rating in 2017

	1	2	3
A	Максимальный потенциал – минимальный риск (1A); 4 региона (4,8%) Maximum potential – minimum risk (1A); 4 regions (4.8%)	Средний потенциал – минимальный риск (2A); 6 регионов (7,1%) Average potential – minimal risk (2A); 6 regions (7.1%)	
A1			Пониженный потенциал – минимальный риск (3A1); 11 регионов (13,1%) Reduced potential – minimal risk (3A1); 11 regions (13.1%)
A2			Незначительный потенциал – минимальный риск (3A2); незанятая позиция Negligible potential – minimal risk (3A2); unoccupied position
B	Высокий потенциал – умеренный риск (1B); 1 регион (1,2%) High potential – moderate risk (1B); 1 region (1.2%)	Средний потенциал – умеренный риск (2B); 7 регионов (8,3%) Medium potential – moderate risk (2B); 7 regions (8.3%)	
B1			Пониженный потенциал – умеренный риск (3B1); 29 регионов (34,5%) Reduced potential – moderate risk (3B1); 29 regions (34.5%)
B2			Незначительный потенциал – умеренный риск (3B2); 13 регионов (15,5%) Negligible potential – moderate risk (3B2); 13 regions (15.5%)
C	Максимальный потенциал – высокий риск (1C); незанятая позиция Maximum Potential – High Risk (1C); unoccupied position	Средний потенциал – высокий риск (2C); незанятая позиция Medium potential – high risk (2C); unoccupied position	
C1			Пониженный потенциал – высокий риск (3C1); 3 региона (3,6%) Reduced potential – high risk (3C1); 3 regions (3.6%)
C2			Незначительный потенциал – высокий риск (3C2); 9 регионов (10,7%) Low potential – high risk (3C2); 9 regions (10.7%)
D			Низкий потенциал – экстремальный риск (3D); 1 регион (1,2%) Low potential – extreme risk (3D); 1 region (1.2%)

Таблица 2.

Инвестиционный потенциал российских регионов в 2017 г. (в рейтинге 84 позиции)

Table 2.

Investment potential of Russian regions in 2017 (84 positions in the rating)

Ранг потенциала Potential rank		Регион Region	Доля в обще российском потенциале, 2017 г.,% Share in total Russian potential, 2017,%	Изменение доли в потенциале, 2017 г. / 2016 г., п. п. Change in the share in potential, 2017/16, p.p.	Ранги составляющих инвестиционного потенциала в 2017 г. Ranks of the components of the investment potential in 2017								
2017	2016				трудовой labor	потребительский consumer	производственный industrial	финансовый financial	институциональный institutional	инновационный innovative	инфраструктурный infrastructural	природо-ресурсный natural resource	туристический tourist
1	1	г. Москва Moscow	14,412	–0,099	1	1	1	1	1	1	1	84	1
2	2	Московская область Moscow region	5,860	–0,008	2	2	3	2	3	2	3	51	3
3	3	г. Санкт-Петербург St. Petersburg	4,949	+0,297	3	3	2	3	2	3	6	85	4
18	18	Иркутская область Irkutsk region	1,385	–0,048	20	24	19	18	19	24	73	7	15
19	19	Воронежская область Voronezh region	1,315	+0,018	18	15	18	21	14	16	15	50	28
20	20	Республика Саха (Якутия) The Republic of Sakha (Yakutia)	1,273	+0,062	55	42	32	25	54	53	83	2	68
42	42	Мурманская область Murmansk region	0,762	0,000	58	58	50	41	52	62	47	11	59
83	83	Республика Калмыкия Republic of Kalmykia	0,198	+0,020	78	81	85	83	80	46	82	49	83
84	85	Республика Алтай Altai Republic	0,180	-0,013	82	82	81	85	81	84	80	61	63

В данном рейтинге низменно лидируют г. Москва (14,41%), Московская область (5,86%) и г. Санкт-Петербург (4,95%). Воронежская область стабильно уступает Иркутской области (1,39%), что размещается на 18-ой позиции, опережая Республику Саха (Якутия) с 20-й позицией [2, 13]

Среди составляющих инвестиционного потенциала в 2017 году регион имеет хороший институциональный, потребительский, инфраструктурный, инновационный, производственный и трудовой потенциалы; слабее – финансовый и туристический; слабый природно-ресурсный потенциал.

Данный метод анализа имеет ряд преимуществ, в частности: оценка показателей осуществляется группой экспертов, осведомленных и опытных в данной области; предоставляется готовый интегральный результат анализа региона. Но значительным недостатком использования рейтингов является и изрядная субъективность [1, 14]

Более объективным методом оценки инвестиционного потенциала региона можно назвать анализ отдельных статистических показателей, определяющих условия инвестирования, минимизируя экспертные оценки. Недостатки проявляются в необходимости дополнительного применения моделей, формирующих интегральный конечный результат на основе учета немалого количества различных параметров, в колоссальной трудоемкости систематизирования обобщенного результата оценки [3, 15].

Проведем анализ инвестиционного потенциала и привлекательности Воронежской области на основе статистических данных при помощи оценки частных потенциалов (таблица 3)

Экономика региона показывает относительно невысокие показатели производственного потенциала. Воронежская область в 2018 году занимала 7-е место в ЦФО по основному показателю развития региона – ВРП на душу населения (в 2016 году – 5-е место).

Об улучшении потенциала говорит положительная динамика ВРП (валового регионального продукта) на душу населения и ИПП в% к предыдущему году. Хотя мы видим замедление темпов динамики этих показателей, а случае последнего – снижение в 2015 и 2017 гг., что является свидетельством влияния глобального финансового кризиса, который начался в 2014 году и подверженнее экономики Воронежской области глобальным процессам (таблица 3).

Таблица 3.

Результаты оценки инвестиционного потенциала Воронежской области

Table 3.

Results of the assessment of the investment potential of the Voronezh region

№ п/п	Показатели Indicators	2014	2015	2016	2017	2018
а	б	в	г	д	е	ж
Рейтинговая оценка, присвоенная агентством «Эксперт РА» Rating score assigned by Expert RA agency		ЗА1 – пониженный потенциал ZA1 – reduced potential				
Производственный потенциал | Production potential						
1	ВРП на душу населения, тыс. руб. / чел. GRP per capita, thousand rubles / person	307,9	345,4	350,1	371,9	404,8
– темп прироста,% (+, –) growth rate,% (+, -)		+17,2	+12,1	+1,4	+6,2	+8,9
2	Индекс промышленного производства (ИПП), в% к предыдущему году Industrial production index (IPP),% of the previous year	108,0	103,7	104,4	106,7	105,5
– темп прироста,% (+, –) growth rate,% (+, -)		+1,9	–4,3	+0,7	+2,3	-1,2
Трудовой потенциал | Labor potential						
3	Население в трудоспособном возрасте по отношению к всему населению региона,% Working-age population in relation to the entire population of the region,%	57,6	56,8	56,1	55,5	54,8
– темп прироста,% (+, –) growth rate,% (+, -)		-0,7	–0,8	–0,7	–0,6	-1,3
4	Среднегодовая численность занятых в экономике, тыс. чел. Average annual number of people employed in the economy, thousand people	1055,3	1051,7	1094,8	1102.1	1123,6
– темп прироста,% (+, –) growth rate,% (+, -)		–0,2	–0,3	+4,1	+0,7	+2,0
5	Численность студентов образовательных учреждений высшего профессионального образования тыс. чел. Number of students in educational institutions of higher professional education, thous.	99,0	91,8	88,9	87,0	82,0
– темп прироста,% (+, –) growth rate,% (+, -)		–6,8	–7,3	–3,2	–2,1	-5,7
Потребительский потенциал | Consumer potential						
6	Денежные доходы на душу населения в среднем за месяц, руб. / чел. Average monthly income per capita, rubles / person	25505	29922	29576	29397	31432
– темп прироста,% (+, –) growth rate,% (+, -)		+15,6	+17,3	–1,2	–0,6	+6,9
7	Стоимость фиксированного набора потре бительских товаров и услуг в месяц, руб. Cost of a fixed set of consumer goods and services per month, rubles	11234	12661	13395	13828	14578
– темп прироста,% (+, –) growth rate,% (+, -)		+14,4	+12,7	+5,8	+3,2	+5,4

Продолжение таблицы 3 | Continuation of table 3

а	б	в	г	д	е	ж
Инфраструктурный потенциал | Infrastructure potential						
8	Протяженность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием, км | Length of public roads with hard surface, km	16872	17094	17621	18035	18309
– темп прироста,% (+, –) growth rate,% (+, -)		+1,3	+1,3	+3,1	+2,3	+1,5
9	Эксплуатационная длина железнодорож ных путей общего пользования, км Operating length of public railways, km	1150	1150	1150	1194	1194
– темп прироста,% (+, –) growth rate,% (+, -)		–	–	–	+3,8	–
Финансовый потенциал | Financial potential						
10	Поступление налогов и сборов в бюджет региона, млн. руб. Receipt of taxes and fees to the regional budget, mln. Rub.	53937,7	54510,3	60702,4	65482,2	70887,7
– темп прироста,% (+, –) growth rate,% (+, -)		5,6	+1,1	+11,4	+7,9	+8,3
11	Доходы консолидированного бюджета, млн. руб. Consolidated budget revenues, million rubles	93594	98442	105615	114195	120206
– темп прироста,% (+, –) growth rate,% (+, -)		+2,3	+5,2	+7,3	+8,1	+5,2
12	Расходы консолидированного бюджета, млн. руб. Consolidated budget expenditures, million rubles	106685	105085	104595	108404	107359
– темп прироста,% (+, –) growth rate,% (+, -)		+6,5	–1,5	–0,5	+3,6	–1,0
Институциональный потенциал | Institutional capacity						
13	Число малых предприятий по отношению к общему число предприятий, % The number of small enterprises in relation to the total number of enterprises,%	42,1	57,2	65,0	61,2	61,7
– темп прироста,% (+, –) growth rate,% (+, -)		+6,7	+15,1	+7,8	–3,8	+0,5
14	Степень монополизации в регионе, % The degree of monopolization in the region,%	0,27	0,29	0,31	0,31	0,33
– темп прироста,% (+, –) growth rate,% (+, -)		0,01	+0,02	+0,02	–	+0,02
Инновационный потенциал | Innovative potential						
15	Внутренние затраты на исследования и разработки, млн руб. Internal costs for research and development, RUB mln	6348,1	6379,8	6436,1	8164,5	8208,5
– темп прироста,% (+, –) growth rate,% (+, -)		+2,8	+0,5	+0,9	+26,8	+0,5
16	Число организаций, выполнявших исследования и разработки, ед. The number of organizations that carried out research and development, units	53	63	63	65	69
– темп прироста,% (+, –) growth rate,% (+, -)		–5,3	+8,9	–	+3,2	+6,1
Ресурсно-сырьевой потенциал | Resource potential						
17	Отношения площади территории региона к площади территории ЦФО, % The ratio of the area of the region's territory to the area of the Central Federal District,%	8,0				
18	Посевные сельскохозяйственные площади, тыс. га Sown agricultural areas, thousand hectares	2548,6	2590,5	2548,1	2617,9	2603,5
– темп прироста,% (+, –) growth rate,% (+, -)		+0,6	+1,6	–1,6	+2,7	–0,6

Трудовой потенциал характеризуется увеличением числа занятых в экономике, но происходит это за счет притока мигрантов, в основном низкоквалифицированной рабочей силы. Уменьшение числа студентов высших образовательных учреждений довольно серьезная проблема в вопросе формировании высококвалифицированных кадров, но регион продолжает занимать 3-е место в ЦФО по количеству студентов.

Уровень потребительского потенциала хороший и обеспечен ростом доходов на душу населения, но мер на обеспечение стабильности роста недостаточно, о чем свидетельствует отрицательная динамика данного показателя в 2016–2017 гг. К негативным факторам развития потенциала относится рост стоимости фиксированного набора потребительских товаров, что показывает снижение доступности некоторых слоев населения (с низким уровнем доходов) к товарам первой необходимости.

Инфраструктурный потенциал региона – на высоком уровне. Благоприятное географическое положение области создает удобство движения транспортных потоков как с севера на юг страны, так и с запада на восток, что помогает в расширении экономических связей.

Учитывая экспертную оценку агентства «Эксперт РА» можно говорить о невысоком финансовом потенциале региона. Темп роста доходов консолидированного бюджета превышает расходы с 2016 года, что, как и увеличение поступлений налогов и сборов в бюджет региона, является положительным показателем, влияющим на финансовый потенциал. Уровень инфляции в регионе падает последние 3 года. По уровню инфляции Воронежская область занимает 17-е место в ЦФО в 2018 году.

Хорошие институциональные показатели, при этом ощутимое развитие принадлежит малому предпринимательству. По числу индивидуальных предпринимателей и малых предприятий

область в 2017–2018 годах занимала 3-е место в Центральном федеральном округе. Кроме того, незначительный степень монополизации свидетельствует о конкурентной рыночной среде, что положительно влияет на институциональный потенциал и развитие бизнеса регионе.

Инновационный потенциал региона улучшается благодаря активной инновационной деятельности организаций, выполнявших исследования и разработки, число которых увеличилось за 5 лет на 16 ед. (или на 30,2%). Увеличение затрат на исследования и разработки в 2017 году поднимает регион с 8-го на 6-е место в ЦФО.

Ресурсно-сырьевой потенциал региона находятся на высоком уровне, что обеспечивается благоприятными климатическими условиями, которые влияют на развитие сельского хозяйства (в 2017 году по посевной площади 3-е место в ЦФО).

И так, согласно оценке «Эксперт РА», Воронежская область имеет хороший инвестиционный потенциал и может быть интересна потенциальным инвесторам, которым важен высокий уровень институционального, потребительского, инфраструктурного, инновационного потенциала. Организация бизнеса, который ориентируется на природно-ресурсный потенциал может быть проблематичной и быть менее эффективной.

По итогам многофакторного анализа регион имеет пониженный инвестиционный потенциал, уровень которого удерживается высоким институциональным, инфраструктурным, инновационным и потребительским потенциалом. Воронежская область – развивающийся регион со средним потенциалом для привлечения инвестиционных средств. Однако, уровень активности инвесторов ниже, чем в ведущих регионах России, а сконцентрированные в области ресурсы, способны привлечь большие объемы инвестиций [5, 16–20].

Заключение

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

Инвестиционный климат – это совокупность сложившихся в какой-либо стране политических, социально-культурных, финансово-экономических и правовых условий, определяющих качество предпринимательской инфраструктуры, эффективность инвестирования и степень возможных рисков при вложении капитала.

От качества и инвестиционного климата зависит инвестиционная активность региона, что определяет развитие потенциальных возможностей и элементов риска, создавая предпосылки для формирования качественной характеристики экономической системы, которая определяет ее способность поддерживать благоприятные условия жизнедеятельности отдельно взятого предприятия, отрасли, населения, устойчивое обеспечение ресурсами формирования народного хозяйства и последовательную реализацию региональных интересов, то есть его экономическую безопасность.

Дать точную количественную оценку инвестиционному климату крайне сложно, однако в современной экономической литературе его принято оценивать, как благоприятный, неблагоприятный или нейтральный.

Методы оценки инвестиционного климата подразделяются на три большие группы: экономико-математические, факторного анализа и экспертных оценок. Наиболее популярна в России методика рейтингового агентства «Эксперт РА».

Взаимосвязь инвестиционного климата и экономической безопасности региона является прямой и сильной, так как формируется под влиянием одних сил.

3. Согласно оценке рейтингового агентства «Эксперт РА» Воронежская область имеет хороший инвестиционный потенциал и может быть интересна потенциальным инвесторам, которым важен высокий уровень институционального, потребительского, инфраструктурного, инновационного потенциала.

По итогам многофакторного анализа регион имеет пониженный инвестиционный потенциал, уровень которого удерживается высоким институциональным, инфраструктурным, инновационным и потребительским потенциалом. Воронежская область – развивающийся регион со средним потенциалом для привлечения инвестиционных средств. Но, уровень активности инвесторов ниже, чем в ведущих регионах России, а сконцентрированные в области ресурсы, способны привлечь большие объемы инвестиций.

Литература

1 Галимова И.И., Пасынкова О.М., Чайковская Л.Н. Оценка инвестиционной привлекательности Воронежской области // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 2. С. 285–289.

2 Рейтинг инвестиционной привлекательности российских регионов. URL: http://www.raexpert.ru

3 Каньшина А.Н. Оценка инвестиционной привлекательности региона на примере Воронежской области // Молодой ученый. 2016. № 25. С. 288–292.

4 Официальный сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Воронежской области. URL: http://voronezhstat.gks.ru

5 Литвинова В.В. Инвестиционная привлекательность и инвестиционный климат региона: к вопросу о дефинициях и оценке // Международный научно-практический журнал «Вестник Финансового университета». 2014. № 1 (79). С. 139–152.

6 Коломыцева О.Ю., Дуванова Ю.Н., Колесникова Е.Ю. Методика оценки развития персонала организации // ФЭС: Финансы. Экономика. 2008. № 8. С. 44–46.

7 Овчинникова Т.И., Коломыцева О.Ю., Колесникова Е.Ю. Взаимосвязь инновационной деятельности с конкурентными преимуществами в реструктуризации бизнеса промышленных предприятий // Экономика и предпринимательство. 2014. № 12–2 (53). С. 746–750.

8 Golaydo I.M. et al. Evaluation, Forecasting and Management of the Investment Potential of the Territory // Journal of Applied Economic Sciences. 2017. V. 12. №. 2.

9 Zhang P., He Y., Feng Y., De La Torre R et al. An analysis of potential investment returns of planted forests in South China // New Forests. 2019. V. 50. №. 6. P. 943-968. doi.org/10.1007/s11056-019-09708-x

10 Wang Y., Bai G., Shao G., Cao Y. An analysis of potential investment returns and their determinants of poplar plantations in state-owned forest enterprises of China // New forests. 2014. V. 45. №. 2. P. 251-264. doi: 10.1007/s11056-014-9406-z

11 Polyakova A.G., Akhmetshin E.M., Pavlyuk A.V., Meshkova G.V. Investment appeal of a region and its impact on investment inflows // Entrepreneurship and Sustainability Issues. 2019. V. 7. №. 2. P. 1089. doi: 10.9770/jesi.2019.7.2(21)

12 Pullen T., Benson K., Faff R. A comparative analysis of the investment characteristics of alternative gold assets // Abacus. 2014. V. 50. №. 1. P. 76-92. doi: 10.1111/abac.12023

13 Bessler W., Wolff D. Do commodities add value in multi-asset portfolios? An out-of-sample analysis for different investment strategies // Journal of Banking & Finance. 2015. V. 60. P. 1-20. doi: 10.1016/j.jbankfin.2015.06.021

14 Abdelhafidh S. Potential financing sources of investment and economic growth in North African countries: A causality analysis //Journal of Policy Modeling. 2013. V. 35. №. 1. P. 150-169. doi: 10.1016/j.jpolmod.2012.01.001

15 Trachenko M.B., Dzhioev V.A. Express analysis of the investment appeal of regions // Finansy i kredit. 2018. V. 24. P. 2151-2165. doi: 10.24891/fc.24.9.2151

16 Ezhei M., Ladani B.T. Interdependency analysis in security investment against strategic attacks // Information Systems Frontiers. 2020. V. 22. №. 1. P. 187-201. doi: 10.1007/s10796-018-9845-8

17 Nyman E. et al. The Svalbard archipelago: an exploratory analysis of port investment in the context of the new arctic routes // Maritime Studies. 2020. V. 19. №. 1. P. 1-13. doi: 10.1007/s40152-019-00143-4

18 Kandogan Y. Regional foreign direct investment potential of the states within the US // Journal of Economics and Business. 2012. V. 64. №. 4. P. 306-322. doi: 10.1016/j.jeconbus.2012.03.004

19 Ohotina A., Lavrinenko O., Ignatjeva S., Lonska J. Socio-economic security as a determinant of regional differences in the investment climate in the region // Journal of Security & Sustainability Issues. 2018. V. 7. №. 3. doi: 10.9770/jssi.2018.7.3(5)

20 Tsepelev O.A., Serikov S.G. Procedure for regional investment potential assessment by institutional sectors of economy // Indian Journal of Science and Technology. 2016. V. 9. №. 14. P. 91523. doi: 10.17485/ijst/2016/v9i14/91523

References

1 Galimova I.I., Pasynkova O.M., Tchaikovskaya L.N. Assessment of the investment attractiveness of the Voronezh region. Proceedings of VSUET. 2019. vol. 81. no. 2. pp. 285–289. (in Russian).

2 Rating of investment attractiveness of Russian regions. Available at: http://www.raexpert.ru (in Russian).

3 Kanshina A.N. Assessment of the investment attractiveness of the region on the example of the Voronezh region. Young scientist. 2016. no. 25. pp. 288–292. (in Russian).

4 Official site of the Territorial Body of the Federal State Statistics Service for the Voronezh Region. Available at: http://voronezhstat.gks.ru (in Russian).

5 Litvinova V.V. Investment attractiveness and investment climate of the region: on the question of definitions and assessment. International scientific and practical journal "Bulletin of the Financial University". 2014. no. 1 (79). pp. 139–152. (in Russian).

6 Kolomytseva O.Yu., Duvanova Yu.N., Kolesnikova E.Yu. Methodology for assessing the development of the organization's personnel. FES: Finance. Economy. 2008. no. 8. pp. 44–46. (in Russian).

7 Ovchinnikova T.I., Kolomytseva O.Yu., Kolesnikova E.Yu. The relationship of innovation with competitive advantages in business restructuring of industrial enterprises. Economics and Entrepreneurship. 2014. no. 12–2 (53). pp. 746–750. (in Russian).

8 Golaydo I.M. et al. Evaluation, Forecasting and Management of the Investment Potential of the Territory. Journal of Applied Economic Sciences. 2017. vol. 12. no. 2.

9 Zhang P., He Y., Feng Y., De La Torre R et al. An analysis of potential investment returns of planted forests in South China. New Forests. 2019. vol. 50. no. 6. pp. 943-968. doi.org/10.1007/s11056-019-09708-x

10 Wang Y., Bai G., Shao G., Cao Y. An analysis of potential investment returns and their determinants of poplar plantations in state-owned forest enterprises of China. New forests. 2014. vol. 45. no. 2. pp. 251-264. doi: 10.1007/s11056-014-9406-z

11 Polyakova A.G., Akhmetshin E.M., Pavlyuk A.V., Meshkova G.V. Investment appeal of a region and its impact on investment inflows. Entrepreneurship and Sustainability Issues. 2019. vol. 7. no. 2. pp. 1089. doi: 10.9770/jesi.2019.7.2(21)

12 Pullen T., Benson K., Faff R. A comparative analysis of the investment characteristics of alternative gold assets. Abacus. 2014. vol. 50. no. 1. pp. 76-92. doi: 10.1111/abac.12023

13 Bessler W., Wolff D. Do commodities add value in multi-asset portfolios? An out-of-sample analysis for different investment strategies. Journal of Banking & Finance. 2015. vol. 60. pp. 1-20. doi: 10.1016/j.jbankfin.2015.06.021

14 Abdelhafidh S. Potential financing sources of investment and economic growth in North African countries: A causality analysis. Journal of Policy Modeling. 2013. vol. 35. no. 1. pp. 150-169. doi: 10.1016/j.jpolmod.2012.01.001

15 Trachenko M.B., Dzhioev V.A. Express analysis of the investment appeal of regions. Finansy i kredit. 2018. vol. 24. pp. 2151-2165. doi: 10.24891/fc.24.9.2151

16 Ezhei M., Ladani B.T. Interdependency analysis in security investment against strategic attacks. Information Systems Frontiers. 2020. vol. 22. no. 1. pp. 187-201. doi: 10.1007/s10796-018-9845-8

17 Nyman E. et al. The Svalbard archipelago: an exploratory analysis of port investment in the context of the new arctic routes. Maritime Studies. 2020. vol. 19. no. 1. pp. 1-13. doi: 10.1007/s40152-019-00143-4

18 Kandogan Y. Regional foreign direct investment potential of the states within the US. Journal of Economics and Business. 2012. vol. 64. no. 4. pp. 306-322. doi: 10.1016/j.jeconbus.2012.03.004

19 Ohotina A., Lavrinenko O., Ignatjeva S., Lonska J. Socio-economic security as a determinant of regional differences in the investment climate in the region. Journal of Security & Sustainability Issues. 2018. vol. 7. no. 3. doi: 10.9770/jssi.2018.7.3(5)

20 Tsepelev O.A., Serikov S.G. Procedure for regional investment potential assessment by institutional sectors of economy. Indian Journal of Science and Technology. 2016. vol. 9. no. 14. pp. 91523. doi: 10.17485/ijst/2016/v9i14/91523

Сведения об авторах

Елена Ю. Колесникова к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, elenakoles@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-0190-965X

Юлия Н. Дуванова к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия), dyvanova@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-9579-7013

Information about authors

Elena Yu. Kolesnikova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, elenakoles@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-0190-965X

Yulia N. Duvanova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, dyvanova@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-9579-7013

Вклад авторов

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

Contribution

All authors are equally involved 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 21/04/2021	**После редакции** 13/05/2021	**Принята в печать** 03/06/2021

Received 21/04/2021	**Accepted in revised** 13/05/2021	**Accepted** 03/06/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-300-311 Оригинальная статья/Research article
УДК 338.45:621 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Оценка экономической эффективности проведения Fmea–анализа (на примере сборки каркасных узлов хвостового оперения самолетов на ПАО «ВАСО»)

Юрий А. Саликов [1] saural@rambler.ru 0000-0003-2211-1978
Марина И. Самогородская [2] marta17@ya.ru 0000-0001-7409-1396

1 Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия
2 Воронежский государственный технический университет, ул. 20-летия Октября, 84, г. Воронеж, 394006, Россия

Аннотация. Проблемы повышения качества технологических процессов на отечественных предприятиях в силу своей высокой актуальности находят отражение в многочисленных публикациях как теоретического, так и практического характера. Однако процедуры оценки эффективности в научной и нормативной литературе обозначены, как правило, лишь схематично и в должной мере не прописаны. В связи с этим на практике возникают сложности с выбором механизмов и методов оценки. Приоритетным механизмом совершенствования деятельности предприятия в области качества является измерение результативности и эффективности действующей системы менеджмента качества. По нашему мнению, любое мероприятие, направленное на улучшение качества должно быть экономически обосновано еще на стадии его планирования. В статье предлагается механизм оценки экономической эффективности применения одного из инструментов управления качеством – анализа видов, последствий и причин потенциальных последствий процесса промышленного производства. Цель данного анализа заключается в обеспечении выполнения всех требований по качеству технологического процесса с повышенным риском за счет разработки корректирующих мероприятий, позволяющих устранить появление вероятных отказов. В статье приводится пример проведения данного анализа по конкретному технологическому процессу. Представленный механизм оценки экономической эффективности СМК основывается на реальных финансовых показателях работы предприятия и может быть использован на отечественных промышленных предприятиях для соизмерения затрат и результатов вложений в управление качеством продукции (работ, услуг).

Ключевые слова: система менеджмента, качество, учет затрат, механизм учета, методология FMEA

Evaluation of the cost-effectiveness of fmea analysis (assembly of aircraft tail as-semblies at PJSC VASO)

Yurii A. Salikov [1] saural@rambler.ru 0000-0003-2211-1978
Marina I. Samogorodskaya [2] marta17@ya.ru 0000-0001-7409-1396

1 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia
2 Voronezh State Technical University , 20th anniversary of October, 84, Voronezh, 394006, Russia)

Abstract. The problems of improving the quality of technological processes in domestic enterprises due to their high relevance are reflected in numerous publications of both theoretical and practical nature. However, the performance assessment procedures in the standards are schematically not properly spelled out. This makes it difficult in practice to choose evaluation mechanisms and methods. The priority mechanism of improvement of the enterprise's activity in the field of quality is measurement of efficiency and efficiency of the current quality management system. In our opinion, any activity aimed at improving quality should be economically justified at the stage of its planning. The article proposes a mechanism for assessing the cost-effectiveness of using one of the tools of quality management – analysis of the types, consequences and causes of potential consequences of the industrial production process. The purpose of this analysis is to ensure that all process quality requirements with increased risk are met by developing corrective measures to eliminate the occurrence of probable failures. The article provides an example of such a process-specific analysis. The presented mechanism for assessing the economic efficiency of QMS is based on the real financial performance of the enterprise and can be used at domestic industrial enterprises to measure the costs and results of investments in product (work, services) quality management.

Keywords: management system, quality, cost accounting, accounting mechanism, FMEA methodology

Введение

Проблемы повышения качества технологических процессов на отечественных предприятиях находят свое отражение в многочисленных публикациях как теоретического, так и практического характера. Существуют различные методологии, методы и инструменты, позволяющие решать эти проблемы. Совсем иначе обстоят дела с экономическими аспектами управления качеством. В международных и национальных стандартах эти вопросы освещены довольно ограниченно.

В частности, в стандарте ГОСТ Р ИСО 9004: 2001 приведены рекомендации по улучшению деятельности предприятий за счет организации учёта, оценки и анализа затрат на качество [1]. Британский стандарт BS 6143 «Руководство по экономике качества» и технический отчёт

Для цитирования
Саликов Ю.А., Самогородская М.И. Оценка экономической эффективности проведения Fmea–анализа (на примере сборки каркасных узлов хвостового оперения самолетов на ПАО «ВАСО») // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 300–311. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-300-311

For citation
Salikov Yu.A., Samogorodskaya M.I. Evaluation of the cost-effectiveness of fmea analysis (assembly of aircraft tail as-semblies at PJSC VASO). *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 300–311. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-300-311

© 2021, Саликов Ю.А. и др. / Salikov Yu.A. et.al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

ГОСТ Р ИСО/ТО 10014 -2005 «Руководящие принципы управления экономикой качества» определяют направления развития и улучшения СМК в области повышения эффективности [2]. В стандарте ГОСТ Р ИСО 1014–2008 г. акцентировано внимание «на оптимизации систем мониторинга процессов СМК и оценке эффективности результатов корректирующих и предупреждающих действий с точки зрения их адекватности «желаемым результатам», а также степени влияния на достижение бизнес-целей предприятия и совершенствование СМК» [3]. В стандарте ГОСТ Р ИСО 9001. 2015 проблемы эффективности СМК также затронуты вскользь. В частности, в параграфе № 5 «Лидерство» отмечается, что высшее руководство должно принимать на себя ответственность за эффективность системы [5].

Таким образом, если вопросы оценки затрат на качество хотя бы регламентированы в ГОСТ Р ИСО 9004 – 2001, то вопросы оценки экономической эффективности мероприятий по повышению качества процессов (продукции) в стандартах всего лишь просто обозначены. И лишь редкие публикации немногочисленных авторов, заинтересованных в решении данной задачи, отчасти восполняют имеющийся пробел [6, 8, 13, 15, 16].

«Проводимые на предприятии внутренние проверки качества, регламентированные стандартами, лишь подтверждают соответствие или выявляют несоответствия процессов, процедур, организационной структуры и ресурсов требованиям системы менеджмента качества предприятия. Они в малой степени могут оценить эффективность их функционирования или использования. Это объясняется тем, что внутренние проверки качества проводятся периодически, выборочно по отдельному элементу СМК или в каком-либо подразделении. Они никоим образом не могут обеспечить постоянной, системной оценки эффективности функционирования элементов СМК и всей системы в целом» [11].

Материалы и методы

По нашему мнению, любое мероприятие, направленное на улучшение качества должно быть экономически обосновано еще на стадии его планирования. В данной статье мы предлагаем вариант оценки экономической эффективности проведения FMEA–анализа конкретного технологического процесса, выполняемого на конкретном предприятии машиностроительного комплекса.

Методология FMEA была разработана в США в 60-е годы прошлого века в ходе проектирования космического корабля «Аполлон». В последствии метод нашел применение в ядерной технике, медицине, автомобильной и других отраслях промышленности США, Европы и Японии. В ряде отраслей промышленности метод стал основой обеспечения качества. Метод FMEA – «это систематизированная совокупность мероприятий, целью которых является обнаружение места возможного нахождения потенциальных отказов продукции и процесса, определение действий, которые могут устранить или уменьшить вероятность их возникновения, и документирование всех этих мероприятий» [4]. Преимущества использования данного метода заключаются в возможности предотвращения появления дефектов, повышения безопасности продукции и, как следствие – удовлетворенности потребителей. Поскольку метод ориентирован на «внедрение» качества в продукцию, его целесообразно применять как можно раньше, еще до начала производства. В то же время применение метода может дать положительный результат как для функционирующего процесса, так и для изготовленной продукции [4, 11].

Методология FMEA строится на трех основополагающих принципах [18, 22]:

1. Для характеристики любого дефекта (отказа) анализируемого изделия достаточно всего трех критериев:

— значимость, измеряемая в контексте тяжести последствий данного отказа;

— относительная частота (вероятность) появления;

— относительная частота (вероятность) обнаружения дефекта (отказа) или его причины ещё на предприятии изготовителе.

Каждый из обозначенных критериев оценивается экспертами по шкале в диапазоне от 1 до 10. При этом, чем больше значимость или частота появления отказа, тем выше соответствующие оценки. Далее путем перемножения этих оценок по трем критериям рассчитывается интегральная (обобщенная) оценка критичности данного отказа. По сути, она представляет собой приоритетный коэффициент риска, который может измеряться в интервале от 1 до 1000. Чем выше коэффициент риска, тем больше проблем предприятию может принести данный дефект (отказ). Интегральная оценка сравнивается с принятым на предприятии предельным значением приоритетного коэффициента риска. В случае, если она выше этого коэффициента, следует вывод, что данная конструкция и / или технология должны быть доработаны.

2. Процедуру FMEA по определенному алгоритму выполняет так называемая «перекрёстно-функциональная» команда, включающая разнородных специалистов. В основе работы команды лежит метод «мозгового штурма».

В случаях, когда конструкция изделия и технология его производства неразрывны, создаётся единая FMEA – команда, анализирующая в комплексе конструкцию и процесс производства изделия.

3. К уровню квалификации всех членов FMEA-команды предъявляются достаточно жесткие требования. Все исполнители должны иметь большой практический опыт работы с аналогичными изделиями и технологиями в прошлом.

В процессе проведения FMEA–анализа выявляются: потенциальные дефекты, связанные или с отказом функционального элемента (разрушение, поломка) или с неправильным использованием функций элемента; потенциальные причины дефектов; потенциальные последствия дефектов для потребителя, поскольку каждый из дефектов может вызвать цепочку отказов всего объекта [20].

В настоящее время FMEA-анализ представляет собой стандартную технологию анализа качества изделий и процессов, осуществляемую по определенным правилам с применением типовых форм представления результатов анализа. Основными этапами FMEA-анализа на ПАО «ВАСО» являются следующие:

1. Образование FMEA-команды, выбор ведущего;

2. Сбор и анализ информации по проекту;

3. Ознакомление с предложенными проектами технологического процесса;

4. Экспертное определение потенциальных дефектов, их последствий и причин;

5. Оценка комплексного риска дефекта по критериям: S, O, D;

6. Выбор «наихудшего» последствия с максимальным баллом S;

7. Оценка для данного дефекта / причины баллов O и D;

8. Вычисление приоритетного числа риска для данного дефекта / причины (ПЧР);

9. Сравнение ПЧР с критической границей $ПЧР_{ГР}$.;

10. Доработка конструкции и (или) технологического процесса по коллективной идее FMEA-команды;

11. Составление окончательного протокола по результатам работы FMEA-команды и его подписание.

Для каждого последствия дефекта экспертно определяют параметр тяжести последствия для потребителя (балл значимости S) при помощи таблицы баллов значимости. Балл значимости изменяется от 1 для наименее значимых по ущербу дефектов до 10 – для наиболее значимых по ущербу дефектов.

В дальнейшем при работе FMEA-команды и выставлении приоритетного числа риска (ПЧР) используют один максимальный балл значимости S из всех последствий данного дефекта.

Для каждой потенциальной причины дефекта экспертно определяют параметр частоты возникновения дефекта (балл возникновения O). При этом рассматривается предполагаемый процесс изготовления и экспертно оценивается частота данной причины, приводящей к рассматриваемому дефекту. Балл возникновения изменяется от 1 для самых редко возникающих дефектов до 10 – для дефектов, возникающих почти всегда.

Для данного дефекта и каждой отдельной причины определяют параметр вероятности обнаружения дефекта в ходе предполагаемого процесса изготовления (балл обнаружения D). Балл обнаружения изменяется от 10 для практически не обнаруживаемых дефектов (причин) до 1 – для практически достоверно обнаруживаемых дефектов (причин).

После получения экспертных оценок S, O, D вычисляют приоритетное число риска ПЧР по формуле:

$$ПЧР = S \cdot O \cdot D., \quad (1)$$

где S – балл значимости дефекта;O – балл возникновения дефекта;D – балл обнаружения дефекта.

Для дефектов, имеющих несколько причин, определяют соответственно несколько ПЧР. Каждое ПЧР может иметь значения от 1 до 1000.

Для приоритетного числа риска критическая граница ($ПЧР_{ГР}$) установлена 100.

В процессе FMEA–анализа выявляется перечень дефектов / причин, для которых значение ПЧР превышает $ПЧР_{ГР}$. Для каждого дефекта / причины с ПЧР $\geq$ $ПЧР_{ГР}$FMEA-команда должна предпринимать усилия к снижению этого расчетного показателя посредством доработки конструкции и (или) производственного процесса. В этом случае разрабатываются корректирующие и (или) предупреждающие действия. После того, как действия по доработке определены, необходимо оценить и записать значения баллов значимости S, возникновения O и обнаружения D для нового предложенного варианта конструкции и (или) производственного процесса. Следует проанализировать новый предложенный вариант, подсчитать и записать значение нового ПЧР по схеме в соответствии блок-схемой. Данный анализ делается после реализации действий по доработке конструкции и (или) производственного процесса и является оценкой результативности этих действий. Однако, для оценки целесообразности предложенных действий анализ может быть проведен непосредственно после формулировки предложение по доработке. В этом случае новое ПЧР следует

рассматривать как предполагаемый эффект от нововведения [18].

Результаты и обсуждение

Экономические аспекты применения метода FMEA рассмотрим на примере сборки каркасных узлов хвостового оперения самолетов на ПАО «ВАСО». В ходе этого технологического процесса возникают многочисленные дефекты, большая часть из которых так и не подвергается последующей доработке. В результате проведенного в рамках СМК ПАО «ВАСО» исследования вышеназванного техпроцесса были выявлены 10-ть типовых видов дефектов, характеристика которых представлена в таблице 1.

Для повышения качества сборки каркасных узлов хвостового оперения на ПАО «ВАСО» предлагается на регулярной основе использовать FMEA – это анализ, позволяющий выявить наиболее критические факторы производственных процессов с целью последующего управления качеством продукции. FMEA–анализ проводится для разрабатываемых продуктов и процессов для снижения риска получения потребителем потенциальных дефектов.

В таблице 2 представим результаты оценки параметра риска потребителя по наиболее значимым дефектам сборки каркасных узлов хвостового оперения самолетов на ПАО «ВАСО».

Таблица 1.

Характеристика дефектов, возникающих в ходе сборки каркасных узлов хвостового оперения

Table 1.

Characteristics of defects occurring during the assembly of tail frame assemblies

Содержание дефекта Defect Content	Причины Reasons	Методустранениядефекта Method of defect elimination
1	2	3
Не прямолинейность нервюр 5,6,7,9 устраняется при установки съемной панели киля Not straightforward ribs 5,6,7,9 is eliminated at installation of removable keel panel Отсутствует жесткость нервюр No rib stiffness	Ошибка рабочего при установке оснастки Working error while installing snap-in	Без доработки Without rework
По концевой нервюре установлены заклепки по ЭКД без учета ПИ 1203.33094501.01 п № 4 Rivets are installed along the end rib as per EKD excluding PI 1203.33094501.01 p. 4 Неучлиизвещение id not take into account the notice	Ошибка слесаря-сборщика при сборке агрегата. Assembly fitter failed to assemble the unit. Ошибка работника архива, не вовремя подклеен документ к чертежу. Archive worker error, document to drawing is not glued in time Ошибка технолога, не вовремя вписан документ в техпаспорт Technologist error, document is not entered into technical passport in time	
Зазор между поясами до 3 мм и панели вместо 1,5 мм по ЭКД Clearance between belts up to 3 mm and panel instead of 1.5 mm as per EKD Деталь выполнена в пределах «минусовых» допусках Part is made within "minus" tolerances	Невнимательное отношение работников Inattentive attitude of employees	
Утяжка обшивок вокруг головок заклепок крепления панелей (400 мест) от 20–40 мм глубиной до 0,2 мм и 20 мест до 0,9 мм Skin tightening around rivet heads of panels attachment (400 places) 20–40 mm depth up to 0.2 mm and 20 places up to 0.9 mm	Ошибки рабочего Worker Errors	Установить технологические шайбы Install process washers

Продолжение таблицы 1 | Continuation of table 1

1	2	3
Не выполнения требования ПИ 1203.33.096.000.01 п. 2 вместо болтов по крышкам руля направления 3306.104/103/109.008 установлены заклепки по электронной конструкторской документации Do not comply with the requirements of PI 1203.33.096.000.01 Item 2 instead of bolts on rudder covers 3306.104/ 103/109.008 rivets are installed according to electronic design documentation	Невнимательное отношение работников Inattentive attitude of employees	Без доработки Without rework
Прослаблено 2 отверстия крепления стыкового со стрингером 2 holes of butt joint attachment with stringer are illuminated		Установлены болты согласно СМ-272 Bolts are installed, refer to SM-272
Не укладываются в допуск замеры отклонений внешних обводов РВ Measurements of deviations of external FR strokes do not fit into the tolerance		Без доработки Without rework
Не укладываются в допуск замеры вписываемости РВ в ТИ стабилизатора частично 4 мм вместо 3 мм лев. борт Measurements of FR inscribability in stabilizer TD partially 4 mm instead of 3 mm LH are not included in the tolerance. Board		
Не укладывается в допуск ±3 мм замеры закрутки внутреннего РВ в балансировочном стенде | Does not fit into ± 3 mm tolerance of measurement of swirling of internal FR in balancing bench		
Зазор между лентами стабилизатора и РВ 5±2 мм согласно чертежу |Clearance between stabilizer belts and FR 5 ± 2 mm as per drawing Inattentive ratio of employees		

Таблица 2.

Результаты FMEA-анализа дефектов сборки каркасных узлов хвостового оперения

Table 2.

Results of FMEA Analysis of Tail Frame Assembly Defects

Потенциальный дефект Potential defect	Потенциальная причина Potential cause	Потенциальные последствия Potential consequences	Результаты действий Results of actions			
			S	O	D	ПЧР PCR
Несоответствие теоретического контура Theoretical Contour Mismatch	Некачественная сборка, недостаточное контрольное оснащение в процессе сборки Poor assembly, insufficient control equipment during assembly	Несоответствие по техническим и технологическим требованиям Non-compliance with technical and technological requirements	8	6	4	192
Зазоры между поясами и панелями Gaps between belts and panels	Некачественная сборка Poor-quality assembly	Несоответствие по техническим и технологическим требованиям Non-compliance with technical and technological requirements	5	4	8	160
Несоответствие чертежу установленного крепежа Mismatch with installed fastener drawing	Некачественная сборка Poor-quality assembly	Несоответствие по техническим и технологическим требованиям Non-compliance with technical and technological requirements	3	2	5	30
Утяжка обшивок вокруг головок заклепок крепления панелей Tightening of skin around heads of rivets for panel attachment	Некачественная сборка. Большие концентрации напряжений в местах установки заклепок Poor-quality assembly High stress concentrations at rivet locations	Разрушение детали Part destruction	4	3	6	72

Данные таблицы 2 показывают, что сложнее всего обнаружить несоответствия теоретического контура. Их можно выявить только после сборки агрегата. Данный дефект является наиболее опасным последствием для потребителя. К такому дефекту, как правило, приводят неправильные размеры при сборке, а также недостаточно точное контрольное оснащение в процессе сборки. Не нуждаются в разработке корректирующих мероприятий такие дефекты, как «Несоответствие чертежу установленного крепежа» и «Утяжка обшивок вокруг головок заклепок крепления панелей» так как для этих дефектов ПЧР < 100.

Таким образом, в ходе выполненного анализа установлено, что в процессе сборки каркасных узлов хвостового оперения, наиболее часто возникают два типа дефекта:

- несоответствие теоретического контура агрегата;
- зазоры между поясами и панелями.

Для разработки корректирующих мероприятий рассмотрим более подробно причины возникновения данных дефектов. В соответствии с действующим технологическим процессом сборка агрегата выполняется в стапеле сборки. Стапель сборки представляет собой устройство, конструкция которого обеспечивает правильное взаимное расположение, фиксацию и соединение сборочных единиц (деталей, узлов) в агрегат самолета с заданной точностью. Стапель имеет охватывающие рубильники, выполненные по теоретическому контуру и установленные по базовым контрольным сечениям.

Контроль теоретического контура выполняется в процессе сборки по рубильникам, причем рубильники в этом методе являются одновременно и фиксаторами обвода при сборке и средствами контроля окончательно собранного агрегата перед выемкой его из стапеля сборки. Замер отклонения контура в месте между рубильником и агрегатом выполняют щупом и линейкой. Обычно обводы агрегата после освобождения его из сборочного приспособления и снятия давления рубильников несколько изменяются, и этим объясняются неточности при измерении отклонений обводов в сборочном приспособлении. Также замеры зависят от точности измеряемого инструмента и квалификации проверяющего.

Для повышения качества сборки и снижения вероятности отклонения от теоретического контура считаем целесообразным изготовить комплект эквидистантных контрольных рубильников, которые устанавливаются вместо имеющихся рубильников. Эквидистантные рубильники требуется изготовить с одинаковым зазором по всей длине обводов агрегата, по размерам, снятым с электронной модели. Таким образом, изначально агрегат будет в свободном состоянии, что позволит более точно установить размеры. Для того чтобы избежать погрешности измерительного инструмента в результате его износа, предлагается использовать электронные средства измерения.

Причина зазора, возникающего между панелями и поясом, может заключаться в кривизне панелей, поскольку на входном контроле контролируются только отсутствие механических повреждений и наличие сопроводительной документации. Еще одной причина зазора может быть выемка верхних и нижних панелей из стапеля после сборки и повторная установка их при последующей сборке. Для ликвидации зазора предлагается изготовить шаблоны ШОК, позволяющие при входном контроле проверять кривизну панелей. Так же считаем необходимым доработать стапель сборки, изготовить и установить дополнительные крепежные элементы, для того чтобы при сборке агрегата исключить выемку панелей. В результате процесс сборки агрегата будет выполняться последовательно.

Оценка эффективности любого мероприятия предполагает сопоставление затрат и результатов. В этой связи потребуется рассчитать затраты на проведение FMEA–анализа процесса сборки каркасных узлов хвостового оперения: как текущие, так и инвестиционные [12, 16].

Текущие затраты будут включать в себя непосредственные расходы, связанные с проведением FMEA–анализа. Их величина в первую очередь будет зависеть от трудоемкости процедуры и количества процедур, выполняемых в течение года. Расчет трудоемкости процедуры выполнен в таблице 3. Штатное расписание сотрудников, участвующих в FMEA–анализе представлено в таблице 4.

В течение года предполагается провести 6 процедур FMEA–анализа.

Таблица 3.

Оценка трудоемкости FMEA–анализа процесса сборки каркасных узлов хвостового оперения

Table 3.

Evaluation of labor intensity of FMEA-analysis of the process of assembly of frame units of tail unit

Этапы проведения FMEA–анализа FMEA Milestones – Run	Время выполнения ч Time Hour	Количество участников, чел. Analysis participants, people	Трудоемкость чел.-ч. Labor intensity of people-hours.
1. Подготовка к проведению анализа 1. Preparation for analysis	5	6	30
2. Разработка таблицы 2. Development of Table	7	6	42
3 Составление окончательного протокола по результатам работы 3 Preparation of the final report on the results of the work	2	6	12
ИТОГО TOTAL	14	6	84

Таблица 4.

Штатное расписание сотрудников (FMEA – команды)

Table 4.

Employee Staffing (FMEA – Teams)

Должность Position	Коэффициент участия Participation rate	Месячныйоклад, р. Monthly salary, p.	Часовая оплата, р. Hourly payment, p.
Ведущий инженер по качеству Lead Quality Engineer	1,0	30000,00	183,15
Технолог | Technologist	0,7	19200,00	117,21
Конструктор | Designer	0,2	18500,00	113,00
Мастер | Master	0,6	20200,00	123,32
Контрольный мастер | Control Master	0,5	17800,00	108,67
Диспетчер | Dispatcher	0,4	18000,00	109,89

Основную часть текущих издержек на процедуру FMEA составят затраты на заработную плату FMEA – команды (таблица 5).

Заработная плата FMEA – команды рассчитывается из трудоемкости процедуры для каждого сотрудника и его часовой оплаты. Трудоемкость определяется экспертным путем исходя из реального участия каждого члена FMEA – команды на соответствующем этапе процедуры анализа. Для этого в расчет вводится коэффициент участия сотрудников, на основании которого оцениваются затраты времени на проведение процедуры для каждого члена команды. Часовая оплата рассчитывается исходя из месячного оклада сотрудника и планового месячного фонда работы.

Таблица 5.

Расчет затрат на оплату труда FMEA – команды (в расчете на одну процедуру)

Table5.

Calculation of FMEA labor costs – commands (per procedure)

Должность исполнителя Position of executor	Коэффициент участия Participation rate	Затраты времени на проведение процедуры, ч Time spent on the procedure, h	Часовая оплата исполнителя, р. Hourly payment of the performer, p.	Количество исполнителей, чел. Number of performers, people.	Заработная плата за период проведения процедуры, р. Salary for the period of the procedure, p.
Ведущий инженер по качеству Lead Quality Engineer	1,0	14	183,15	1	2564,1
Технолог Technologist	0,7	9,8	117,21	1	1148,65
Конструктор Constructor	0,2	2,8	113,00	1	316,40
Мастер Master	0,6	8,4	123,32	1	1035,89
Контрольный мастер Control master	0,5	7	108,67	1	760,69
Диспетчер Dispatcher	0,35	4,9	109,89	1	538,4
ИТОГО TOTAL					6364,13

Также потребуется оценить материальные затраты и затраты на содержание и эксплуатацию оргтехники. Конечно, можно оценить эти затраты укрупнено, включив их в накладные расходы. Но мы считаем целесообразным показать детальный расчет затрат, включаемых в сметную стоимость FMEA анализа.

Стоимость материальных затрат рассчитывается исходя из нормы расхода каждого вида материала и цены за единицу (с учетом транспортных расходов).

В состав затрат на содержание и эксплуатацию оргтехники считаем необходимым включить затраты на амортизацию оборудования, затраты на профилактику, а также затраты на электроэнергию. Затраты на амортизацию и профилактику оборудования рассчитываются исходя из установленных нормативов за час и количества отработанных оборудованием часов в ходе проведения FMEA анализа. Затраты на электроэнергию рассчитываются исходя из мощности оборудования и стоимости 1 кВт-ч электроэнергии. При этом учитывается количество эксплуатируемого оборудования.

Общие затраты на проведение FMEA–анализа представлены в таблице 6.

Таблица 6.

Расчет материальных затрат на FMEA–анализ

Table 6.

FMEA Material Cost Calculation – Analysis

Наименование материала Material name	Цена за единицу, р. Unit price, p	Нормарасхода, ед. Consumption rate, unit.	Стоимость, р. Cost, p.
Бумага (пачка) | Paper (pack)	300	2	600
Канцелярские принадлежности Stationery	30	10	300
Картридж | Cartridge	800	1	800
Ватман | Watman	10	5	50
Итого | Total	–		Σ1750
Транспортные расходы (10%) Transportation costs (10%)			175
Всего (на 6-тьпроцедур) Total (for 6 procedures)			Σ1925,0
Затраты на одну процедуру, р. Costs per procedure, p.			320,835

Таблица 7.

Расчет годовых затрат на эксплуатацию оргтехники при проведении FMEA–анализа

Table 7.

Calculation of annual costs of office equipment operation during FMEA – analysis

Показатель Indicator	Значения по видам оборудования Values by equipment types	
	ПК PC	МФУ PLF
Балансовая стоимость единицы оборудования, р. | Bookvalueofequipment, p.	45000	20000
Норма амортизации оборудования, %. | Equipment depreciation rate, %	30%	–
Количество рабочих дней в году, дн. | Number of working days per year, days	247	247
Нормативное количество часов работы оборудованияв день, ч Standard number of hours of equipment operation per day	4	2
Амортизационные отчисления с оборудования, р./ч | Depreciationdeductionsequipment, r.h.	13,66	-
Норма расходов на профилактику оборудования, % | Equipment Prevention Expense Rate, %	2	2
Затраты на профилактику оборудования, р./ч | Equipmentprophylaxiscosts, fr/h	0,91	0,81
Мощность оборудования, кВт | Equipment power, kW	0,45	0,3
Стоимость электроэнергии, р./кВт-ч | Electricity cost, p/kWh	6,0	6,0
Затраты на электроэнергию, р. | Energy costs, p.	2,7	1,8
Итого стоимость эксплуатации оборудования, р./ч | Total cost of equipment operation, fr/h	16,94	2,61
Количество отработанных оборудованием часов, ч | Number of hours worked by the equipment, h	8	4
Количество единиц эксплуатируемого оборудования, шт. | Number of equipment operation, pcs.	2	1
Итого затраты на эксплуатацию оборудования, р. | Totalequipmentoperationcosts, p.	271,04	10,44
Всего затраты на процесс, р. | Total process costs, p.	281,48	
Всего годовые затраты на FMEA–анализ, р. | TotalannualFMEAcosts – analysis, p.	1688,88	

Таблица 8.

Сметная стоимость процедуры FMEA–анализа

Table 8.

Estimated FMEA Procedure Cost – Analysis

Наименование статьи затрат Name of cost item	Сумма затрат на одну процедуру, р. Amount of costs per procedure, p.	Сумма годовых затрат, р. Amount of annual costs, p.
Материальные затраты | Material costs	320,835	1925,00
Эксплуатация оргтехники Operation of office equipment	281,04	1688,88
Основная заработная плата исполнителей Basic salary of performers	6364,13	38184,78
Дополнительная заработная плата исполнителей (15%) Additional salary of performers (15%)	954,62	5727,72
Страховые взносы (30%) | Premiums (30%)	2195,62	13173,75
Накладные расходы (150%) | Overhead (150%)	9546,20	57277,17
Итого сметная стоимость | Total estimated cost	19662,45	117977,3

Инвестиционные затраты в данном случае будут включать издержки, связанные с обучением персонала методологии проведения FMEA–анализа.

Затраты на обучения персонала, по предварительной оценке, составят 150000 р.

Основным результатом систематического проведения FMEA–анализа будет сокращение затрат на исправление дефектов сборки каркасных узлов хвостового оперения.

Годовой объем выпускаемой продукции составляет 24 агрегата (12 килей и 12 стабилизаторов). Примерная себестоимость 1 агрегата составляет 5000000 р.

Годовая доля затрат на исправление дефектов – соответственно – 5%. По экспертной оценке, после внедрения на систематической основе процедуры FMEA–анализа годовая доля затрат на исправление дефектов составит соответственно 3%.

Годовые затраты на исправление брака рассчитываются по формуле:

$$З_{ИСП} = Q \cdot S_{ПРi} \cdot k_{БР,} \quad (2)$$

где Q – годовой объем производимой продукции, ед.;$S_{ПРi}$ – производственная себестоимость одного изделия, р.;$k_{БР}$ – коэффициент затрат на исправление брака.

Таким образом, годовые затраты на исправление брака при сборке каркасных узлов хвостового оперения до внедрения FMEA–анализа в практику работы цеха составляли:

$$З_{ИСП1} = 24 \cdot 50000000 \cdot 0{,}05 = 6000000\ р.$$

После внедрения FMEA–анализа годовые затраты на исправление брака при сборке каркасных узлов хвостового оперения составят:

$$З_{ИСП2} = 24 \cdot 50000000 \cdot 0{,}03 = 3600000\ р.$$

Экономия затрат на исправление дефектов рассчитывается по формуле:

$$\Delta З_{ИСП} = З_{ИСП1} - З_{ИСП2}. \quad (3)$$

$$\Delta З_{ИСП} = 6000000 - 3600000 = 2400000\ р.$$

Оценку эффективности внедрения FMEA–анализа в практику работы цеха считаем целесообразным проводить с использованием стандартных показателей эффективности инвестиций: NPV (чистой текущей стоимости) и PI (индекса рентабельности инвестиций).

Чистая текущая стоимость в нашем случае рассчитывается по формуле [12]:

$$NPV = \sum_{t=1}^{T} (\Delta З_{ИСП} - З_{FMEA}) - I, \quad (4)$$

где $З_{FMEA}$ – годовые затраты на проведение FMEA–анализа, р.;I – инвестиционные затраты, р.; $t = 1..T$ – горизонт планирования (5-ть лет).

Индекс рентабельности инвестиций рассчитывается по формуле:

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^{T} (\Delta З_{ИСП} - З_{FMEA})}{I}. \quad (5)$$

Расчеты выполним в таблице 9.

Так как значение чистой текущей стоимости больше нуля, а индекс рентабельности инвестиции существенно больше единицы, можно считать, что проект внедрения процедуры FMEA-анализа в практику работы цеха по сборке каркасных узлов хвостового оперения является экономически целесообразным.

Таблица 9.

Расчет чистой текущей стоимости и индекса рентабельности инвестиций

Table 9.

Calculation of net present value and ROI

Показатели Indicators	Горизонт планирования | Planning Horizon				
	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
Годовые затраты на проведение FMEA–анализа, $З_{FMEA}$, р. Annual FMEA Costs – Analysis, FFMEA, p.	117977,3				
Инвестиционные вложения, К, р. Investment investments, K, p.	150000				
Коэффициент дисконтирования, α_t для нормы дисконта 8%, к-т Discount factor, αt for discount rate 8%, k-t	0,926	0,857	0,794	0,735	0,681
Величина денежного потока для t-года, $(\Delta З_{ИСП} - З_{FMEA}) \cdot \alpha_t$, р. Cash flow value for t-year, (ΔZISP – ZFMEA) ·αt, p.	2113153	1955694	1811926	1677287	1554958
Итого дисконтированные денежные потоки, р. Total discounted cash flows, p.	9113018				
Чистая текущая стоимость (NPV), р NetPresentValue (NPV), p	8963018				
Индекс рентабельности (PI), к-т ProfitabilityIndex (PI), k-t	61				

Заключение

На основании выше изложенного полагаем, что представленный механизм оценки экономической эффективности СМК может быть использован на отечественных предприятиях для соизмерения затрат и результатов вложений в управление качеством продукции (работ, услуг). В отличие от предлагаемых рядом авторов балльных механизмов оценки, несущих в себе определенные признаки субъективности, авторский механизм основывается на реальных финансовых показателях работы предприятия. При этом следует отметить, что данный механизм должен выстраиваться в соответствии с методом учета, оценки и анализа затрат на качество, который свою очередь определяется применяемой на предприятии методикой классификации затрат на качество.

Литература

1 ГОСТ Р ИСО 9004 : 2001. Системы менеджмента качества. Рекомендации по улучшению деятельности. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001. 46 с.

2 ГОСТ Р ИСО / ТО 10014 : 2005. Руководство по управлению экономикой качества. М.: Стандартинформ, 2005. 28 с.

3 ГОСТ Р ИСО 10014 – 2008. Руководящие указания по достижению экономического эффекта в системе менеджмента качества. М.: Стандартинформ, 2009. 26 с.

4 ГОСТ Р 51901.12-2007 (МЭК 60812:2006). Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов. М.: Стандартинформ, 2008. 36 с.

5 ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. М.: Стандартинформ, 2015. 24 с.

6 Карпиков В. Как оценить эффективность функционирования системы качества. URL: www.ptpu.ru/Issues/1_00/19_1_00.htm

7 Кокорева К.А., Черненькая Л.В. Применение FMEA- анализа для процесса «Управление несоответствующей продукцией» // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. № 4 (106). Ч. 1. С. 64-72.

8 Коптев А.А., Пекарш А.И., Стройкин Д.Н. Анализ эффективности процессов функционирования производственных систем // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2013. № 2. С. 14–17.

9 Панюков Д.И., Козловский В.Н., Айдаров Д.В. Моделирование процедуры FMEA: методология и стратегия // Методы менеджмента качества. 2019. № 7. С. 30-38.

10 Панюков Д.И., Козловский В.Н., Айдаров Д.В. Моделирование процедуры FMEA: структура и функции // Методы менеджмента качества. 2019. № 8. С. 36-41.

11 Самогородская М.И. Концепция экономики качества // Международные научные исследования. 2016. № 4 (29). С. 273–279.

12 Gilabert E., Fernandez S., Arnaiz A., Konde E. Simulation of predictive maintenance strategies for cost-effectiveness analysis // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture. 2017. V. 231. №. 13. P. 2242-2250. doi: 10.1177/0954405415578594

13 Arnaiz A., Konde E., Alarcón J. Continuous improvement on information and on-line maintenance technologies for increased cost-effectiveness // Procedia CIRP. 2013. V. 11. P. 193-198. doi: 10.1016/j.procir.2013.07.038

14 Sabharwal S., Garg S. Determining cost effectiveness index of remanufacturing: A graph theoretic approach // International Journal of Production Economics. 2013. V. 144. №. 2. P. 521-532. doi: 10.1016/j.ijpe.2013.04.003

15 van Baaren12 I.R.J., Curran R. How to improve operational availability and cost effectiveness using a pragmatic RAMS Value // Air Transport and Operations: Proceedings of the Third International Air Transport and Operations Symposium 2012. IOS Press, 2012. P. 27.

16 Хорев А.И., Самогородская М.И. Механизм оценки экономической эффективности системы менеджмента качества на предприятии // Вестник ВГУИТ. 2016. № 4 (70). С. 376–385. doi: 10.20914/2310-1202-2016-4-376-385

17 . Geum Yu., Shin J., Park Yu. A portfolio approach to improving the productivity of services based on FMEA // The Service Industries Journal. 2011. V. 31. № 11. P. 1825-1847.

18 Kimita K., Brambila-Macias S.A., Tillman A.-M., Sakao T. A failure analysis method for increasing cyclicity through a system perspective // Journal of Industrial Ecology. 2020. P. 1–19.

19 Kimita K., Sakao T., Shimomura Yu. Failure analysis method for designing highly reliable product-service systems // Research in Engineering Design. 2018. V. 29. №. 2. P. 143-160.

20 Reim V., Parida V., Schedin D.R. Risk management for the functioning of the product-service system // International Journal of Operations & Production Management. 2016. V. 36. № 6. P. 665-686.

21 Zhang Z., Chu X. A new approach to conceptual product design and service // International Journal of Computer Integrated Manufacturing. 2010. V. 23. №. 7. P. 603-618. doi: 10.1080/09511921003736766

22 Smith J.D. Application of FMEA to optimize selection of hazard mitigation measures // Industry Applications Society 60th Annual Petroleum and Chemical Industry Conference. IEEE, 2013. P. 1-18. doi: 10.1109/PCICon.2013.6666037

References

1 State Standard R ISO 9004: 2001. Quality management systems. Recommendations for improving activities. Moscow, IPK Publishing House of Standards, 2001. 46 p. (in Russian).

2 State Standard R ISO / TO 10014: 2005. Guide to the management of the quality economy. Moscow, Standartinform, 2005. 28 p. (in Russian).

3 State Standard R ISO 10014 – 2008. Guidelines for achieving an economic effect in the quality management system. Moscow, Standartinform, 2009. 26 p. (in Russian).

4 State Standard R 51901.12-2007 (IEC 60812:2006). Risk management. Method for analyzing the types and consequences of failures. Moscow, Standartinform, 2008. 36 p. (in Russian).

5 State Standard R ISO 9001-2015. Quality management systems. Requirements. Moscow, Standartinform, 2015. 24 p. (in Russian).

6 Karpikov V. How to evaluate the effectiveness of the quality system functioning. Available at: www.ptpu.ru/Issues/1_00/19_1_00.htm (in Russian).

7 Kokoreva K.A., Chernenkaya L.V. Application of FMEA-analysis for the process "Management of nonconforming products". International research journal. 2018. no. 4 (106). pp. 64-72. (in Russian).

8 Koptev A.A., Pekarsh A.I., Stroykin D.N. Analysis of the efficiency of the processes of functioning of production systems. Problems of machine building and automation. 2013. no. 2. pp. 14–17. (in Russian).

9 Panyukov D.I., Kozlovsky V.N., Aydarov D.V. Modeling FMEA procedure: methodology and strategy. Quality management methods. 2019. no. 7. pp. 30-38. (in Russian).

10 Panyukov D.I., Kozlovsky V.N., Aydarov D.V. Modeling FMEA procedure: structure and functions. Quality management methods. 2019. no. 8. pp. 36-41. (in Russian).

11 Samogorodskaya M.I. The concept of the economy of quality. International research. 2016. no. 4 (29). pp. 273-279. (in Russian).

12 Gilabert E., Fernandez S., Arnaiz A., Konde E. Simulation of predictive maintenance strategies for cost-effectiveness analysis. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture. 2017. vol. 231. no. 13. pp. 2242-2250. doi: 10.1177/0954405415578594

13 Arnaiz A., Konde E., Alarcón J. Continuous improvement on information and on-line maintenance technologies for increased cost-effectiveness. Procedia CIRP. 2013. vol. 11. pp. 193-198. doi: 10.1016/j.procir.2013.07.038

14 Sabharwal S., Garg S. Determining cost effectiveness index of remanufacturing: A graph theoretic approach. International Journal of Production Economics. 2013. vol. 144. no. 2. pp. 521-532. doi: 10.1016/j.ijpe.2013.04.003

15 van Baaren12 I.R.J., Curran R. How to improve operational availability and cost effectiveness using a pragmatic RAMS Value. Air Transport and Operations: Proceedings of the Third International Air Transport and Operations Symposium 2012. IOS Press, 2012. pp. 27.

16 Khorev A.I., Samogorodskaya M.I. The mechanism for assessing the economic efficiency of the quality management system at the enterprise. Proceedings of VSUET. 2016. no. 4 (70). pp. 376–385. doi: 10.20914/2310-1202-2016-4-376-385 (in Russian).

17 Geum Yu., Shin J., Park Yu. A portfolio approach to improving the productivity of services based on FMEA. The Service Industries Journal. 2011. vol. 31. no. 11. pp. 1825-1847.

18 Kimita K., Brambila-Macias S.A., Tillman A.-M., Sakao T. A failure analysis method for increasing cyclicity through a system perspective. Journal of Industrial Ecology. 2020. pp. 1–19.

19 Kimita K., Sakao T., Shimomura Yu. Failure analysis method for designing highly reliable product-service systems. Research in Engineering Design. 2018. vol. 29. no. 2. pp. 143-160.

20 Reim V., Parida V., Schedin D.R. Risk management for the functioning of the product-service system. International Journal of Operations & Production Management. 2016. vol. 36. no. 6. pp. 665-686.

21 Zhang Z., Chu X. A new approach to conceptual product design and service. International Journal of Computer Integrated Manufacturing. 2010. vol. 23. no. 7. pp. 603-618. doi: 10.1080/09511921003736766

22 Smith J.D. Application of FMEA to optimize selection of hazard mitigation measures. Industry Applications Society 60th Annual Petroleum and Chemical Industry Conference. IEEE, 2013. pp. 1-18. doi: 10.1109/PCICon.2013.6666037

Сведения об авторах

Юрий А. Саликов д.э.н., профессор, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, saural@rambler.ru
https://orcid.org/0000-0003-2211-1978

Марина И. Самогородская д.э.н., профессор, кафедра экономической безопасности, Воронежский государственный технический университет, ул. 20-летия Октября, 84, г. Воронеж. 396006, marta17@ya.ru
https://orcid.org/0000-0001-7409-1396

Information about authors

Yurii A. Salikov Dr. Sci. (Econ.), professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, saural@rambler.ru
https://orcid.org/0000-0003-2211-1978

Marina I. Samogorodskaya Dr. Sci. (Econ.), professor, economic security department, Voronezh State Technical University, ul. 20th anniversary of October, 84, Voronezh, 394006, Russia, marta17@ya.ru
https://orcid.org/0000-0001-7409-1396

Вклад авторов

Юрий А. Саликов консультация в ходе исследования
Марина И. Самогородская написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Contribution

Yurii A. Salikov consultation during the study
Marina I. Samogorodskaya 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 05/04/2021	**После редакции** 14/05/2021	**Принята в печать** 02/06/2021

Received 05/04/2021	**Accepted in revised** 14/05/2021	**Accepted** 02/06/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-312-319 Оригинальная статья/Research article
УДК 658.78 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Содержательные аспекты адаптивного развития системы управления высокотехнологичными предприятиями в условиях цифровой среды

Ирина В. Казьмина [1] kazminakazmina@ya.ru 0000-0002-2610-8656
Татьяна В. Щеголева [2] bosyanyka@mail.ru 0000-0002-5272-2246
Илона В. Попова [1] ipov01@rambler.ru 0000-0001-7969-6706

1 Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, ул. Старых Большевиков, 54 «А», г. Воронеж, 394064, Россия
2 Воронежский государственный технический университет, ул. 20-летия Октября, 84, г. Воронеж 394006, Россия

Аннотация. В статье указывается важность синергетического подхода к развитию и адаптации системы управления высокотехнологичными предприятиями. Развитие неразрывно связано с адаптационными процессами, протекающими на предприятии. Именно адаптация определяет векторы развития. Синергетический подход обуславливает возникновение категории «адаптивное развитие», которая применительно к системе управления высокотехнологичными предприятиями предполагает переход системы управления к более современным методам и инструментам управления, основанным на цифровизации. Выявлены циклические основы адаптивного развития системы управления, определяющие, что под влиянием экономических законов предприятиям регулярно необходимо изменять и совершенствовать свои внутренние параметры, находя возможность продлевать периоды роста. В таких условиях ключевая роль отводится высшему уровню управления предприятием, выполняющему управленческие функции. Сущность адаптивного развития рассматривается с позиции процессного подхода, так как именно процессный подход в полной мере позволяет отразить сущность данной категории. Адаптивное развитие представляет собой процесс преобразований в системе управления, основанный на переходе системы из одного качественного состояния в другое на основе выявленных противоречий во внешней среде и долгосрочной программы наращивания внутреннего потенциала. В процессе адаптивного развития должна быть разработана конкретная реакция, основанная на использовании многомерной модели сравнения и выбора наиболее эффективного варианта. Подчеркивается, что одним из наиболее важных условий реализации процесса адаптивного развития является информационное обеспечение, как основы для принятия адекватных управленческих решений

Ключевые слова: адаптация, развитие, высокотехнологичные предприятия, система управления, адаптивное развитие, цифровая среда

Substantive aspects of the adaptive development of the management system of high-tech enterprises in the digital environment

Irina V. Kazmina [1] kazminakazmina@ya.ru 0000-0002-2610-8656
Tatiana V. Shchegoleva [2] bosyanyka@mail.ru 0000-0002-5272-2246
Ilona V. Popova [1] ipov01@rambler.ru 0000-0001-7969-6706

1 Academy named after professor N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin, St. Old Bolsheviks, 54A, Voronezh, 394064, Russia
2 Voronezh State Technical University, St. 20-letiya Oktyabrya, 84, Voronezh 394006, Russia

Abstract. The article indicates the importance of a synergistic approach to the development and adaptation of the management system of high-tech enterprises. Development is inextricably linked with the adaptation processes taking place at the enterprise. It is adaptation that determines the vectors of development. The synergistic approach leads to the emergence of the category of "adaptive development", which in relation to the management system of high-tech enterprises involves the transition of the management system to more modern methods and management tools based on digitalization. The cyclical foundations of the adaptive development of the management system are revealed, which determine that under the influence of economic laws, enterprises regularly need to change and improve their internal parameters, finding an opportunity to prolong periods of growth. In such conditions, the key role is assigned to the highest level of enterprise management, performing managerial functions. The essence of adaptive development is considered from the standpoint of the process approach, since it is the process approach that fully reflects the essence of this category. Adaptive development is a process of transformations in the control system, based on the transition of the system from one qualitative state to another based on the identified contradictions in the external environment and a long-term program for building internal potential. In the process of adaptive development, a specific response should be developed based on the use of a multidimensional model of comparison and selection of the most effective option. It is emphasized that one of the most important conditions for the implementation of the adaptive development process is information support, as the basis for making adequate management decisions.

Keywords: adaptation, development, high-tech enterprises, management system, adaptive development, digital environment

Введение

В условиях обострения конкуренции на российском и международном высокотехнологичных рынках, а также динамизма глобализации экономики, проблема адаптивного развития системы управления высокотехнологичными предприятиями является весьма актуальной с точки зрения обеспечения долгосрочной эффективной инновационной модернизации отечественной экономики. Долгосрочное устойчивое развитие высокотехнологичного предприятия,

Для цитирования
Казьмина И.В., Щеголева Т.В., Попова И.В. Содержательные аспекты адаптивного развития системы управления высокотехнологичными предприятиями в условиях цифровой среды // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 312–319. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-312-319

For citation
Kazmina I.V., Shchegoleva T.V., Popova I.V. Substantive aspects of the adaptive development of the management system of high-tech enterprises in the digital environment. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 312–319. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-312-319

© 2021, Казьмина И.В. и др. / Kazmina I.V. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

реализация запланированных программ и проектов в цифровой среде напрямую зависят от эффективности системы управления.

Эффективность адаптивного развития системы управления высокотехнологичными предприятиями зависит от ее способности своевременно реагировать на воздействие внешних и внутренних факторов. Внешние факторы влияют на предприятие независимо от способности реагировать на них. Внутренние факторы предприятие может контролировать и перенастраивать в соответствии со стратегическими целями.

Основными ключевыми внутренними факторами, от которых зависит эффективность адаптивного развития системы управления, являются: финансовая политика, организационная структура, квалификация персонала, методы и инструменты управления.

Обсуждение

Адаптивное развитие системы управления осуществляются в соответствии с общеизвестной теорией цикличности.

В основе теории цикличности лежит постулат о том, что под влиянием экономических законов предприятиям регулярно необходимо изменять и совершенствовать свои внутренние параметры, находя возможность продлевать периоды роста [1]. В таких условиях ключевая роль отводится высшему уровню управления предприятием, выполняющему управленческие функции. Приоритетом для руководства является диагностика эффективности работы предприятия, поиск «узких мест», оценка причин и проблем и их вероятных последствий, а также разработка мер по быстрому реагированию на них. При этом, как показывает практика, не все высокотехнологичные предприятия способны адекватно реагировать на растущие изменения во внешней среде и определять нужный вектор развития в цифровой среде.

Этимологически категория «адаптивное развитие» происходит от категорий «развитие» и «адаптация». Исследуем этимологию указанных категорий.

Развитие – это прежде всего движение от неидеального, несовершенного состояния к более совершенному [2]. Более того, возникающее и преодолевающееся в процессе функционирования объекта противоречие между неидеальным и идеальным выступает в качестве движущих сил развития. Явлениям развития и адаптации подвержены все предприятия, так как динамика внешней среды определяет вектор развития высокотехнологичной отрасти [2].

В современных исследованиях представлены разнообразные исследования относительно категории «развития», которые при обобщении можно представить в виде четырех подходов [3].

Первый подход представляют А.М. Кориков и Е.Н. Сафьянова и связывают «развитие с целенаправленными изменениями, однако они не являются необходимым условием и тем более атрибутом развития». Второй подход представляет Гумеров Ш.А. и трактует «развитие как адаптацию к окружающей среде, которая является необходимым, но недостаточным условием». Третий подход представляет В.С. Тюхтин, который определяет «источник развития – противоречиями системы». В рамках четвертого подхода О.Ф. Шабров, Г.И. Рузавин, Н.Н. Моисеев осуществляют отождествление развития «с прогрессом или усложнением систем, с одной стороны, и эволюцией – с другой» [1, 4].

Для понимания сущности развития особо важными являются положения теории, представленные в работах Р. Акоффа. Он определил «развитие предприятия как один из видов организационных изменений» [4], разделяя при этом категории «развития» и «роста».

Анализируя концептуальные основы существующих теорий развития, автор исследования считает целесообразным рассматривать развитие системы управления высокотехнологичного предприятия с позиции следующих подходов:

- содержательный подход основан на качественных изменениях, которые характеризуют переход от существующего несовершенного состояния системы управления к более качественному, совершенному, который обусловлен динамичными изменениями во внешней среде;
- процессный подход – непрерывный целенаправленный процесс эволюционного в сочетании с революционным переходом элементов системы управления из одного качественного состояния в другое, являющийся необходимым условием долгосрочного и эффективного функционирования.

Предлагаемые подходы учитывает следующие закономерности развития высокотехнологичных предприятий:

— нестабильная динамика развития высокотехнологичных предприятий, возможность многовариантной траектории развития;

— неустойчивость и нестабильность как общая тенденции функционирования высокотехнологичного предприятия, а устойчивость как частные, эпизодические проявления в работе предприятия в условиях цифровой среды и обостряющейся конкуренции.

Базируясь на современных тенденциях развития систем управления предприятием,

автор предлагает рассматривать в качестве критериев развития системы управления следующие:

– присутствие и объем динамических способностей и ключевых компетенций высокотехнологичного предприятия;

– возможность наращивания потенциала развития системы управления;

– наличие и возможность формирования когнитивных (познавательных), функциональных и личностных компетенций сотрудников высокотехнологичного предприятия.

На основе сформулированного авторского подхода к сущности развития системы управления представим классификацию типов организационного развития (таблица 1) [1, 5].

Развитие неразрывно связано с адаптационными процессами, протекающими на предприятии. Именно адаптация определяет векторы развития. В экономической литературе встречается достаточно большое количество толкований категории «адаптация» [5]. Несмотря на некоторые нюансы, большинство определений весьма близки по смыслу.

Рассмотрим ряд содержательных моментов адаптации.

Адаптация изучается учёными-экономистами в течение достаточно длительного периода времени. О необходимости «приспособления» предприятий к изменяющимся условиям писали многие зарубежные и отечественные ученые в области экономических наук. Среди них можно выделить работы А. Смита, Д. Рикардо, У. Петти, К. Маркса, М.И. Туган-Барановского [6–10]. В работах классиков экономической науки указывается, что именно адаптация (или приспособление) позволяет предприятиям находить верные решения, позволяющие им выжить в условиях конкурентной борьбы.

Рассуждения Е.А. Чиженьковой относительно адаптации близки к общеизвестному пониманию сущности «адаптация», как к «процессу приспособления предприятия к неопределенным условиям внешней среды» [5]. В.В. Дубчак дает несколько отличное определение и определяет «адаптацию как вид взаимодействия субъекта хозяйствования с внешней средой». М.М. Будник сводит адаптацию «к конечному этапу процесса приспособления предприятий к рынку».

Таблица 1.

Виды развития системы управления

Table 1.

Types of development of the management system

Классификация видов развития систем управления *Classification of types of development of control systems*	
Признак классификации *Classification attribute*	Вид развития системы управления (СУ) *Type of development of the control system*
Фактор развития СУ | *Development factor*	Экстенсивное развитие | *Extensive development* Интенсивное развитие | *Intensive development*
Масштаб развития СУ | *The scale of development*	Революционный | *Revolutionary* Эволюционный | *Evolutionary*
Скорость преобразований СУ | *Conversion speed*	Динамичная скорость – ускоренный рост *Dynamic speed – accelerated growth* Медленная скорость – медленный рост *Slow speed – slow growth*
Уровень проявления признаков развития СУ *The level of manifestation of signs of development*	Явное превосходство | *Clear superiority* Мало заметное превосходство | *Little noticeable superiority*
Степень изменений СУ | *Degree of changes*	Комплексный охват | *Comprehensive coverage* Эпизодический охват (функциональный уровень) | *Episodic coverage (functional level)*
Особенности динамики развития СУ *Features of the dynamics of development*	Регрессивная(нисходящая) динамика *Regressive (downward) dynamics* Прогрессивная (восходящая) динамика *Progressive (upward) dynamics*
Уровень системности развития СУ *The level of consistency in the development*	Системное развитие | *System development* Бессистемное развитие | Unsystematic development
Особенности управляющих воздействий СУ *Features of the control actions of the control system*	Управляемое развитие | *Managed development* Самопроизвольное развитие, саморазвитие *Spontaneous development, self-development*
Скорость развития СУ | *The speed of development*	Планомерный (позитивный) темп *Planned (positive) pace* Скачкообразный темп | *Jumping pace.*

В работах Л.Д. Гительмана дается определение понятию адаптивная структура, трактуемая как «организационная структура, гибко реагирующая на изменения в окружающей среде» [5].

В.Н. Гончаров [5] приводит следующее общее определение: «адаптация – деятельность по изменению параметров, структуры свойств какой-либо системы с целью приспособления к изменениям среды, в которой функционирует данная система» [5].

Ричард Холл дает определение адаптации как «способности быстро осуществлять изменения и быстро отвечать на запросы потребителей» [12].

Ряд авторов рассматривают адаптацию как оперативную ответную реакцию на неизбежные изменения факторов изменяющейся внешней среды, в ходе которой осуществляется постепенное согласование требований высокотехнологичного предприятия и рынка.

Оценивая указанные выше подходы к понятию «адаптация», автор считает целесообразным рассмотреть сущность категории «адаптация» системы управления высокотехнологичного предприятия с позиции трех подходов: системного, процессного и поведенческого подходов.

С позиции системного подхода адаптация проявляется, как свойство элементов системы управления высокотехнологичным предприятием оперативно приспосабливаться к возникающим внешним по отношению к предприятию возбудителям [5].

С позиции процессного подхода адаптация – это процесс согласования элементов системы управления высокотехнологичного предприятия с требованиями внешней по отношению к предприятию среды, основанный на результатах обработки поступающей из вне информации.

С позиции поведенческого подхода адаптация проявляется как специфическая манера поведения элементов системы управления, обеспечивающая защиту системы управления от угроз, проявляющихся в возникновении организационных деформаций в системе управления, нарушении целостности внутренних и внешних связей, обусловленных воздействием внешних субъектов хозяйствования.

Возможность адаптации системы управления высокотехнологичного предприятия напрямую влияет на конкурентоспособность продукции и предприятия. Являясь субъектом внешней среды, высокотехнологичное предприятие неизбежно испытывает потребность в постоянном мониторинге внешних факторов [1]. Адаптация системы управления высокотехнологичного предприятия обуславливает выработку у него стойкого иммунитета по отношению к воздействию среды [5].

На взгляд авторов, ключевым подходом к пониманию сущности адаптации системы управления является процессный подход, в основе которого лежит понимание адаптации, как процесса преобразования элементов системы управления высокотехнологичным предприятием в условиях как качественных, так и количественных изменений факторов внешней среды.

Рассмотрим возможные виды адаптации системы управления по следующим классификационным признакам, предложенным автором и представленным в таблице 2.

Своевременная адаптация системы управления высокотехнологичного предприятия определяет возможность поддержания в динамике баланса между внутренним потенциалом и внешней по отношению к предприятию средой. Ключевыми задачами достижения такого баланса в условиях цифровой трансформации являются обеспечение мобильности системы управления и быстроты реагирования на изменения в рыночной ситуации [5].

В настоящее время ряд авторов используют синергетический подход к исследованию процессов развития и адаптации. Так, Н.Н. Моисеев рассматривает два типа механизмов развития: адаптационные и бифуркационные. Адаптация, согласно Моисееву Н.Н. «самонастройка, обеспечивающая развивающейся системе устойчивость» [13]. Главное в характеристике бифуркационного механизма – неопределенность путей дальнейшего развития. Последовательность переходов от одних квазистабильных (идеализированных) состояний, характеризующихся определенными параметрами предприятия, к другим дает возможность описать процессы развития систем [16]. Синергетический подход к исследованию организационного развития освещается в работах В. Бурра, А.В. Молодчика, В.И. Приходько [14].

В исследованиях А.В. Молодчика прослеживается логика обоснования соотношения и взаимосвязи категорий «изменение», «адаптация», «развитие». В своих исследованиях Молодчик А.В. делает следующее заключение: «развитие» и «адаптация» – очень близкие по смыслу понятия, суть которых применительно к организации как социальной системе заключается в совокупности целенаправленных изменений, обеспечивающих жизнеспособность предприятия. Наивысшей формой развития и адаптации является саморазвитие, когда источник изменений идет от самих подразделений и должностных лиц, включая первого руководителя [14].

Таблица 2.

Классификация видов адаптации системы управления

Table 2.

Classification of types of adaptation of the control system

Виды адаптации систем управления *Types of adaptation of control systems*	
Признак классификации / *Classification attribute*	Вид адаптации системы управления / *Type of adaptation of the control system*
Причины адаптации *Reasons for adaptation*	Внешние причины / *External causes* Внутренние причины / *Internal reasons*
Динамика адаптации *The dynamics of adaptation*	Прогрессирующая адаптация – имеет положительную динамику и благоприятно воздействует на подсистемы системы управления. / *Progressive adaptation – has a positive dynamic and has a beneficial effect on the subsystems of the control system*. Регрессирующая адаптация – имеет нисходящую динамику и неблагоприятно воздействует на подсистемы системы управления. / *Regressive adaptation – has a downward dynamics and adversely affects the subsystems of the control system*
Характер адаптации *The nature of adaptation*	Активная адаптация – действия предприятия направлены на изменение окружающей среды (ближнее окружение). */ Active adaptation – the actions of the enterprise are aimed at changing the environment (close environment).* Пассивная адаптация – деятельность связана с корректировкой внутренних элементов высокотехнологичного предприятия */ Passive adaptation – the activity is associated with the adjustment of the internal elements of a high-tech enterprise*
Масштаб адаптации *Scale of adaptation*	Глубокий масштаб – действия по адаптации направлены на изменение всех подсистем и элементов системы управления. */ Deep scale – adaptation actions are aimed at changing all subsystems and elements of the control system*. Локальный масштаб – деятельность связана с корректировкой отдельных подсистем и элементов системы управления./*Local scale – the activity is associated with the adjustment of individual subsystems and elements of the control system*.

Такая интерпретация действительно отражает реальность динамики высокотехнологичных предприятий, для которой характерно чередование фаз интенсивного роста продаж и, как следствие, прибыли [1] в результате грамотного использования существующего ресурсного потенциала и фаз регрессивного роста или полной стагнации из-за истощения существующего потенциала или крупных инвестиций.

Результаты исследований в области развития и адаптации указывают на важность учета синергетического подхода к реализации процессов развития и адаптации системы управления. В этом случае синергетический эффект является результатом согласованного взаимодействия отдельных элементов и компонентов системы управления в процессе их развития и адаптации.

Синергетический подход обуславливает возникновение категории «адаптивное развитие», которая применительно к системе управления высокотехнологичными предприятиями предполагает переход системы управления к более современным методам и инструментам управления, основанным на диджитализации. Подобное понимание позволяет четко прорабатывать и реализовывать мероприятия, связанные с развитием системы управления [15]. Развиваясь на одном из уровней спирали, система управления предприятием накапливает необходимый потенциал (набор качеств, ресурсов и свойств), который отвечает требованиям следующего, более сложного уровня развития и переходит на него. С точки зрения автора, эффективность адаптивного развития системы управления основана на тщательном изучении как внешней, так и внутренней среды и, следовательно, требуют качественной информационной поддержки.

На рисунке 1 представлен синергетический подход к пониманию сущности адаптивного развития системы управления высокотехнологичным предприятием.

Сущность адаптивного развития рассмотрим с позиции процессного подхода, так как именно процессный подход в полной мере позволяет отразить сущность данной категории.

Адаптивное развитие представляет собой процесс преобразований в системе управления, основанный на переходе системы из одного качественного состояния в другое на основе выявленных противоречий во внешней среде и долгосрочной программы наращивания внутреннего потенциала. В процессе адаптивного развития должна быть разработана конкретная реакция, основанная на использовании многомерной модели сравнения и выбора наиболее эффективного варианта.

Целью адаптивного развития является достижение баланса между подсистемами системы управления и внешней цифровой средой высокотехнологичного предприятия, в основе которого лежит совокупность мероприятий, связанных с диагностикой подсистем и элементов системы управления, изучением ситуации и явлений вне системы и на основе полученной информации проработкой долгосрочных планов развития.



Рисунок 1. Синергетический подход к пониманию сущности адаптивного развития системы управления

Figure 1. A synergistic approach to understanding the essence of the adaptive development of the control system

Ключевым элементом адаптивного развития системы управления является информационная поддержка, которая реализуется путем последовательного выполнения ряда этапов [15]:

– установление общей цели адаптивного развития системы управления, которая лежит в основе всей системы организации сбора информации;

– формирование цели и задач системы информационного обеспечения адаптивного развития;

– определение структуры необходимой информации;

– формирование баз данных для мониторинга информации;

– организация сбора информации для всесторонней оценки ситуации на рынке;

– установление причинно-следственной связи между изучаемыми факторами;

– формирование информационных потоков, необходимых для принятия решений;

– оценка достоверности информации и эффективности ее использования.

Заключение

Ключевыми чертами цифровой трансформации экономики, являющимися факторами формирования синергетического подхода к развитию и адаптации системы управления:

– быстрый научно-технический прогресс и формирование интеллектуально-творческого типа экономики, основанной на инновациях;

– формирование единой мировой экономической системы и глобализации социальных отношений;

– высокая степень обновления ассортимента выпускаемой продукции, индивидуальный подход к потребителям, гиперконкурентность;

– экспоненциальный рост объема получаемой из внешней среды информации, определяющей принятие управленческих решений;

– усложнение бизнес-процессов, обеспечивающих техническое совершенство производства и организацию труда.

Таким образом, можем заключить, что адаптивное развития системы управления к условиям внешней среды является сложным

процессом, требующим продуманной организационной работы руководства предприятия. При этом одним из наиболее важных условий реализации процесса адаптивного развития является информационное обеспечение, как основы для принятия адекватных управленческих решений.

Литература

1 Варламова З.Н. Сущность развития организаций // Вестник Челябинского государственного университета. 2009. № 19 (157). С. 156–160.

2 Кондаурова Д.С. Разработка рекомендаций по развитию механизма управления устойчивым развитием промышленных предприятий // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. Кисловодский институт экономики и права. 2015. № 9 (81). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-rekomendatsiy-po-razvitiyu-mehanizma-upravleniya-ustoychivym-razvitiem-promyshlennyh-predpriyatiy

3 Ерохина Е.А. Теория экономического развития: (системно-самоорганизационный подход). Томск: Изд-во Том.ун-та, 1999. С 89–113.

4 Акофф Р. Планирование будущего корпорации: пер. с англ. М.: Сирин, 2002. С. 65–176.

5 Бабич О.В. Вопросы адаптации деятельности предприятия современным условиям // Экономика и предпринимательство. 2014. № 5–1 (46). С. 429–434.

6 Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов; пер. с англ. М.: Изд-во социально-экономической литературы, 1962. 440 с.

7 Рикардо Д. Сочинения: в 4 т. М.: Государственное издательство политической литературы, 1955–1958. Т. 1: Начала политической экономии и налогового обложения. 1955. 122 с.

8 Петти В. Экономические и статистические работы. М.: Соцэкгиз, 1940. 41 с.

9 Маркс К. Капитал. Критика политической экономии. Т. 1. Кн. 1. Процесс производства капитала. М.: Политиздат, 1988. С 351–362.

10 Туган-Барановский М.И. Избранное. М.: Российская политическая энциклопедия (РОССПЭН), 2010. С. 69–70.

11 Шевченко В.В. К вопросу о сущности экономической адаптации // Вестник института экономических исследований. 2016. № 1(1). С. 20–39.

12 Холл Р. Организации: структуры, процессы, результаты. СПб.: Питер, 2001. 512 с.

13 Моисеев Н.Н. Алгоритмы развития. М.: Наука, 1987. 304 с.

14 Молодчик А.В. Теория и практика формирования саморазвивающейся организации. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 246 с.

15 Гераськина И.Н. Синергетический менеджмент – современный концептуальный подход к развитию предприятия // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2013. № 22 (211). С. 32–38.

16 Исаев Р.А. Развитие системы управления: необходимость или мода? // Транспортное дело России. 2010. № 6. С. 55–59.

17 Westerman G. et al. Digital Transformation: A Road-Map for Billion-Dollar Organizations // MIT Center for Digital Business and Capgemini Consulting. 2011. P. 1–68.

18 Mohanty S. Restructuring and Globalization of Telecommunications Industry // Handbook of Research on Corporate Restructuring and Globalization. IGI Global, 2019. P. 52–72.

19 Namwijit C., Maneejuk P., Yamaka W. An Analysis of the Impact of Telecommunications Technology and Innovation on Economic Growth // In The 6th International Postgraduate Student Colloquium. 2019. P. 71.

20 Sawhney H. Global economy and international telecommunications networks // Global Communication: A Multicultural Perspective. 2019. P. 21.

References

1 Varlamova Z.N. The essence of the development of organizations. Bulletin of the Chelyabinsk State University. 2009. no. 19 (157). pp. 156-160. (in Russian).

2 Kondaurova D.S. Development of recommendations for the development of a mechanism for managing the sustainable development of industrial enterprises. Management of economic systems: electronic scientific journal. Kislovodsk Institute of Economics and Law. 2015. no. 9 (81). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-rekomendatsiy-po-razvitiyu-mehanizma-upravleniya-ustoychivym-razvitiem-promyshlennyh-predpriyatiy (in Russian).

3 Erokhina E.A. Economic development theory: (system-self-organizing approach). Tomsk, Publishing house of Tom.un-ta, 1999. pp. 89–113. (in Russian).

4 Ackoff R. Planning the future of the corporation: trans. from English Moscow, Sirin, 2002. pp. 65–176. (in Russian).

5 Babich O.V. Issues of adaptation of enterprise activities to modern conditions. Economy and Entrepreneurship. 2014. no. 5-1 (46). pp. 429-434. (in Russian).

6 Smith A. Research on the nature and causes of the wealth of nations; per. from English Moscow, Publishing house of socio-economic literature, 1962. 440 p. (in Russian).

7 Ricardo D. Works: in 4 volumes. Moscow, State Publishing House of Political Literature, 1955-1958. vol. 1: The beginnings of political economy and taxation. 1955. 122 p. (in Russian).

8 Petty V. Economic and statistical work. Moscow, Sotsekgiz, 1940. 41 p. (in Russian).

9 Marks K. Capital. Criticism of Political Economy. T. 1. Book. 1. The process of capital production. Moscow, Politizdat, 1988. pp. 351–362. (in Russian).

10 Tugan-Baranovsky M.I. Favorites. Moscow, Russian Political Encyclopedia (ROSSPEN), 2010. pp. 69–70. (in Russian).

11 Shevchenko V.V. To the question of the essence of economic adaptation. Bulletin of the Institute of Economic Research. 2016. no. 1 (1). pp. 20–39. (in Russian).

12 Hall R. Organizations: structures, processes, results. SPb, Peter, 2001. 512 p. (in Russian).

13 Moiseev N.N. Development algorithms. Moscow, Nauka, 1987. 304 p. (in Russian).

14 Molodchik A.V. Theory and practice of the formation of a self-developing organization. Yekaterinburg, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2001. 246 p. (in Russian).

15 Geraskina I.N. Synergetic management - a modern conceptual approach to enterprise development. National interests: priorities and security. 2013. no. 22 (211). pp. 32–38. (in Russian).

16 Isaev R.A. Management System Development: Necessity or Fashion? Transport business in Russia. 2010. no. 6. pp. 55–59.

17 Westerman G. et al. Digital Transformation: A Road-Map for Billion-Dollar Organizations. MIT Center for Digital Business and Capgemini Consulting. 2011. pp. 1–68.

18 Mohanty S. Restructuring and Globalization of Telecommunications Industry. Handbook of Research on Corporate Restructuring and Globalization. IGI Global, 2019. pp. 52–72.

19 Namwijit C., Maneejuk P., Yamaka W. An Analysis of the Impact of Telecommunications Technology and Innovation on Economic Growth. In The 6th International Postgraduate Student Colloquium. 2019. pp. 71.

20 Sawhney H. Global economy and international telecommunications networks. Global Communication: A Multicultural Perspective. 2019. pp. 21.

Сведения об авторах

Ирина В. Казьмина д.э.н, доцент , кафедра восстановления авиационной техники, Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, ул. Старых Большевиков, 54 «А», г. Воронеж, 394064, Россия, kazminakazmina@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-2610-8656

Татьяна В. Щеголева к.э.н., доцент, кафедра отраслевой и цифровой экономики, Воронежский государственный технический университет, ул. 20-летия Октября, 84, г. Воронеж, 394006, Россия, bosyanyka@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-5272-2246

Илона В. Попова преподаватель, кафедра восстановления авиационной техники, Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, ул. Старых Большевиков, 54 «А», г. Воронеж, 394064, Россия, ipov01@rambler.ru
https://orcid.org/0000-0001-7969-6706

Information about authors

Irina V. Kazmina Dr. Sci. (Econ.), associate professor, aviation engineering restoration department, Air Force Academy named after Professor N. Ye. Zhukovsky and Yu.A. Gagarina, st. Old Bolsheviks, 54 "A", Voronezh, 394064, Russia, kazminakazmina@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-2610-8656

Tatiana V. Shchegoleva Cand. Sci. (Econ.), associate professor, industrial and digital economy department, Voronezh State Technical University, st. 20-letiya Oktyabrya, 84, Voronezh, 394006, Russia, bosyanyka@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-5272-2246

Ilona V. Popova lecturer, aviation engineering restoration department, Air Force Academy named after Professor N. Ye. Zhukovsky and Yu.A. Gagarina, st. Old Bolsheviks, 54 "A", Voronezh, 394064, Russia, ipov01@rambler.ru
https://orcid.org/0000-0001-7969-6706

Вклад авторов

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

Contribution

All authors are equally involved 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 21/04/2021	**После редакции** 19/05/2021	**Принята в печать** 04/06/2021

Received 21/04/2021	**Accepted in revised** 19/05/2021	**Accepted** 04/06/2021

Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-320-335 Оригинальная статья/Research article
УДК 634.8:663.2:338.1:338.3 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Мониторинг состояния и перспектив развития отраслевого рыночного сегмента и производственного сектора народного хозяйства

Елена И. Кривенко [1] e.krivenko@bk.ru 0000-0002-3178-494X

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

Аннотация. Производственные сектора и рынки молочного и виноградно-винодельческого направлений имеют важное стратегическое значение не только для устойчивого и сбалансированного функционирования всего потребительского сегмента, но и для обеспечения продовольственной и национальной безопасностей нашей страны на должном уровне. В начале исследования был проведен анализ развития отечественного молочного производства в исторической ретроспективе. Далее была проведена многофакторная оценка основных проблем и рисковых ситуаций, присущих современному молочному производству. В частности, было установлено, что сегодня одним из ключевых сдерживающих факторов устойчивого развития молочного скотоводства РФ является отсутствие четкой организации и эффективной работы в области репродукционного и племенного хозяйства. Также были установлены внутренние причины, препятствующие развитию отечественного молочного животноводства и определены стратегические направления в контексте организации высокотехнологичных предприятий в сфере молочного скотоводства. Далее выполнена оценка непосредственно рынка молока и молочной продукции (динамика производства и потребления, баланс импорта и экспорта, уровень самообеспеченности, цены, основные производители, структура производства по категориям хозяйств). Кроме того, был проработан вопрос, связанный с потерями молока в сферах производства и потребления. Установлены ключевые факторы, которые будут влиять на развитие отечественного отраслевого рынка в краткосрочной перспективе. Выполнена оценка мирового рынка молока и молочной продукции (объемы производства, потребления, лидеры рынка, стратегические цели, задачи и сценарии развития в долгосрочной перспективе). Мониторинг виноградно-винодельческого сектора включил следующие оценочные параметры (объемы сбора винограда, площадь насаждения виноградников, продажи винодельческой продукции, основные проблемы и факторы сдерживания устойчивого развития). В частности, особое внимание было уделено проблеме незаконного использования импортного винного материала. В заключении был предложен комплекс государственных инициативных решений с целью придания устойчивого тренда развитию отечественной винодельческой отрасли.

Ключевые слова: управления, организации производства и отраслевой экономики

Monitoring the state and prospects of development of the industrial market segment and the production sector of the national economy

Elena I. Krivenko [1] e.krivenko@bk.ru 0000-0002-3178-494X

1 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The production sectors and markets of the dairy and grape-wine sectors are of great strategic importance not only for the sustainable and balanced functioning of the entire consumer segment, but also for ensuring the food and national security of our country at the proper level. At the beginning of the study, an analysis of the development of domestic dairy production in historical retrospect was carried out. Further, a multifactorial assessment of the main problems and risk situations inherent in modern dairy production was carried out. In particular, it was found that today one of the key constraining factors for the sustainable development of dairy cattle breeding in the Russian Federation is the lack of a clear organization and effective work in the field of reproductive and breeding farming. They also identified internal reasons that hinder the development of domestic dairy farming and identified strategic directions in the context of the organization of high-tech enterprises in the field of dairy cattle breeding. Further, the assessment of the milk and dairy products market itself was carried out (the dynamics of production and consumption, the balance of imports and exports, the level of self-sufficiency, prices, main producers, the structure of production by categories of farms). In addition, the issue related to the loss of milk in the areas of production and consumption was worked out. The key factors that will influence the development of the domestic industry market in the short term are identified. The assessment of the world market of milk and dairy products (production volumes, consumption, market leaders, strategic goals, tasks and development scenarios in the long term) was carried out. The monitoring of the grape and wine sector included the following estimated parameters (the volume of grape harvest, the area of vineyard planting, sales of wine products, the main problems and factors constraining sustainable development). In particular, special attention was paid to the problem of illegal use of imported wine material. In conclusion, a set of state initiative solutions was proposed in order to give a stable trend to the development of the domestic wine industry.

Keywords: dairy production, milk market, grape-wine sector, problems and risks, trends and prospects

Для цитирования
Кривенко Е.И. Мониторинг состояния и перспектив развития отраслевого рыночного сегмента и производственного сектора народного хозяйства // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 320–335. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-320-335

For citation
Krivenko E.I. Monitoring the state and prospects of development of the industrial market segment and the production sector of the national economy. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 320–335. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-320-335

© 2021, Кривенко Е.И. / Krivenko E.I.

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

В настоящее время продовольственный сектор национальной экономики играет исключительную роль в обеспечении не только социально-экономической стабильности, но и является важным инструментом сохранения политической безопасности. Сегодня отраслевыми министерствами и ведомствами разработаны многие программы и стратегии развития отраслевых производств и рынков. В частности, особое внимание уделено непосредственно молочному и виноградно-винодельческому производствам. В данном контексте целью исследования явилась комплексная оценка состояния и перспектив развития данных отраслевых секторов продовольственного сектора нашей страны. Был определен следующий перечень задач: провести анализ развития отечественного молочного производства в исторической ретроспективе; выполнить многофакторную оценку основных проблем и рисковых ситуаций, присущих современному молочному производству; установить внутренние причины, препятствующие развитию отечественного молочного животноводства и определить стратегические направления в контексте организации высокотехнологичных предприятий в сфере молочного скотоводства; выполнить оценку непосредственно рынка молока и молочной продукции (динамика производства и потребления, баланс импорта и экспорта, уровень самообеспеченности, цены, основные производители, структура производства по категориям хозяйств); проработать вопрос, связанный с потерями молока в сферах производства и потребления; установить ключевые факторы, которые будут влиять на развитие отечественного отраслевого рынка в краткосрочной перспективе; выполнить оценку мирового рынка молока и молочной продукции (объемы производства, потребления, лидеры рынка, стратегические цели, задачи и сценарии развития в долгосрочной перспективе); провести мониторинг виноградно-винодельческого сектора с использованием следующих оценочных параметров (объемы сбора винограда, площадь насаждения виноградников, продажи винодельческой продукции, основные проблемы и факторы сдерживания устой-чивого развития); исследовать проблему незаконного использования импортного винного материала; предложить комплекс государственных инициативных решений с целью придания устойчивого тренда развитию отечественной винодельческой отрасли.

Материалы и методы

В ходе исследования были использованы научные труды отечественных ученых, занимающихся исследованиями вопросов функционирования отраслевых производства на национальном и мировом уровнях. В частности, были использованы нормативно-правовые документы, регулирующие сферу молочного и виноградно-винодельческого производств; данные Росстата. В работе были использованы следующие научные подходы: системный, ситуационный, логический, диалектический и функциональный. Среди научных методов стоит отметить: эмпирическую группу (описание, сравнение, экспертная оценка), теоретическую группу (анализ, синтез, индукция, дедукция, обобщение, конкретизация, абстрагирование); общенаучную группу (ретроспективный, графический).

Результаты и обсуждение

В силу того, что процесс ресурсосбережения имеет всеобъемлющий и многоаспектный характер, а отраслевая сфера прикладных исследований также характеризуется сложной структурой, то весьма логично провести мониторинг состояния и тенденций развития последней в контексте будущей оценки и применения ресурсосберегающих моделей и подходов инновационного типа (рисунок 1). Предлагаемая методика учитывает три базовых сферы управления: сырьевой сегмент, промышленное производство и отраслевой рынок.

Если задаваться целью комплексного исследования отечественного рынка молочной продукции, то важнейшим компонентом последнего является сырьевой сектор (молочное скотоводство). Именно в данном сегменте на 80 % формируются базовые показатели динамики и тенденций развития всего промышленного сектора и отраслевого товарного рынка (оптового и розничного) [9]. Эффективность функционирования всей товарно-производственной цепочки (сырьевой сектор – промышленная переработка – товарный рынок), в большей степени, определяется инвестиционной активностью и уровнем доходов в сельскохозяйственном производстве; оптимальностью (экономичностью) транспортно-логистических схем доставки сырья (сырое молоко); уровнем технико-технологического развития промышленной сферы; качеством организации товарных рынков (оптовых и розничных), а также схемой распределения аккумулированного дохода в виде товарной наценки между всеми участниками данной цепочки [15, 23].

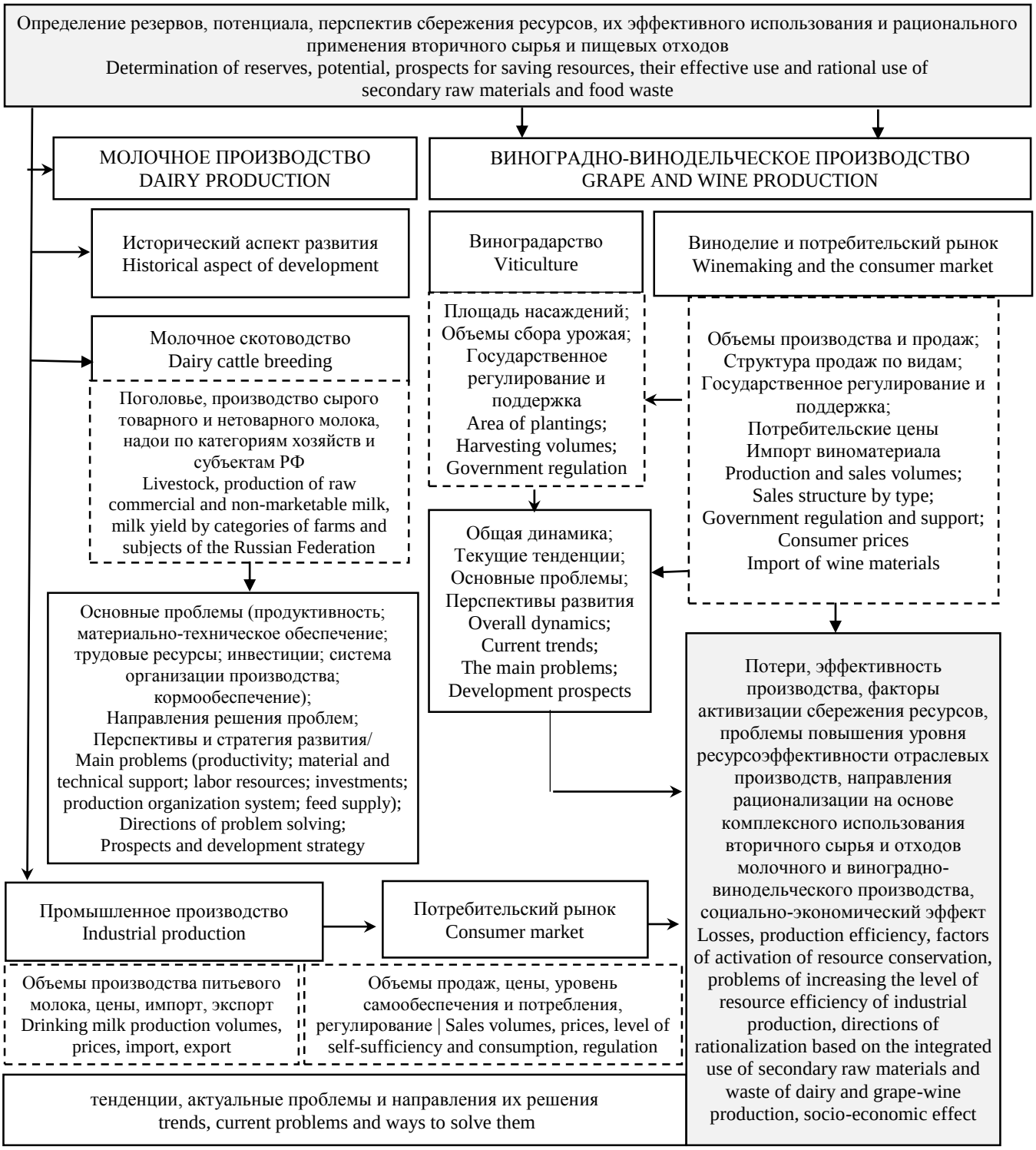


Рисунок 1. Методика мониторинга состояния и развития отраслевых производств в аспекте оценки и повышения ресурсоэффективности

Figure 1. Methodology for monitoring the state and development of industrial production in the aspect of assessing and improving resource efficiency

Приведем отдельные положения генезиса данного сегмента народного хозяйства с позиции исторической ретроспективы. В частности, отметим, что, исходя из исторических материалов, можно гипотетически предположить, что активно молочное животноводство функционировало уже в V тыс. до н. э. Известно, что в Киевской Руси молочный скот держали уже в IX в.

В середине XVII в Россию начали завозить племенных животных. Особенно активно развивалось молочное скотоводство в эпоху правления Петра I. В данный период молочное

скотоводство в основном размещалось рядом с крупными городами, обеспечивая при этом стабильный сбыт и должный уровень дохода животноводческим хозяйствам.

В XIX в. в России начали появляться контрольно-надзорные органы, в полномочия которых входили функции обеспечения должного уровня содержания скота, повышение продуктивности и производительности соответствующих предприятий, что явилось прообразом современного племенного дела. Кроме того, стали формироваться отраслевые объединения с целью защиты прав производителей, а также выработки единой стратегии производственно-экономического развития животноводческой сферы и сферы переработки молока.

После 1917 г. отечественное молочное скотоводство несколько раз переживало стремительные подъемы и спады производства. В период коллективизации и во время Великой Отечественной войны данная сфера хозяйствования, как и все народное хозяйство, претерпела значительный упадок. В 50-х годах XX в. молочное животноводство в России начало активно восстанавливаться и развиваться.

В конце 80-х годов прошлого века отечественное молочное скотоводство было достаточно развито. В 1990 г. был достигнуты рекордные показатели в отрасли, когда на отраслевой рынок было поставлено более 55 млн. т товарного молока. Но стоит отметить, что данные показатели были достигнуты исключительно за счет экстенсивных методов хозяйствования (большое количество животноводческих предприятий), а эффективность была на относительно низком уровне. В частности, по сравнению с зарубежными показателями, надои одной коровы в период 1980–1990 гг. составляли в среднем 2700 л в год, в то время, как в странах с развитым молочным скотоводством этот показатель был в 2,5–3 раза выше.

Начиная с 1990 г. в развитии отрасли можно выделить три наиболее значимых этапа: 1990–1995 гг. – резкий спад производства молока; 1995–2001 гг. – замедление темпов падения надоев; 2001–2010 гг. – период восстановления и стабилизации. За период 2010–2020 гг. отмечается устойчивый рост производства молока и молочных продуктов, рост самообеспеченности РФ данными продуктами и снижение объемов импортных поставок [17, 18].

В период стабилизации помощь животноводческим хозяйствам активно начало оказывать государство. К примеру, в рамках Госпрограммы на 2008–2012 гг. общий объем государственной поддержки молочного производства составил порядка 99 млрд. р., и, как результат, на момент 2013 г. поголовье скота в РФ выросло до 21 млн. голов.

В Государственной программе на 2013–2020 гг. молочное животноводство было определено как одно из основных направлений [10]. С 2013 г. производители данной продукции начали получать со стороны государства целевую поддержку в виде субсидий и дотаций. На момент 2020 г. в хозяйствах всех категорий, насчитывалось 18055,4 тыс. голов КРС, в том числе коров – 7894,9 тыс. голов. Стоит подчеркнуть, что за весь период исследования 1990–2020 гг. численность КРС и коров имела общую тенденцию снижения. Так, численность КРС во всех хозяйствах на момент 2020 г. по сравнению с 1990 г. уменьшилась на 68,3 %, а коров на 61,6 % [11]. Все это говорит о том, что на текущий момент перед отраслевыми профильными государственными структурами, промышленными объединениями и руководителями отдельных предприятий стоит серьезная задача по наращиванию поголовья КРС и коров и увеличению их продуктивности. В контексте последнего отметим, что в 2020 г. средний показатель надоя молока на корову в товарном сегменте превысил 6 тыс. кг, что стало рекордом современной России.

Среди основных причин, сложившейся ситуации следует выделить:

- кризисную геополитическую обстановку 1990 г., которая привела к распаду СССР, что способствовало физическому уменьшению данного отраслевого сегмента и разрыву сложившихся ранее кооперационных связей;
- неудачные экономические реформы периода 1990–1998 гг., которые привели к финансовой несостоятельности целых секторов отраслевого сегмента, в том числе и молочного скотоводства;
- отсутствие четкой государственной программы развития отрасли;
- физическое и моральное устаревание производственных фондов;
- отсутствие действенных механизмов государственной поддержки производителей товарного молока;
- низкую доходность отрасли и длительные сроки окупаемости, что не стимулировало инвестиционную активность и наращивание объемов производства;
- переход отечественных молочных комбинатов на импортное сырье.

Исследования показали, что сегодня одним из ключевых сдерживающих факторов устойчивого развития молочного скотоводства РФ является отсутствие четкой организации и эффективной работы в области репродукционного и племенного хозяйства. Государство сегодня

обратило пристальное внимание на эту тему. В нашей стране на данный момент реализуется очень мало породистого молодняка молочного направления и их стоимость довольно высока. Данная ситуация серьезно препятствует развитию всего молочного подкомплекса АПК РФ. Закон об обязательной продаже определенного количества породистых животных ситуацию не разрешает в полной мере. Организации, специализирующиеся на племенной работе, стараются оставить качественный молодняк для собственного производства. Зачастую племенные хозяйства продают скот друг другу или же просто самим себе. Кроме того, отраслевые специалисты отмечают, что по качеству отечественный племенной скот до сих пор уступает импортному [8, 22].

Решить данный комплекс проблем, на наш взгляд, можно за счет организации племенной работы на базе крупных хозяйств отрасли, в которых она до сих пор не велась. Тем более что из-за дефицита породистого молодняка данное направление может стать весьма выгодным с позиции производственной диверсификации. В данном контексте отметим, что на момент 2021 г. весьма актуальна проблема, связанная с несовершенством механизма субсидирования покупки импортного и отечественного молодняка молочного направления. Исходя из данной ситуации необходимо усовершенствовать систему субсидирования покупки породистого молодняка в сторону упрощения данной процедуры; пересмотреть методы господдержки; оптимизировать расходы, связанные с покупкой племенного молодняка.

В общем представлении можно отметить, что темпы развития отечественного молочного животноводства отстают от заданных индикаторов, представленных в государственных программных документах [10]. В силу специфики молочная отрасль более инертна и довольно медленнее трансформируется (адаптируется) к изменениям, к тому же в молочной отрасли не было таких национальных проектов, как в сфере свиноводства и птицеводства. Эксперты отмечают, что наряду с внешними, существуют и внутренние причины, препятствующие развитию данной сферы АПК, основные из них проиллюстрированы на рисунке 2.

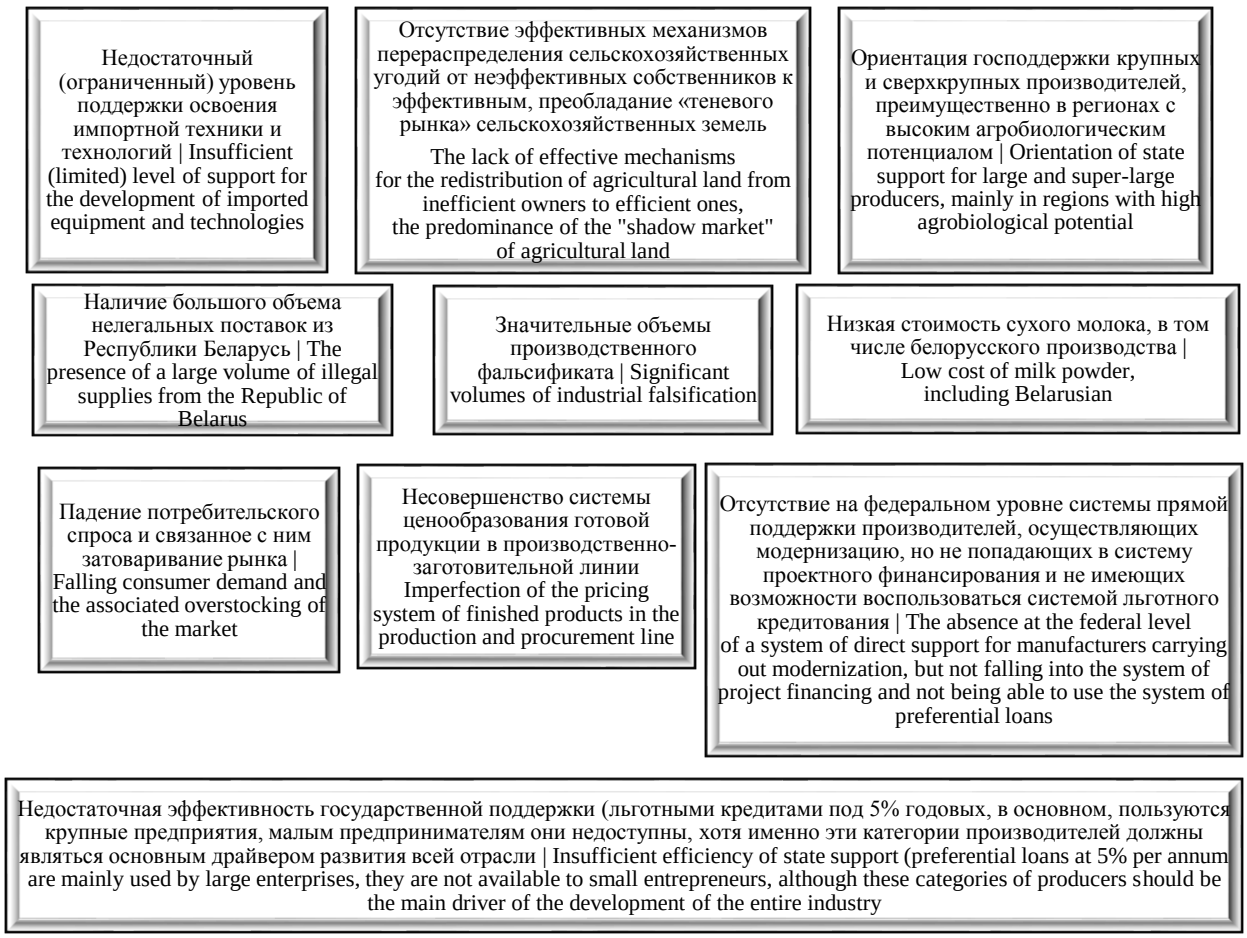


Рисунок 2. Внутренние причины, препятствующие развитию отечественного молочного животноводства

Figure 2. Internal reasons hindering the development of domestic dairy farming

На текущий момент Минсельхоз РФ поставил задачу по созданию как крупных высокотехнологичных предприятий, так и средних, мелкотоварных предприятий (ферм) с использованием современных технологий содержания и кормления скота. Решение данной задачи зависит от качества реализации следующих трех взаимосвязанных стратегических направлений (рисунок 3).

В 2020 г. эксперты впервые за долгие годы стали называть молочное животноводство одной из самых инвестиционно привлекательных отраслей АПК. Основным фактором является доходность отрасли (средний показатель рентабельности на 2020 г. составил порядка 12-14%). Кроме того, молочный рынок − один из немногих с высоким потенциалом роста производства [15].

Анализ рыночного сегмента свидетельствует, что динамика производства сырого и питьевого молока кардинально противоположна относительно поголовья КРС и коров. В 2020 г. внутренне производство сырого молока составило 32,2 млн. т (+6,7% к 2017 г.), общий объем молока на внутреннем отечественном рынке в 2020 г. составил 41023,7 тыс. т (таблица 1).

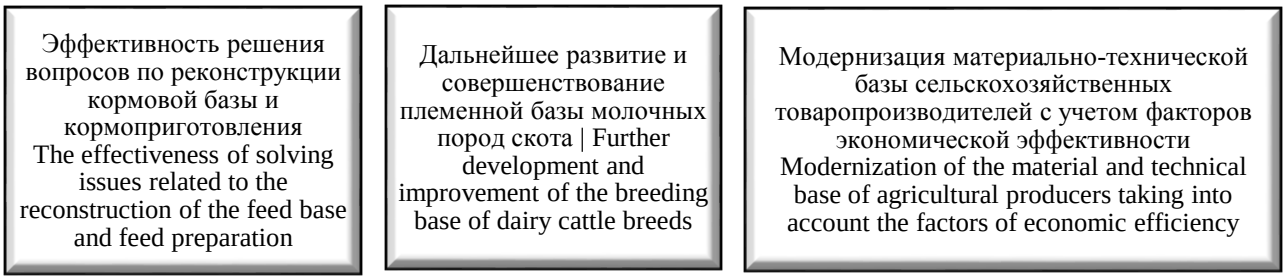


Рисунок 3. Стратегические направления в контексте организации высокотехнологичных предприятий в сфере молочного скотоводства

Figure 3. Strategic directions in the context of the organization of high-tech enterprises in the field of dairy cattle breeding

Таблица 1.

Динамика производства и потребления молока в РФ, тыс. т [11]

Table 1.

Dynamics of milk production and consumption in the Russian Federation, thousand tons

1990	2000	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Внутреннее производство | Domestic production									
55716	32259	29865,1	29995,1	29887,5	29787,3	30185,0	30611,1	31360,4	32215,6
Импорт | Import									
8043	4718	9455,1	9157,9	7951,3	7578,6	6996,9	6493,0	6727,8	7009,2
Итого объем внутреннего рынка | Total domestic market volume									
67209	38299	41352,1	41134,8	39959,2	39313,6	38927,9	38743,0	39768,3	41023,7
Потребление (промышленное) | Consumption (industrial)									
7314	5205	3622,5	3397,2	3223,6	3059,6	2915,1	2903,3	2992,3	3017,7
Экспортные поставки | Export supplies									
335	507	628,3	628,9	606,0	644,8	607,6	576,3	611,0	706,5
Потребление (личное) | Consumption (personal)									
57233	31317	35099,3	34953,1	34148,2	33832,9	33736,9	33552,0	34328,1	35261,5
Остаток на конец периода | Balance at the end of the period									
2265	1239	1970,8	2120,4	1947,7	1746,0	1638,9	1680,1	1798,9	2008,6

Объем импорта молока и молочных продуктов в 2020 г. составил 7009,2 тыс. т (+4,2% к 2019 г.). Основными импортерами молочной продукции в нашу страну стали: Республика Беларусь – 82%, Аргентина – 3%, Уругвай – 3%, Новая Зеландия – 2%, Казахстан – 2%. Стоит отметить, что текущий уровень импортных поставок стабилизирует внутренний рынок в контексте существенного падения цен в сырьевом секторе и способствует сокращению значительных запасов готовой продукции, однако запасы все еще находятся на высоком уровне (2020 г. – 2008,6 тыс. т), что вместе с ростом товарного производства может выступить драйвером развития экспорта отечественной молочной продукции на период 2021–2025 гг.

Как показывают исследования, у отечественной молочной отрасли имеются очень серьезные предпосылки по развитию экспорта конечной продукции. В настоящее время доля молока в общем экспорте сельскохозяйственной продукции в нашей стране составляет около 1,5%. Экспорт молока и молочной продукции в 2020 г. составил 706,5 тыс. т. Большая часть экспорта молока и молочной продукции из РФ направляется в страны СНГ. Доля поставок в третьи страны

составляет менее 10%, но постепенно увеличивается. Так, в физическом объеме экспорта (в пересчете на молоко) доля стран вне СНГ составила 9%. Тем не менее в 2020 г. отечественная молочная продукция стала реализовываться на рынках Японии, Вьетнама, Саудовской Аравии. Также начались поставки сухого молока в Китай, а ГК «Русагро» в конце 2020 г. реализовала первую пробную партию сухой молочной подсырной сыворотки в эту страну [17].

Между тем главная задача – повысить уровень самообеспеченности страны молоком, показатель потребления на душу населения и укрепить продовольственную безопасность. Доктрина продовольственной безопасности России предусматривает, что самообеспеченность молоком и молочными продуктами должна составлять не менее 90%. Согласно официальной статистики, в 2020 г. данный показатель составил 84,1% (рисунок 4) [11].

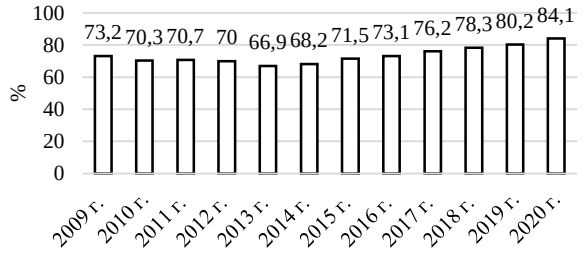


Рисунок 4. Уровень самообеспеченности товарным молоком и молокопродуктами в России, %

Figure 4. The level of self-sufficiency in commercial milk and dairy products in Russia, %

На момент 2020 г. в России потребление молока и молочной продукции составило 240 кг на душу населения в год, потенциал роста в ближайшие 8–10 лет может составлять порядка 25–30%. Стоит подчеркнуть, что рост потребления молока в 2020 г. был отмечен впервые с 2012 г. (максимум с 2000 г.). Общая динамика показана на рисунке 5 [11].

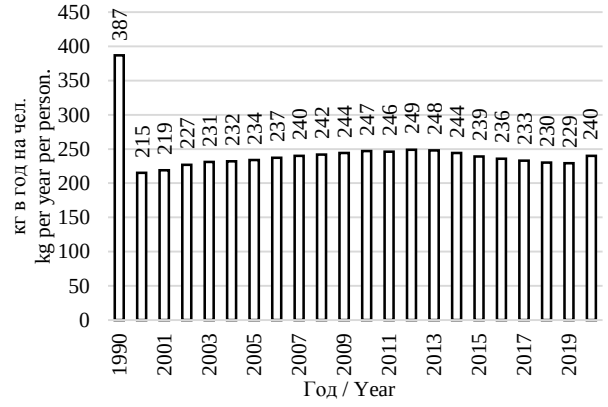


Рисунок 5. Динамика потребления молока в РФ на душу населения, кг/год

Figure 5. Dynamics of milk consumption in the Russian Federation per capita, kg / year

Стоит отметить, что уровень и разнообразие потребления молока и молочных продуктов существенно зависит от доходов населения. Чем выше доход, тем более качественное и разнообразное питание у потребителя. Весьма любопытно будет сравнить уровень потребления молока и молочных продуктов между категориями граждан с существенным различием их доходов. Так, в 2020 г. 10% граждан с наиболее высокими доходами потребляли 335 кг/год молока и молочной продукции, а 10% граждан с низкими доходами 176 кг/год, также стоит отметить, что согласно нормативам Минздрава РФ, годовое потребление молока на человека должно составлять 325 кг [13].

Значимость молока и молочных продуктов в рационе питания граждан РФ подтверждается нормами потребления продуктов питания в сутки, в частности, в среднем каждый россиянин в день должен потреблять 800 гр. молочных продуктов, до 200 гр. мяса, примерно 400 гр. овощей, 300 гр. свежих фруктов.

Важным фактором уровня потребления наравне с показателем реальных располагаемых доходов населения является уровень потребительских цен. Данные свидетельствуют, что на момент 2020 г. стоимость одного литра сырого молока у сельхозпроизводителей составила 25,8 р., у переработчиков – 42,2 р., а в торговой сфере – 59,3 р., следовательно, пока литр молока дойдет до потребителя, его начальная стоимость увеличивается более чем в 2,3 раза (+136%). Все это свидетельствует о явном дисбалансе структуры ценообразования в цепочке «сельхозпроизводители – переработчики – торговая сфера». Государственным контрольным и надзорным органам следует обратить пристальное внимание на данную ситуации и досконально в ней разобраться, а также выработать четкие принципы и подходы к организации данного процесса. Особую актуальность данные вопросы приобретают на фоне снижения доходов граждан и роста группы населения с низким заработком. Следует четко понимать, что от процесса ценообразования и уровня конечных потребительских цен зависят реальные доходы населения и уровень жизни в нашей стране, а ввиду того, что более 70% наших граждан тратит на продукты питания до 50% семейного бюджета, данная сфера контроля и надзора приобретает экстраординарный характер в общенациональном масштабе [9, 18, 24].

В настоящее время большую часть сырого молоко на отраслевой рынок поставляют крупные животноводческие хозяйства (сельскохозяйственные организации), многие из которых являются

составными производственными секторами агропромышленных холдингов. Другие формы хозяйствования (хозяйства населения, КФХ и ИП) в нашей стране развиты намного хуже.

Лидерами по производству молока-сырья в России в 2020 г. стали компании ГК «ЭкоНива» (валовый надой – 758 тыс. т.), Агрокомплекс им. Ткачева (валовый надой – 271 тыс. т.) и АХ «Красный Восток» (валовый надой – 129 тыс. т.).

Среди переработчиков крупнейшими компаниями стали «Danone Group (Данон Трейд)» (годовой объем выручки – 109,5 млрд р.), «Вимм-Билль-Данн (PepsiCo)» (выручка – 100,3 млрд р.) и ГК «Ренна» (выручка – 30 млрд р.).

В настоящее время рыночная доля ведущих игроков (участники рейтинга) составляет более 50%. Общая сумма выручки тридцати ведущих отраслевых компаний России в 2019 г. составила 561 млрд р., что на 13,5% выше показателя 2017 г. В контексте последнего стоит отметить, что в 2019 г. рынок молочной продукции в оптовых ценах составил 1100 млрд р., что на 13% больше уровня 2017 г. Все это свидетельствует о том, что лидеры рынка наращивают собственную капитализацию немного быстрее, чем растет сам рынок, а консолидационно-кооперационные процессы идут устойчивыми темпами, а порой и ускоренными [16].

В животноводческом молочном секторе также преобладают крупные игроки. Так, за период 2017–2019 гг. доля тридцати ключевых компаний отрасли России увеличилась с 11% до 14. На наш взгляд данная тенденция сохранится в среднесрочной перспективе, а основной прирост (до 80%) отрасли будут обеспечивать именно крупные компании за счет реализации долгосрочный инвестиционных проектов, направленных на перевооружение старых и открытие новых производств.

Согласно официальной статистики отраслевого союза, за 2020 г. объем производства товарного молока достиг уровня 22,5 млн т, что превысило рекордный показатель 2014 г. По мнению отраслевых экспертов, в ближайший период 2021–2022 гг. рост объема производства товарного молока сохранится за счет наращивания производственных мощностей, интенсификации производственного процесса и повышения продуктивности молочного стада. Отдельные специалисты заявляют, что прирост может составить более 3% (+0,8 млн т) [10].

В контексте последнего можно сделать некоторые выводы:

- в хозяйствах населения происходит сокращение поголовья скота при стабильно низкой продуктивности по сравнению с крупными сельскохозяйственными организациями (СХО);
- в КФХ и ИП наблюдается рост поголовья коров и молочной продуктивности, уровень которой остается значительно ниже, чем в секторе СХО;
- в СХО поголовье коров сокращается, молочная продуктивность растет достаточно высокими темпами (в среднем 4,4% в год), а уровень продуктивности выше, чем в других типах хозяйств. Данные хозяйства являются основной сырьевой базой для молочной промышленности.

Для ускорения развития молочной отрасли на текущий момент действует «широкий спектр инструментов господдержки». В 2020 г. на господдержку выделено 28,3 млрд р. В 2021 г. все существующие меры господдержки сохранятся. Более того, для дополнительной поддержки животноводческих предприятий и переработчиков расширено предоставление целевых краткосрочных кредитов. Так, с 2021 г. такие кредиты можно использовать для закупки зерна, шротов, премиксов, аминокислот на кормовые цели. При этом основная задача государственного регулирования состоит в том, чтобы предотвратить необоснованные скачки цен на молоко и продукты переработки. Все это приобретает особую значимость на фоне роста себестоимости производства молока-сырья, который в большей мере обоснован удорожанием кормовой базы. В то же время на российский сырьевой молочный рынок продолжает влиять относительно дорогой импорт оборудования, кормовых добавок и вспомогательных материалов [18, 25].

В контексте предметной области исследования приведем данные по потерям молока и молочных продуктов в отечественном секторе производства и потребления (рисунок 6).

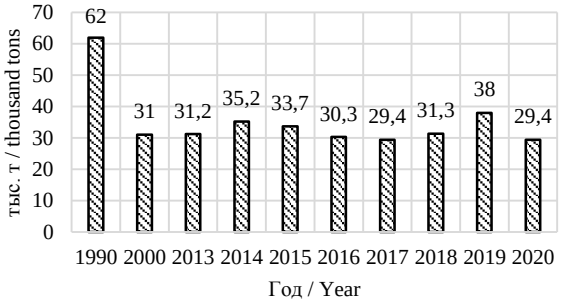


Рисунок 6. Объемы потерь молока и молочных продуктов, тыс. т

Figure 6. Volumes of losses of milk and dairy products, thousand tons

Данные свидетельствуют, что в период 2000–2020 гг. уровень потерь молока и молочных продуктов был довольно стабилен (32,2 тыс. т). В 2020 г. данный показатель немного снизился и составил 29,4 тыс. т., что на 52,6%

ниже уровня 1990 г. В данном контексте необходимо отметить, что в современных условиях отраслевого хозяйствования уже достигнут предел снижения уровня потерь ресурсов (молока) и дальнейшая их минимизация требует применения прогрессивных/инновационных методов научно-технического прогресса в области ресурсосбережения.

Важнейшие факторы, которые будут влиять на развитие отечественного рынка молока и молочной продукции в краткосрочной перспективе, проиллюстрированы на рисунке 7.



Рисунок 7. Ключевые факторы, которые будут влиять на развитие отечественного отраслевого рынка в краткосрочной перспективе

Figure 7. Key factors that will influence the development of the domestic industry market in the short term

Принимая во внимание текущие тенденции, преобладающие в отраслевом сегменте и на мировом рынке, именно модернизация инновационного типа, а также инвестиции в генетику в ближайшее время и долгосрочной перспективе смогут обеспечить устойчивый тренд развития, а также высокий уровень конкурентоспособности хозяйствующих субъектов, как на внутреннем, так и на внешнем рынках. Исследования показали, что по состоянию на текущий момент в сырьевом сегменте молочного производства модернизировано до 40% мощностей, а в перерабатывающем секторе более 60% [10, 21].

Среди других приоритетных задач, способных обеспечить эффективное развитие отечественного молочного производства – это открытие новых рынков сбыта; борьба с фальсификатом; повышение уровня консолидации производителей и переработчиков молока; эффективное участие государства в техническом регулировании рынка и решение вопросов, связанных с эффективностью и транспорентностью государственной поддержки [17, 22].

Если рассмотреть ситуацию в мировом масштабе, то в последние годы отмечается стабильный рост производства молока и молочной продукции, что обусловлено, в первую очередь, увеличивающимся спросом со стороны современного потребителя. Последний, все больше отдает предпочтение более качественным продуктам питания, что соответствует нормам здорового образа жизни. Россия является одним из ключевых производителей данной продукции в мире, а ее доля в мировом производстве сырого молока составляет около 6%. В средне- и долгосрочной перспективах рост производства молока сохранится, а дополнительный прирост будет обеспечен за счет высоких темпов наращивания молочного производства в таких странах как Индия, Бразилия, Аргентина, Китай и Пакистан.

Как отмечаю многие специалисты и эксперты, в среднесрочной перспективе стоит ожидать среднегодовой темп прироста мирового производства молока около 2%. В настоящее время среди стран с наибольшим приростом производства молока стоит отметить: Индию

(+5,8%), Канаду (+2,9%), Белоруссию (+2,4%), страны ЕС (+2%) и США (+1,8%).

Ключевыми факторами роста мирового потребления молочных продуктов являются: увеличение численности мирового населения; рост благосостояния и уровня жизни населения; рост мировой экономики; изменение потребительских предпочтений в сторону здорового питания; появление и рост потребительского спроса на молочную продукцию в отдельных регионах мира [8, 20].

Далее перейдем непосредственно к виноградно-винодельческому сектору. Виноградарство и виноделье – это два взаимосвязанных производственных сегмента, которые образуют единую отрасль народного хозяйства национальной экономики России (виноградно-винодельческая). Данный отраслевой рынок в системе продовольственного обеспечения играет весьма исключительную роль, что обусловлено его специфическими особенностями в плане производства, технико-технологической составляющей, организации и управления. Все эти составляющие требуют серьезной проработки в целях повышения эффективности и инновационности его развития в средне- и долгосрочной перспективах [19].

В начале уделим внимание непосредственно сырьевому сегменту (виноградарство) данной отрасли, как наиболее важной и актуальной проблеме, характерной для современного отечественного виноделья.

В частности, на рисунке 8 приведены объемы производства винограда в РФ по всем категориям хозяйств, при этом, данные последних лет скорректированы с учетом виноградных насаждений Республики Крыма [11].

Данные свидетельствуют о высокой степени колебания динамики объемов производства винограда в России. Причин на то довольно много, начиная от государственной политики и рынка, и заканчивая погодными условиями, последний, пожалуй, является одним из ключевых. В частности, в 2020 г. урожай винограда снизился на 30% по сравнению с прошлым годом именно по данной причине (засуха в большинстве виноградных регионах).

Отметим, что на текущий момент в России следует выделять пять основных винодельческих регионов: Кубань, Крым, Долина Дона, Дагестан. В частности, в текущем году (2020 г.) 40% всего винограда было собрано в Краснодарском крае. Практически все отраслевые производители отметили существенное уменьшение урожайности (вес гроздьев винограда) по причине климатического фактора (длительная засуха в течение практически всего года) [3, 4].

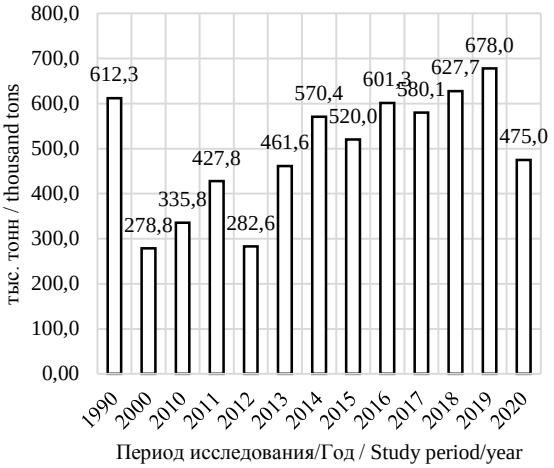


Рисунок 8. Производство винограда в РФ всеми хозяйствами, тыс. т

Figure 8. Grape production in the Russian Federation by all farms, thousand tons

Относительно качества стоит отметить, что здесь ситуация обратно отмеченной. Несмотря на то, что 2020 г. был засушливым, но не таким жарким как 2019 г. и по этой причине виноград созревал более равномерно, а низкая влажность минимизировала потери за счет грибковых заболеваний.

На рисунке 9 показана динамика изменения площади насаждения виноградников [11].



Рисунок 9. Площадь виноградников в России, тыс. га

Figure 9. The area of vineyards in Russia, thousand hectares

Как показывают исследования, на текущий момент в нашей стране общая площадь виноградников составляет порядка 100 тыс. га., около 89 тыс. га из которых являются плодоносящими. Относительно площади насаждений винограда стоит отметить, что она существенно снизилась за период 1990–2012 гг. более чем в 2,3 раза. В последующий период и до настоящего момента начался умеренный рост,

и в 2020 г. данный показатель практически достиг значения 100 тыс. га. Все это стало возможным благодаря тому, что с 2013 г. государство начало уделять особое внимание данному сегменту отрасли, и в этом же году было посажано более 20 тыс. га данной сельскохозяйственной культуры. На текущий момент эти виноградники уже приносят плоды и хороший экономический доход хозяйствам и бюджетам различных уровней [12]. Стоит отметить, что большой объем насаждений винограда в России требует серьезной научно-технической работы по их восстановлению, что без целевой государственной поддержки реализовать довольно сложно.

В России сегодня работают более 200 винодельческих предприятий. С каждым годом их количество увеличивается. Господдержка помогает строить винодельни, закупать оборудование, государственная программа субсидирует проценты на кредит и посадку виноградников. Российские виноделы производят 800 млн бутылок вина в год. И не просто по количеству, но и по качеству рассчитывают стать в ряд с ведущими странами по производству вина, такими как Чили, Аргентина, ЮАР и Новая Зеландия. Объемы продаж вин и винной продукции в нашей стране, показаны на рисунке 10 [11].



Рисунок 10. Продажи винодельческой продукции в России, млн дкл

Figure 10. Sales of wine products in Russia, million dkl

Сравнивая общие тренды изменения объемов производства винограда и площади насаждений, отметим что наблюдается некий дисбаланс, который заключается в том, что имелись периоды, когда площади насаждений винограда снижались высокими темпами, а объемов производства вина и винной продукции наоборот увеличивали. Несмотря на то, что отмечались отдельные сезонные колебания в сторону увеличения и уменьшения показателей, общая картина сложилась таковой. Проработав данный вопрос более тщательно следует отметить, что основной причиной данной ситуации стало повсеместное применение отечественными виноделами импортного винного материала. В настоящее время ситуация постепенно разрешается и отечественные виноделы в большей степени (до 70%) стали производить вино из отечественного сырья. Тем не менее данная проблема и на текущий момент довольно актуальна, так как имеется «теневой рынок», представители которого работают исключительно на импортном винном материале [14].

Проведенное исследование показало, что основными странами-поставщиками винного материала в нашу страну являются: Испания (43%), Украина (19,4%), ЮАР (13,2%), Молдавия (9%), Узбекистан (7,2%), Италия (3,1%). Довольно длительное время на рынке алкогольной продукции имела быть такая ситуация, когда отечественные предприятия производили вино из импортного винного материала и позиционировало данную продукцию как отечественную. При этом не было никакой маркировки и отметок на этикетке, что данная продукция была произведена из импортного виноматериала. Все это никоем образом не противоречило действующему законодательству, но нарушало права потребителей. Многие мелкие и крупные компании пользовались данной бизнес-моделью, поскольку она позволяла значительно снизить себестоимость, оптимизировать операционные издержки и быстро повысить уровень доходности предпринимательской деятельности. Но основная суть проблемы заключается в том, что данная модель серьезно препятствует развитию отечественного виноградарства [5].

Стоит отметить, что в контексте решения данной сложной проблемы, а также совершенствования функционирования данного рыночного сегмента с середины 2020 г. в России действует Федеральный закон «О виноградарстве и виноделии в РФ» № 468-ФЗ, в котором четко определены правовые, организационные, технологические и экономические основы производства, оборота и потребления продукции виноградарства и виноделия, а также определен порядок маркировки и принципы организации розничной продажи винодельческой продукции. Важно отметить, что при помощи данного нормативного акта был установлен барьер для вин, произведенных из импортного виноматериала (на этикетках данной продукции необходимо указывать – «Продукция не является вином»).

Отечественное винное сырье, благодаря принятию данного закона, начали использовать отраслевые предприятия, которые ранее работали исключительно на импортном виноматериале. Все это привело к активизации продаж отечественного винограда и наращиванию мощностей промышленной переработки винограда. Многие хозяйства, которые занимались исключительно выращиванием винограда, сегодня уже организуют собственную переработку [6].

Таким образом, в контексте развития сферы виноградарства и виноделия особую ценность стали приобретать саженцы российского производства. Открытие и функционирование питомников, по выращиванию саженцев винограда на ближайшее десятилетие станет одним из самых перспективных видов бизнеса. Все это приобретает особую актуальность и перспективы в аспекте интенсивного роста цен на импортные саженцы, и реализации целевой господдержки сферы отечественного виноградарства. Все это должно решить одну из ключевых проблем отечественного виноделия – дефицит качественного винного материала.

Также сегодня прорабатываются вопросы по увеличению ввозных пошлин на импортные виноматериалы. Стоит отметить, что подобного рода инициативы конструктивной протекционистской политики уже довольно успешно апробированы на примере сахарного производства, что привело к наращиванию объемов внутреннего производства, стабилизации рынка, удовлетворению потребительского спроса, укреплению продовольственной безопасности и наращиванию экспорта.

Активный ход реализации программы импортозамещения, а также принятый комплекс целевых программных решений в направлении увеличения производственных мощностей своего национального продукта требуют больших инвестиционных вложений, адаптивных стратегических решений и реализации эффективной государственной поддержки [7].

Проведенное исследование позволило сформировать комплекс государственных инициативных решений с целью придания устойчивого тренда развитию отечественной винодельческой отрасли:

- наиболее полное и качественное обеспечение промышленного сектора отечественным винным сырьем, что требует наращивание темпов увеличения насаждений виноградников технических (винных) сортов, а также проведение восстановительных мероприятий на площадях, которые потеряли продуктивность;
- контролировать эффективность применения на практике ФЗ– № 468;
- необходимо больше уделять внимание поддержке малых форм хозяйствования как в сырьевом сегменте, так и непосредственно в сфере виноделия;
- проводить более гибкую акцизную политики в отношении отечественного винодельческого производства;
- осуществлять более эффективную борьбу с фальсификатом;
- стимулировать отечественных виноделов к отказу от использования дешевого импортного винного сырья на основе применения финансовых, налоговых, нормативно-правовых инструментов;
- ориентировать современного покупателя к отказу от потребления некачественного и дешевого продукта;
- оказывать адресную финансовую поддержку отраслевикам на реализацию целевых бизнес-проектов по увеличению площади насаждений винограда, организации его переработки, наращиванию экспортных поставок, внедрению ресурсосберегающих технологий в сельскохозяйственной и промышленной сферах.

В частности, для ориентации спроса на отечественную качественную продукцию требуется разработка мер, когда покупатель свободно может получить информацию и о товаре, и о производителе и убедиться в качестве данного изделия. Конечно же, исходя из действующего положения и динамики его изменения, достичь полного импортозамещения в данной отрасли в ближайшее время не предоставляется возможным. Отдельные эксперты и отраслевые специалисты свидетельствуют о том, что на это потребуется не менее 15–20 лет при условии сохранения текущих объемов государственной финансовой и нормативно-правовой поддержки, а также темпов реструктуризации всего виноградарства и виноделья России. В целом данная стратегическая установка должна принести высокий положительный синергетический эффект в средне- и долгосрочной перспективах [2, 4].

Таким образом, все выше отмеченное, в конечном итоге, будет способствовать активизации предпринимательской деятельности в данной сфере и позволит производителям самостоятельно формировать и реализовывать внутренние контрольные меры и стратегии развития на определенных территориях, что в большей степени направленно на борьбу с фальсификатом, «теневым» рынком и некачественной продукцией. Также данные условия позволят устанавливать более конкретные и действенные льготы для промышленников и сельхозпроизводителей, занимающихся организацией питомников для выращивания саженцев винограда.

В контексте отмеченных тенденций и с учетом мнения многих отраслевых экспертов, к 2028 г. отечественный винный рынок выйдет на качественно иной уровень своего развития, а его объемы увеличатся как минимум в 2–3 раза. На наш взгляд данные предположения вполне реализуемы и достижимы при условии сохранения уровня государственной поддержки в плане наращивания площадей возделывания винограда, производственных мощностей в аспекте соблюдения принципа инновационности и ресурсоориентированности [1, 19].

На наш взгляд, данные прогнозы являются вполне достижимыми, так как все свидетельствует о том, что данный отраслевой сегмент выходит их кризисного состояния, успешно развивается в сложившейся конкурентной среде и в условиях эффективной и целенаправленной поддержки со стороны государства.

Базовые аспекты и положения процесса управления отраслевыми производствами в контексте применения ресурсосберегающих методов и подходов инновационного типа будут рассмотрены в содержательной части следующего параграфа.

Заключение

Если задаваться целью комплексного исследования отечественного рынка молочной продукции, то важнейшим компонентом последнего является сырьевой сектор (молочное скотоводство). Исследования показали, что сегодня одним из ключевых сдерживающих факторов устойчивого развития молочного скотоводства РФ является отсутствие четкой организации и эффективной работы в области репродукционного и племенного хозяйства. Государство сегодня обратило пристальное внимание на эту тему. В нашей стране на данный момент реализуется очень мало породистого молодняка молочного направления и их стоимость довольно высока. Данная ситуация серьезно препятствует развитию всего молочного подкомплекса АПК РФ. Закон об обязательной продаже определенного количества породистых животных ситуацию не разрешает в полной мере.

Решить данный комплекс проблем, на наш взгляд, можно за счет организации племенной работы на базе крупных хозяйств отрасли, в которых она до сих пор не велась. Тем более что из-за дефицита породистого молодняка данное направление может стать весьма выгодным с позиции производственной диверсификации. В данном контексте отметим, что на момент 2021 г. весьма актуальна проблема, связанная с несовершенством механизма субсидирования покупки импортного и отечественного молодняка молочного направления.

В 2020 г. эксперты впервые за долгие годы стали называть молочное животноводство одной из самых инвестиционно привлекательных отраслей АПК. Основным фактором является доходность отрасли (средний показатель рентабельности на 2020 г. составил порядка 12–14%). Кроме того, молочный рынок – один из немногих с высоким потенциалом роста производства.

В 2020 г. внутренне производство сырого молока составило 32,2 млн т (+6,7% к 2017 г.), общий объем молока на внутреннем отечественном рынке в 2020 г. составил 41023,7 тыс. т.

Объем импорта молока и молочных продуктов в 2020 г. составил 7009,2 тыс. т (+4,2% к 2019 г.). Основными импортерами молочной продукции в нашу страну стали: Республика Беларусь – 82%, Аргентина – 3%, Уругвай – 3%, Новая Зеландия – 2%, Казахстан – 2%. Стоит отметить, что текущий уровень импортных поставок стабилизирует внутренний рынок в контексте существенного падения цен в сырьевом секторе и способствует сокращению значительных запасов готовой продукции, однако запасы все еще находятся на высоком уровне (2020 г. – 2008,6 тыс. т), что вместе с ростом товарного производства может выступить драйвером развития экспорта отечественной молочной продукции на период 2021–2025 гг.

На момент 2020 г. в России потребление молока и молочной продукции составило 240 кг на душу населения в год, потенциал роста в ближайшие 8–10 лет может составлять порядка 25–30%. Стоит подчеркнуть, что рост потребления молока в 2020 г. был отмечен впервые с 2012 г. (максимум с 2000 г.).

Важным фактором уровня потребления наравне с показателем реальных располагаемых доходов населения является уровень потребительских цен. Данные свидетельствуют, что на момент 2020 г. стоимость одного литра сырого молока у сельхозпроизводителей составила 25,8 р., у переработчиков – 42,2 р., а в торговой сфере – 59,3 р., следовательно, пока литр молока дойдет до потребителя, его начальная стоимость увеличивается более чем в 2,3 раза (+136%). Все это свидетельствует о явном дисбалансе структуры ценообразования в цепочке «сельхозпроизводители – переработчики – торговая сфера». Государственным контрольным и надзорным органам следует обратить пристальное внимание на данную ситуации и досконально в ней разобраться, а также выработать четкие принципы и подходы к организации данного процесса.

Данные свидетельствуют, что в период 2000–2020 гг. уровень потерь молока и молочных продуктов был довольно стабилен (32,2 тыс. т).

В 2020 г. данный показатель немного снизился и составил 29,4 тыс. т., что на 52,6% ниже уровня 1990 г. В данном контексте необходимо отметить, что в современных условиях отраслевого хозяйствования уже достигнут предел снижения уровня потерь ресурсов (молока) и дальнейшая их минимизация требует применения прогрессивных / инновационных методов научно-технического прогресса в области ресурсосбережения.

Принимая во внимание текущие тенденции, преобладающие в отраслевом сегменте и на мировом рынке, именно модернизация инновационного типа, а также инвестиции в генетику в ближайшее время и долгосрочной перспективе смогут обеспечить устойчивый тренд развития, а также высокий уровень конкурентоспособности хозяйствующих субъектов, как на внутреннем, так и на внешнем рынках. Исследования показали, что по состоянию на текущий момент в сырьевом сегменте молочного производства модернизировано до 40% мощностей, а в перерабатывающем секторе более 60%.

Среди других приоритетных задач, способных обеспечить эффективное развитие отечественного молочного производства – это открытие новых рынков сбыта; борьба с фальсификатом; повышение уровня консолидации производителей и переработчиков молока; эффективное участие государства в техническом регулировании рынка и решение вопросов, связанных с эффективностью и транспорентностью государственной поддержки.

Данные свидетельствуют о высокой степени колебания динамики объемов производства винограда в России. Причин на то довольно много, начиная от государственной политики и рынка, и заканчивая погодными условиями, последний, пожалуй, является одним из ключевых. В частности, в 2020 г. урожай винограда снизился на 30% по сравнению с прошлым годом именно по данной причине (засуха в большинстве виноградных регионах).

Как показывают исследования, на текущий момент в нашей стране общая площадь виноградников составляет порядка 100 тыс. га., около 89 тыс. га из которых являются плодоносящими. Относительно площади насаждений винограда стоит отметить, что она существенно снизилась за период 1990–2012 гг. более чем в 2,3 раза. В последующий период и до настоящего момента начался умеренный рост, и в 2020 г. данный показатель практически достиг значения 100 тыс. га. Все это стало возможным благодаря тому, что с 2013 г. государство начало уделять особое внимание данному сегменту отрасли, и в этом же году было посажано более 20 тыс. га данной сельскохозяйственной культуры. На текущий момент эти виноградники уже приносят плоды и хороший экономический доход хозяйствам и бюджетам различных уровней. Стоит отметить, что большой объем насаждений винограда в России требует серьезной научно-технической работы по их восстановлению, что без целевой государственной поддержки реализовать довольно сложно.

В России сегодня работают более 200 винодельческих предприятий. С каждым годом их количество увеличивается. Господдержка помогает строить винодельни, закупать оборудование, государственная программа субсидирует проценты на кредит и посадку виноградников.

Проведенное исследование показало, что основными странами-поставщиками винного материала в нашу страну являются: Испания (43%), Украина (19,4%), ЮАР (13,2%), Молдавия (9%), Узбекистан (7,2%), Италия (3,1%). Довольно длительное время на рынке алкогольной продукции имела быть такая ситуация, когда отечественные предприятия производили вино из импортного винного материала и позиционировало данную продукцию как отечественную. При этом не было никакой маркировки и отметок на этикетке, что данная продукция была произведена из импортного виноматериала. Все это никоем образом не противоречило действующему законодательству, но нарушало права потребителей. Многие мелкие и крупные компании пользовались данной бизнес-моделью, поскольку она позволяла значительно снизить себестоимость, оптимизировать операционные издержки и быстро повысить уровень доходности предпринимательской деятельности. Но основная суть проблемы заключается в том, что данная модель серьезно препятствует развитию отечественного виноградарства.

Стоит отметить, что в контексте решения данной сложной проблемы, а также совершенствования функционирования данного рыночного сегмента с середины 2020 г. в России действует Федеральный закон «О виноградарстве и виноделии в РФ» № 468-ФЗ, в котором четко определены правовые, организационные, технологические и экономические основы производства, оборота и потребления продукции виноградарства и виноделия, а также определен порядок маркировки и принципы организации розничной продажи винодельческой продукции. Важно отметить, что при помощи данного нормативного акта был установлен барьер для вин, произведенных из импортного виноматериала (на этикетках данной продукции необходимо указывать – «Продукция не является вином»).

Отечественное винное сырье, благодаря принятию данного закона, начали использовать отраслевые предприятия, которые ранее работали исключительно на импортном виноматериале. Все это привело к активизации продаж отечественного винограда и наращиванию мощностей промышленной переработки винограда. Многие хозяйства, которые занимались исключительно выращиванием винограда, сегодня уже организуют собственную переработку.

Литература

1 Statistics. Oiv.int International Organization of Vine and Wine. URL: http://www.oiv.int/en/databases-and-statistics/

2 Porter M. et al. The French Wine Cluster // Microeconomics of Competitiveness. Boston: Harvard Business School, 2013. P. 1–33.

3 Асхабалиева Ю.В. Повышение эффективности функционирования виноградарско-винодельческого подкомплекса АПК в условиях рыночных отношений // Управление экономическими системами. 2020. №35. С. 40–68.

4 Балынин К.А. Географические особенности виноградарства и виноделия Краснодарского края как основа развития винного туризма // Общество. Среда. Развитие. 2018. №2. С. 3–8.

5 Берзин В.А. Государственная политика в области винодельческого виноградарства, производства, оборота и потребления винодельческой продукции. М: Ритм, 2019. 602с.

6 Дятловская Е. Господдержка виноградарства удвоится. URL: https://www.agroinvestor.ru/markets/news/30665-gospodderzhka-vinogradarstva-udvoitsya/

7 Концепция развития виноградарства и виноделия в РФ на период 2016-2020 гг. и плановый период до 2025 г. URL: http://kbvw.ru/images/docs/koncepciya17062016.pdf

8 Молоко и молочные продукты. Итоги года 2020. URL: https://milknet.ru/blog/moloko-i-molochnie-produkti-itogi-goda-2020-297

9 О производстве молочных продуктов в России по виду в 2019-2020 гг. URL: https://agrovesti.net/lib/industries/dairy-farming/o-proizvodstve-molochnykh-produktov-v-rossii-po-vidu-v-2019-2020-gg.html

10 Официальный сайт Национального союза производителей молока. URL: http://www.souzmoloko.ru/

11 Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/

12 Площадь виноградников в России хотят увеличить втрое URL: https://news.rambler.ru/other/40977941/?utm_content=rnews&utm_medium=read_more&utm_source=copylink

13 Приказ Министерства здравоохранения РФ «Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требовани-ям здорового питания», №614 от 19.08.2016 г.

14 Продажи российского вина выросли на 3% в 2020 году. URL: https://roskachestvo.gov.ru/news/prodazhi-rossiyskogo-vina-vyrosli-na-3-v-2020-godu/

15 Производство молока в России в 2020 году выросло на 2,7%. URL: https://tass.ru/ekonomika/10572767

16 Рейтинг производителей и переработчиков молока России – 2020. URL: https://www.tsenovik.ru/news/Novosti-APK/KRS/Vyshel-reyting-proizvoditeley-i-pererabotchikov-moloka-Rossii-2020/

17 Россия в 2020 году увеличила производство молока до 32 млн тонн. URL: https://www.vesti.ru/finance/article/2515886

18 Состояние молочной отрасли России. URL: https://www.retail.ru/tovar_na_polku/infoline-aktualnye-trendy-na-molochnom-rynke-rossii-i-mira/

19 Союз виноделов: Производство вина в РФ в 2020 г останется на уровне прошлого года. URL: https://wineretail.info/vino/2020/10/08/soyuz-vinodelov-proizvodstvo-vina-v-rf-v-2020-g-ostanetsya-na-urovne-proshlogo-goda/

20 Указ Президента Российской Федерации от 30 января 2010 г. № 120 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» URL: http://old.mcx.ru/documents/document/v7_show/37135.133.htm

21 Magasumovna A.A., Anasovna S.G., Alfirovna Z.Z. Factors and reserves of increase of efficiency of agricultural production // International Journal of Applied Engineering Research. 2017. V. 12. № 24. P. 15821-15829.

22 Pavlov A., Kindaev A., Vinnikova I., Kuznetsova E. Crop insurance as a means of increasing efficiency of agricultural production in Russia // International Journal of Environmental and Science Education. 2016. V. 11. № 18. P. 11863-11868.

23 Cankurt M., Miran B., Gunden C. A comparative analysis on productivity and efficiency of agricultural production of the EU and Turkey // Journal of Food, Agriculture & Environment. 2013. V. 11. № 2. P. 433-439.

24 Clark M., Tilman D. Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice // Environmental Research Letters. 2017. V. 12. №. 6. P. 064016. doi: 10.1088/1748-9326/aa6cd5

25 Ableeva A.M., Salimova G.A., Rafikova N.T., Fazrahmanov I.I. et al. Economic evaluation of the efficiency of supply chain management in agricultural production based on multidimensional research methods // International Journal of Supply Chain Management. 2019. V. 8. № 1. P. 328.

References

1 Statistics. Oiv.int International Organization of Vine and Wine. Available at: http://www.oiv.int/en/databases-and-statistics/ (in Russian).

2 The French Wine Cluster / / Microeconomics of Competitiveness. – Boston: Harvard Busi-ness School, 2013. – P. 1–33.

3 Askhabalieva Yu.V. Improving the efficiency of the functioning of the viticultural and wine-making subcomplex of the agro-industrial complex in the conditions of market relations. Management of economic systems. 2020. no. 35. pp. 40-68. (in Russian).

4 Balynin K.A. Geographical features of viticulture and winemaking of the Krasnodar Terri-tory as the basis for the development of wine tourism. Society. Wednesday. Development. 2018. no. 2. pp. 3-8. (in Russian).

5 Berzin V.A. State policy in the field of wine-making viticulture, production, turnover and consumption of wine-making products: monograph. Moscow, Rhythm. 2019. 602c. (in Russian).

6 Dyatlovskaya E. State support of viticulture will double. Available at: https://www.agroinvestor.ru/markets/news/30665-gospodderzhka-vinogradarstva-udvoitsya/ (in Russian).

7 The concept of viticulture and winemaking development in the Russian Federation for the period 2016-2020 and the planned period until 2025. Available at: http://kbvw.ru/images/docs/koncepciya17062016.pdf (in Russian).

8 Milk and dairy products. Results of the year. Available at: https://milknet.ru/blog/moloko-i-molochnie-produkti-itogi-goda-2020-297 (in Russian).

9 About the production of dairy products in Russia by type in 2019-2020. Available at: https://agrovesti.net/lib/industries/dairy-farming/o-proizvodstve-molochnykh-produktov-v-rossii-po-vidu-v-2019-2020-gg.html (in Russian).

10 Official website of the National Union of Milk Producers. Available at: http://www.souzmoloko.ru/ (in Russian).

11 Official website of the Federal State Statistics Service. Available at: http://www.gks.ru/ (in Russian).

12 They want to triple the area of vineyards in Russia. Available at: https://news.rambler.ru/other/40977941/?utm_content=rnews&utm_medium=read_more&utm_source=copylink (in Russian).

13 Order of the Ministry of Health of the Russian Federation" On approval of Recommenda-tions on rational norms of food consumption that meet modern requirements of healthy nutrition", no. 614 of 19.08.2016. (in Russian).

14 Sales of Russian wine increased by 3% in 2020. Available at: https://roskachestvo.gov.ru/news/prodazhi-rossiyskogo-vina-vyrosli-na-3-v-2020-godu/ (in Russian).

15 Milk production in Russia in 2020 increased by 2.7%. Available at: https://tass.ru/ekonomika/10572767 (in Russian).

16 Rating of milk producers and processors in Russia-2020. Available at: https://www.tsenovik.ru/news/Novosti-APK/KRS/Vyshel-reyting-proizvoditeley-i-pererabotchikov-moloka-Rossii-2020/ (in Russian).

17 Russia in 2020 increased milk production to 32 million tons. Available at: https://www.vesti.ru/finance/article/2515886 (in Russian).

18 The state of the dairy industry in Russia. Available at: https://www.retail.ru/tovar_na_polku/infoline-aktualnye-trendy-na-molochnom-rynke-rossii-i-mira/ (in Russian).

19 The Union of Winemakers: Wine production in the Russian Federation in 2020 will remain at the level of last year Available at: https://wineretail.info/vino/2020/10/08/soyuz-vinodelov-proizvodstvo-vina-v-rf-v-2020-g-ostanetsya-na-urovne-proshlogo-goda/ (in Russian).

20 Decree of the President of the Russian Federation No. 120 of January 30, 2010 "On the approval of the Food Security Doctrine of the Russian Federation" Available at: http://old.mcx.ru/documents/document/v7_show/37135.133.htm (in Russian).

21 Magasumovna A.A., Anasovna S.G., Alfirovna Z.Z. Factors and reserves of increase of efficiency of agricultural production. International Journal of Applied Engineering Research. 2017. vol. 12. no. 24. pp. 15821-15829.

22 Pavlov A., Kindaev A., Vinnikova I., Kuznetsova E. Crop insurance as a means of increasing efficiency of agricultural production in Russia. International Journal of Environmental and Science Education. 2016. vol. 11. no. 18. pp. 11863-11868.

23 Cankurt M., Miran B., Gunden C. A comparative analysis on productivity and efficiency of agricultural production of the EU and Turkey. Journal of Food, Agriculture & Environment. 2013. vol. 11. no. 2. pp. 433-439.

24 Clark M., Tilman D. Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice. Environmental Research Letters. 2017. vol. 12. no. 6. pp. 064016. doi: 10.1088/1748-9326/aa6cd5

25 Ableeva A.M., Salimova G.A., Rafikova N.T., Fazrahmanov I.I. Economic evaluation of the efficiency of supply chain management in agricultural production based on multidimensional research methods. International Journal of Supply Chain Management. 2019. vol. 8. no. 1. pp. 328.

Сведения об авторах

Елена И. Кривенко к.э.н., доцент, кафедра управления, организации производства и отраслевой экономики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, e.krivenko@bk.ru

https://orcid.org/0000-0002-3178-494X

Information about authors

Elena I. Krivenko Cand. Sci. (Econ.), assistant professor, Management, Organization of Production and Industry Economics department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, e.krivenko@bk.ru

https://orcid.org/0000-0002-3178-494X

Вклад авторов

Елена И. Кривенко написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Contribution

Elena I. Krivenko 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 30/03/2021	**После редакции** 10/04/2021	**Принята в печать** 10/05/2021

Received 30/03/2021	**Accepted in revised** 10/04/2021	**Accepted** 10/05/2021

Приветствуется подача статей онлайн! Адрес: http://vestnik.vsuet.ru/

Требования к оформлению материалов для журнала «Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий»

Редакция просит авторов в подготовке рукописей руководствоваться изложенными ниже правилами. Рукописи, оформленные без соблюдения данных правил, редакцией рассматриваться не будут.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РУКОПИСЕЙ И ЗАЯВЛЕНИЕ НА РАССМОТРЕНИЕ

Представление рукописи в журнал *«ВЕСТНИК ВГУИТ»* для печати предполагает, что:
1) описанная в ней работа ранее не была опубликована;

2) она не рассматривается для публикации в ином издательстве;

3) ее публикация была одобрена всеми авторами и так или иначе взаимосвязанными организациями, в которых эта работа проводилась;

4) в случае принятия к публикации эта статья не будет опубликована где-либо еще в той же форме, на английском или на любом другом языке, в том числе и в электронном виде.

Представление статьи проводят через официальный сайт издания путем прохождения регистрации (http://www.vestnik-vsuet.ru/vguit/user/register).

В состав электронной версии статьи должны входить:

1. Рукопись статьи оформленная строго в шаблоне редакции в формате Word 2007–2016. Word 2003 – **НЕ Принимается**
2. табличный материал в виде отдельного файла (**только при условии** когда объем одной таблицы превышает полную страницу журнальной статьи)
3. иллюстрации **в исходном формате данных с возможностью редактирования (программах для черчения/рисования/создания диаграмм и прочее, ТО ЕСТЬ НЕ сохранен в формате с потерей качества)** предпочтение, при этом отдается векторным форматам: **eps, svg, ai, pdf,** растровый формат изображений (с сжатием): форматы **png, jpeg и пр.** не прикреплять**.** Минимальное разрешение рисунков и графиков **600 dpi. Это требование необходимо для повышения типографского качества печатной версии издания.**

Если авторов несколько, то необходимо указать автора, которому будет адресована корреспонденция, и его контактные данные: адрес, номер телефона/факса, а также адреса электронной почты всех авторов.

ВНИМАНИЕ: Авторы несут полную ответственность за достоверность и оригинальность информации, предоставленной в рукописи. Все рукописи проходят проверку на наличие заимствований в системе «Антиплагиат». Оригинальность рукописи должна быть не менее 80%, в противном случае рукопись будет возвращена без права опубликования. При обнаружении нарушения авторских прав или плагиата будет проведена ретракция опубликованных статей в соответствии с правилами COPE.

ОФОРМЛЕНИЕ СТАТЬИ

Статьи в журнале *«ВЕСТНИК ВГУИТ»* издаются на русском языке с реферат на английском языке. По согласованию с редакцией допускается публикация статьи и на английском языке.

Вся статья (текст, таблицы, примечания, заголовки, иностранные вставки, список литературы, подрисуночные подписи и др.) набирается на компьютере в соответствии со стилями форматирования **шаблона журнала** для MS Word **2007-2016**.

Версия статьи выполненная средствами MS Word 2003 **НЕ принимаются**.

Объем статьи, включая список литературы и подрисуночные подписи, не должен превышать: для работ, имеющих общее значение 5–20 страниц текста, для кратких сообщений до 3 стр.

Приветствуется подача статей онлайн! Адрес: http://vestnik.vsuet.ru/

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ СТАТЬИ

I. *ОСНОВНОЙ ТЕКСТ СТАТЬИ*

Рукописи оригинальных исследований представляются по общепринятой международной схеме (IMRAD format - Introduction, Methods, Results and Discussion) и в статье должны найти отражение следующие рубрики:

Введение - кратко излагается современное состояние вопроса и обосновывается актуальность исследования. Дается критическая оценка литературы, имеющей отношение к рассматриваемой проблеме. Данная оценка разграничивает нерешенные вопросы. Ставятся четко сформулированные цели и задачи, поясняющие дальнейшее исследование в конкретной области;

Материалы и методы - дается достаточно подробное описание работы, для ее возможного воспроизведения. Методы, опубликованные ранее, должны сопровождаться ссылками: автором описываются только относящиеся к теме изменения.

Результаты - описываются в логической последовательности в виде отдельных фрагментов, разделенных подзаголовками, без элементов обсуждения, без повторения методических подробностей, без дублирования цифровых данных, приведен-ных в таблицах и рисунках.

Обсуждение - в разделе проводится детальный анализ полу-ченных данных в сопоставлении с данными ли-тературы, что служит обоснованием выводов и заключений авторов.

Заключение - подводятся основные итоги работы, приводятся рекомендации и указание на дальнейшие возможные направления исследований.

Для обзорных статей должны быть указаны *Введение* и в соответствии со стандартом PRISMA указать **стратегию поиска литературы** (http://www.prisma-statement.org).

Таблицы объема больше одной страницы указывать как **Приложение в виде отдельного файла**, так как они не будут опубликованы в печатной версии, а будут прикладываться в виде отдельного файла к электронной версии.

Названия и содержание рисунков (все подписи внутри) и таблиц (столбцов и строк) должны быть приведены как на русском, так и на английском языках.

Графический материал представляется в исходном формате данных с возможностью редактирования (программах для черчения/рисования/создания диаграмм и прочее, ТО ЕСТЬ НЕ сохранен в формате с потерей качества) предпочтение, при этом отдается векторным форматам: eps, svg, ai, pdf, исключение фотографии в растровом формате (с сжатием): png, jpeg и пр. Минимальное разрешение рисунков и графиков **600 dpi.**

Файлы Excel -- внедрены в текст статьи, с возможностью редактирования.

II. *БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES*

Список литературы оформляется согласно Приложению 1, 2.

Цитируемая литература должна содержать не менее 10 источников, и не менее 5 ссылок на иностранные источники. В списке литературы должны быть опубликованы работы за последние пять лет, в том числе в журналах, индексируемых в базах данных ***ScienceDirect, Web of Science, Scopus, Science Index***. Лишь в случае необходимости допустимы ссылки на более ранние труды. Справочная литература не старше 10 лет.

В список литературы **НЕ включаются** учебные пособия, нормативные и архивные материалы, статистические сборники, газетные заметки без указания автора, монографии, авторефераты и диссертации. В цитируемой литературе желательно указывать источники с **DOI.**

Вместо ссылок на материалы диссертаций и авторефератов диссертаций, рекомендуется ссылаться на оригинальные статьи по теме диссертационной работы, так как сами диссертации рассматриваются как рукописи и не являются печатными источниками.

Самоцитирование **НЕ более** 2-х ссылок.

Приветствуется подача статей онлайн! Адрес: http://vestnik.vsuet.ru/

III. ПУБЛИКАЦИОННАЯ ЭТИКА

Статьи, принимаемые к публикации в журнале *«ВЕСТНИК ВГУИТ»*, должны излагать наиболее существенные, законченные и еще ранее неопубликованные результаты научных исследований.

О публикационной этике и этических нормах для публикации в журнале *«ВЕСТНИК ВГУИТ»* см.: http://www.vestnik-vsuet.ru/vguit/about/editorialPolicies#custom-2

Журнал «Вестник ВГУИТ» выходит 4 раза в год: № 1 – март; № 2 – июнь; № 3 – сентябрь; № 4 – декабрь.

Статья должна быть тщательно проверена и подписана всеми авторами.

К статье должны прилагаться сопроводительные документы:

- сопроводительное письмо;
- экспертное заключение;
- положительная рецензия ведущего ученого в данной области или члена редакционной коллегии серии, заверенная подписью и печатью.

Вопрос об опубликовании статьи, ее отклонении решает редакционная коллегия журнала и ее решение является окончательным. В случае возвращения статьи для исправления датой представления считается день получения исправленного текста. Срок доработки - не более 1 месяца.

Материалы, не соответствующие данным требованиям оформления, к публикации не принимаются. Рукописи авторам не возвращаются.

Плата с аспирантов и докторантов за публикацию рукописей не взимается.

IV. КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Информацию о стоимости публикации можно узнать в редакции журнала. Также редакция оказывает платные услуги профессионального перевода реферата и ключевых слов на английский язык.

По всем интересующим Вас вопросам обращаться в редакцию журнала по контактам:

Дерканосова Анна Александровна - кандидат технических наук, доцент кафедры Сервиса и ресторанного бизнеса, начальник Центра коллективного пользования «Контроль и управления энергоэффективными проектами»

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»
Телефон: 8 920 432 16 57
E-mail: post@vestnik-vsuet.ru, aa-derk@yandex.ru
Адрес 394000, г. Воронеж, пр. Революции, 19, ауд. 11.

Соответствие рубрик/разделов журнала Вестник ВГУИТ
Номенклатуре научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени.

1.1 Процессы и аппараты пищевых производств

1.2 Пищевая биотехнология

- **05.18.01** Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства
- **05.18.04** Технология мясных молочных и рыбных продуктов и холодильных производств
- **05.18.05** Технология сахара и сахаристых продуктов чая табака и субтропических культур
- **05.18.06** Технология жиров эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов
- **05.18.07** Биотехнология пищевых продуктов и биологически активных веществ
- **05.18.12** Процессы и аппараты пищевых производств
- **05.18.15** Товароведение пищевых продуктов и технология общественного питания

2. Химическая технология

- **05.17.01** Технология неорганических веществ
- **05.17.04** Технология органических веществ
- **05.17.06** Технология и переработка полимеров и композитов
- **05.17.07** Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
- **05.17.08** Процессы и аппараты химических технологий

3. Экономика и управление

- **08.00.05** Экономика и управление народным хозяйством

Приветствуется подача статей онлайн! Адрес: http://vestnik.vsuet.ru/

Приложение 1

ПОРЯДОК ОПИСАНИЯ ССЫЛОК НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

СТАТЬЯ В ЖУРНАЛЕ:

(кол-во авторов от 1 до 4):

Буянова И.В., Имангалиева Ж.К. Агрегат для тонкого измельчения творога // Вестник Международной академии холода. 2016. № 3. С. 23–26.

(кол-во авторов более 4):

Семенов Е.В., Бабакин Б.С., Воронин М.И., Белозёров А.Г. и др. Математическое моделирование процесса охлаждения хладоносителя системой замороженных шаров // Вестник Международной академии холода. 2016. № 4. С. 74–79.

СТАТЬЯ В ЖУРНАЛЕ С DOI:

(кол-во авторов от 1 до 4):

Илюхина Н.В., Колоколова А.Ю. Закономерности ингибирования культуры *Salmonella* // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 4. С. 209–212. doi: 10.20914/2310-1202-2018-4-209-212

(кол-во авторов более 4):

Шарова Н.Ю., Принцева А.А., Манжиева Б.С., Выборнова Т.В. и др. Ферменты гидролитического действия в технологиях переработки некондиционного крахмалсодержащего сырья // Пищевая промышленность. 2019. № 4. С. 115–117. doi: 10.24411/0235-2486-2019-10058

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ:

Содержание и технологии образования взрослых: проблема опережающего образования: сб. науч. тр. / Институт образования взрослых Рос. акад. образования; под ред. А.Е. Марона. М.: ИОВ, 2007. 118 с.

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ, ФОРУМОВ, СОВЕЩАНИЙ, СЕМИНАРОВ:

Цветкова И.И., Сводцева И.А. Индикаторный подход к оценке кадровой безопасности в системе экономической безопасности предприятия // Устойчивое развитие социально-экономической системы Российской Федерации: мат. XVII науч.-практ. конф., Гурзуф, Ялта, 04 декабря 2015 г. Симферополь: Ариал, 2016. С. 110–112.

КНИГА, МОНОГРАФИЯ:

(кол-во авторов от 1 до 4):

Румянцева З.П. Менеджмент организаций. М.: Инфра-М, 2015. 432 с.

(кол-во авторов более 4):

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.

ДИССЕРТАЦИЯ

Пономаренко Ю.А. Нетрадиционные корма и биологически активные вещества в рационах цыплят-бройлеров и кур-несушек: дис… д-ра с.-х. наук. Сергиев Посад: ВНИТИП, 2017. 437 с.

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ:

Ушакова А.С. Разработка комплексной технологии переработки сушеного плодово-ягодного сырья: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Кемерово: Кемер. технол. ин-т пищевой пром., 2017. 22 с.

НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ:

порядок описания:

Заглавие официального документа: сведения, относящиеся к заглавию (указ, постановление), Дата принятия документа / Название издания. Год издания. Количество страниц.

пример:

ГОСТ 5900–2014. Изделия кондитерские. Определение массовой доли влаги и сухих веществ. М.: Стандартинформ, 2015. 8 с.

ПАТЕНТ:

порядок описания:

Обозначение вида документа, номер, название страны, индекс международной классификации изобретений. Название изобретения / И.О.Фамилия изобретателя, заявителя, патентовладельца; Наименование учреждения-заявителя. Регистрационный номер заявки; Дата подачи; Дата публикации, сведения о публикуемом документе.

пример:

Пат. № 2689672, RU, A23L 5/00. Способ комплексной переработки семян сои с выделением белоксодержащих фракций / Четверикова И.В., Шевцов А.А., Ткач В.В., Сердюкова Н.А. № 2018107149; Заявл. 26.02.2018; Опубл. 01.07.2019. Бюл. № 19.

ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС:

порядок описания:

Фамилия И.О. автора (если указаны). Название ресурса. Место издания: Издательство, год издания (если указаны). Адрес локального сетевого ресурса.

пример:

Лапидус Л.В. Центр компетенций цифровой экономики. Ассоциация граждан и организаций по содействию развитию корпоративного образования. URL: http://www.makonews.ru/centr-kompetencij-cifrovoj-ekonomiki/

Приветствуется подача статей онлайн! Адрес: http://vestnik.vsuet.ru/

Приложение 2

ПОРЯДОК ОПИСАНИЯ ССЫЛОК НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ:

СТАТЬЯ ИЗ ЖУРНАЛА:

порядок описания:

Фамилия И.О. автора (транслитерация). Перевод названия статьи на английский. Перевод названия источника на английский язык. Год, том, номер, страницы (от-до). Указание на язык статьи (in Russian) после описания статьи.

пример:

(кол-во авторов от 1 до 4):

Buyanova I.V., Imangalieva Zh.K. A unit for fine grinding of cottage cheese. Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2016. no. 3. pp. 23–26. (in Russian).

(кол-во авторов более 4):

Semenov E.V., Babakin B.S., Voronin M.I., Belozerov A.G. et al. Mathematical modeling of the process of cooling a coolant with a system of frozen balls. Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2016. no. 4. pp. 74–79. (in Russian).

СТАТЬЯ С DOI:

(кол-во авторов от 1 до 4):

Ilyukhina N.V., Kolokolova A.Yu. Patterns of Inhibition of Salmonella Culture. Bulletin of the Voronezh State University. 2018. vol. 80. no. 4. pp. 209–212. doi: 10.20914 / 2310-1202-2018-4-209-212 (in Russian).

(кол-во авторов более 4):

Sharova N.Yu., Printseva A.A., Manzhieva B.S., Vybornova T.V. et al. Hydrolytic enzymes in the processing of substandard starch-containing raw materials. Food Industry. 2019. no. 4. pp. 115–117. doi: 10.24411/0235-2486-2019-10058 (in Russian).

СТАТЬЯ ИЗ ЭЛЕКТРОННОГО ЖУРНАЛА:

Swaminathan V., Lepkoswka-White E., Rao B.P. Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange. Journal of Computer Mediated Communication. 1999. vol. 5. no. 2. Available at: http://www. ascusc.org/ jcmc/vol5/ issue2/

СТАТЬЯ ИЗ ПРОДОЛЖАЮЩЕГОСЯ ИЗДАНИЯ (СБОРНИКА ТРУДОВ):

Astakhov M.V., Tagantsev T.V. Experimental study of the strength of joints “steel-composite”. Proc. of the Bauman MSTU “Mathematical Modeling of Complex Technical Systems”. 2006. no. 593. pp. 125–130. (in Russian).

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ:

Tsvetkova I.I., Svodtseva I.A. An indicator approach to the assessment of personnel security in the system of economic security of an enterprise. Sustainable development of the socio-economic system of the Russian Federation. Simferopol, Arial, 2016. pp. 110–112. (in Russian).

КНИГИ (МОНОГРАФИИ, СБОРНИКИ):

(кол-во авторов от 1 до 4):

Rumyantseva Z.P. Management of organizations: a monograph. Moscow, Infra-M, 2015. 432 p. (in Russian).

(кол-во авторов более 4):

Antipova L.V., Storublevtsev S.A., Uspenskaya M.E., Popova Ya.A. et al. Complex processing of rabbits: traditions and innovations: a monograph. Voronezh, 2017. 377 p. (in Russian).

ДИССЕРТАЦИЯ ИЛИ АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ:

Ushakova A.S. Development of a comprehensive technology for processing dried fruit and berry raw materials. Kemerovo, Kemer. Technol. Institute of Food Industry, 2017. 22 p. (in Russian).

ГОСТ:

State Standard 5900–2014. Confectionery products. Determination of the mass fraction of moisture and dry matter. Moscow, Standartinform, 2015. 8 p. (in Russian).

ПАТЕНТ:

Chetverikova I.V., Shevtsov A.A., Tkach V.V., Serdyukova N.A. The method of complex processing of soybean seeds with the allocation of protein-containing fractions. Patent RF, no. 2689672, 2019.

ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС:

Lapidus L.V. Center of competence of digital economy. Association of citizens and organizations for the development of corporate education. Available at: http://www.makonews.ru/centr-kompetencij-cifrovoj-ekonomiki / (in Russian).

List of requirements of drowing up materials in «Proceedings of the Voronezh state university of engineering technologies»

Editorial Board asks the authors to stick to the following rules in writing the papers, otherwise they may be rejected. Submitting the manuscripts for the review.

Submitting the article for publication in the journal "Proceedings of the VSUET" includes: the paper has not been previously published; it is not being considered for publication in another publishing house; its publication has been approved by all authors and interlinked organizations in which this work was carried out; in case of the approval for publication the paper will not be published elsewhere in the same form, in English or any other language, including electronic form.

Submission form (application) for the publication of an article in a journal, filled up in accordance with the rules, should be sent to the following address: **19, Revolution av., 11 Voronezh 394000 Russia** and the electronic version of the paper with an attached manuscript file to an e-mail address vestnikvgta@mail.ru**.** Should specify the name of the first author of the article in the subject.

The electronic version of the paper should include: a file containing the text of the article, illustrations, tabular material in a separate file (if the amount of one table exceeds full page) and illustration (files in original format), preference is given to vector formats: eps, svg, ai, pdf.

If there are several authors, you must specify contact details of the authors to whom correspondence shall be addressed: address, phone / fax numbers and e-mail addresses.

The manuscript must be accompanied by a review from a specialist in this field, certified by signature and stamp.

Online application form is also available. The author can use the official website of the journal by completing registration at http://www.vestnik-vsuet.ru/vguit/user/register).

All articles received by the editorial board of the journal "Proceedings of the VSUET", are subject to mandatory unilateral anonymous ("blind") review (the authors do not know the names of reviewers of the manuscript, and will receive a letter with comments, signed by the chief editor).

After passing the review procedure and the approval of an article for publication, the authors' names and their listed order cannot be changed (addition, deletion, rearrangement). When submitting the final version of the article, please make sure that the list of authors is a complete and listed in a proper order.

ATTENTION: The author is solely responsible for the accuracy and originality of the information provided in the article. All manuscripts are checked for the presence of borrowings using "Antiplagiat" system. All manuscripts are tested with ANTIPLAGIAT for testing electronic documents for originality and reveal plagiarisms. The manuscript must comprise at least 80% of originality; otherwise the manuscript will be returned without the right to be published. Upon detection of copyright infringement or plagiarism in already published articles, they will be invalidated in accordance with the rules of COPE.

Requirements for structure of the paper

Articles in the journal "Proceedings of the VSUET" are published in Russian with English summary. In agreement with the editors, the publication may be done entirely in English.

By agreement, the editors accept publication of the article in English.

Full article (tables, text, footnotes, headers, inserts in a foreign language, references, captions, etc..) must be typed on a computer: in accordance with journal template formatting styles for MS Word 2007-2016..

The volume of the article, including references and captions must not exceed: for work of a common significance: from 5 to 20 pages, for news reports to 3 pages.

The manuscript should be structured to the following plan:

- *Type of article (original article, review article, short message or letter);*
- *UDC (Universal Decimal classification);*
- *DOI - numeric identifier (provided by the editors available for an extra fee);*
- *Full title of the article;*

- *First name (full), patronymic name (initials) and surname (full) of the author (s) e-mail;*
- *Name of the department (for a university) / laboratory (for Scientific Research Institute), the full name of the workplace, city, country;*
- *Abstract;*
- *Keywords;*
- *For reference (filled automatically);*
- *Structured text of the article;*
- *Thanks / acknowledgements;*
- *List of resources used (bibliography);*
- *Information about the authors;*
- *Contribution;*
- *Conflict of interest.*

The English version of the article title, first name, patronymic initial and last name of the authors, the full names of all workplaces, structured summaries and keywords must be given below a resume and keywords in Russian.

The editors reserve the right to correct the translation. It is recommended to take the help of a professional translator to avoid mistakes in compiling the English version of resume.

REQUIREMENTS TO THE CONTENT

I THE TITLE PAGE INCLUDES:

Article type

UDK

DOI:

TITLE OF THE ARTICLE. Title of work should be as short as possible (no more than 120 characters), and should accurately reflect its content. It is important to avoid titles in the form of interrogative sentences, as well as titles with an ambiguous meaning. Must use only standard abbreviations (acronyms).Must not use acronyms in the title. Full term should precede the first use of the acronym in the text.

FIRST NAME (FULL), PATRONYMIC (INITIAL) AND SURNAME (FULL) OF AUTHOR (S).

For example: **Aleksey D. Ivanov[1],**

Ivan A. Petrov[2]

FULL NAME OF ALL ORGANIZATIONS to which the authors are related. If the authors work in different institutions, the relationship of each author with his organization should be shown by using uppercase numbers, for example:

Example: Department (Laboratory), University (scientific research institute), city, country.

II. THE MAIN TEXT OF THE ARTICLE

The manuscripts of original research are submitted under the standard international scheme (IMRAD format - Introduction, Methods, Results and Discussion) and article should reflect the following headings:

Introduction - outlines the current state of the problem and the urgency of the study. It is necessary to give a critical assessment of the literature related to the issue. This assessment differentiates outstanding issues. Clear defined goals and objectives must be determined, explaining further research in a particular area;

Materials and methods - a fairly detailed description of the work is given. Previously published methods should be accompanied by a reference note: the author describes the changes related to the subject.

The results and discussion - the results should be clear and concise. Give a convincing explanation of the results and their significance so as the reader can not only independently assess the methodological advantages and disadvantages of the study, but also replicate if necessary.

Conclusion summarizes the main results of the research. The author gives recommendations and guidance on possible areas of further research.

The name and contents of figures and tables (rows and columns) should be given as in both Russian and English languages.

III ACKNOWLEDGEMENTS:

(when available - in Russian and English). The author should list persons, organizations, foundations, etc., who contributed help for a research, work and so on. (E.g. financial aid, language (linguistic) aid assistance in writing articles or editing proofreading , etc.)

IV. *REFERENCES*

Cited bibliography must contain at least 10 sources. Self-citations are allowed no more than 20 percent. At least 50 percent of the sources from the bibliography should be published in the last five years, including in the journals indexed in databases ***ScienceDirect, Web of Science, Scopus, Science Index***. Only in case of need the references to earlier works are allowed. The bibliography does not include textbooks, regulatory and archival materials, statistical collections, newspaper notes without the author's name, monographs, abstracts and theses. In the cited literature, it is desirable to specify the sources with **DOI**.

Bibliography (list of resources) is presented in two ways:

1. Russian along with foreign sources in accordance with GOST 7.0.5-2008 (All Union State standard).

2. Transliterated in the Latin alphabet with the translation of source publications into English for the international identification system.

Style of links (references):

In the article, the number of a link is enclosed in square brackets and placed in line with the text. You can give the names of the authors, but the number(s) of the references must always be present. The reference numbers (numbers in brackets) shall be in the reference list in the order in which they appear in text.

Example:

«... as shown [3; 6] or Barnaby and Jones [8] obtained a different result ... "

The author is solely responsible for the accuracy of bibliographic sources, including the English translation.

1. Russian version - in accordance with ***Appendix 1, 2***

References in the Russian version of the article are given in the original language. All references should be made uniformly: only a dot (full stop) without dashes between the parts of description. Symbols № and & are not used; for a number you should use Latin letter N with no point after it; double slash separates the description of a larger document, which refers to the fragment. You should not put dot (full stop) before the double slash // but spaces before and after the double slash // are required.

2. The English (REFERENCES) - in accordance with Harvard standard:

References in English are primarily necessary to track cited authors and journals. The correct description of the sources used in reference lists is the guarantee that the quoted publication will be taken into account when assessing the scientific work of its authors, and thus the organization, region and country. Quoting a journal determines its scientific level, the credibility, the effectiveness of its Editorial Board, etc.

The names of sources and works are specified in full, without abbreviations. The titles of monographs, collections of articles and conferences are transliterated into Latin alphabet, followed by an English translation in brackets. The website *http://www.translit.ru/* can be used for free transliteration of Russian text in Latin letters (version of BSI).

In the bibliography **(English version), it is not allowed** to use separating characters ***«//», «–»*** and ***«№»***

Instead of references to materials of theses and abstracts, it is recommended to include references to the original articles on the subject of the thesis, as the theses themselves are viewed as the manuscripts and are not printed sources.

VI. BASIC ETHICAL PRINCIPLES

Articles accepted for publication in the journal "Proceedings of the VSUET" must reveal the most significant, complete and previously unpublished research results.

To learn more on publication ethics and ethical standards for publication in the journal "Proceedings of the VSUET" please visit the website.: *http://www.vestnik-vsuet.ru/vguit/about/editorialPolicies#custom-2*

The magazine «the Messenger ВГУИТ» leaves 4 times a year: № 1 – March; № 2 – June; № 3 – September; № 4 – December.

The article must be thoroughly checked and signed by all the authors. Name, middle name, last name, address, science degree, position, place of work, telephone number (office and home) E-mail, the person communicate to are pointed out on a separate sheet of paper.

Accompanying deeds should be applied on paper:

- The transmittal letter;
- An extract from the report of faculty meeting with paper recommendation for printing;
- The positive review of the leading scientist in the given area or a member of an editorial board of the series, authenticated by the signature and printing.

The question on paper publication, its deviation is solved by an editorial board of the log and ee the solution is definitive. In case of refund of paper for correction by representation date it is considered day of reception of the corrected text. Finishing term - no more than 1 month.

The materials mismatching given demands of registration, to the publication are not accepted. Manuscripts are not refunded to authors.

The pay for the publication of manuscripts is not raised from post-graduate students

VII. CONTACT INFORMATION

scientific and public journal "Proceedings of the VSUET"

If you have any questions, please contact the editorial office:

Anna A. Derkanosova - Ph.D., associate professor of department of Service and restaurant business, Head of the Centre for collective use "Control and management of energy efficient projects"

FSBEE HE "Voronezh state university of engineering technologies"

Tel.: 8 920 432 16 57

E-mail: vestnikvgta@mail.ru, aa-derk@yandex.ru

Address: 19, Revolution av., 11 Voronezh 394000 Russia

Appendix 1

ORDER OF DESCRIPTION OF LINKS IN RUSSIAN

JOURNAL ARTICLE:

(number of authors from 1 to 4):

Buyanova I.V., Imangalieva Zh.K. A unit for fine grinding of cottage cheese // Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2016. № 3. P. 23–26.

(number of authors more than 4):

Semenov E.V., Babakin B.S., Voronin M.I., Belozerov A.G. et al. Mathematical modeling of the process of cooling a coolant with a system of frozen balls // Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2016. № 4. P. 74–79.

ARTICLE WITH DOI:

(number of authors from 1 to 4):

Ilyukhina N.V., Kolokolova A.Yu. Patterns of Inhibition of *Salmonella* Culture // Bulletin of the Voronezh State University. 2018.V. 80. № 4. P. 209–212. doi: 10.20914 / 2310-1202-2018-4-209-212

(number of authors more than 4):

Sharova N.Yu., Printseva A.A., Manzhieva B.S., Vybornova T.V. et al. Hydrolytic enzymes in the processing of substandard starch-containing raw materials // Food Industry. 2019. № 4. P. 115–117. doi: 10.24411/0235-2486-2019-10058

COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS:

The content and technology of adult education: the problem of advanced education: collection of scientific papers / Institute for Adult Education Ros. Acad. education; under the editorship of A.E. Marona. M.: JOB, 2007.118 p.

MATERIALS OF CONFERENCES, FORUMS, MEETINGS, SEMINARS:

Tsvetkova I.I., Svodtseva I.A. An indicator approach to the assessment of personnel security in the system of economic security of an enterprise // Sustainable development of the socio-economic system of the Russian Federation: mat. XVII scientific and practical. conf., Gurzuf, Yalta, December 4, 2015. Simferopol: Arial, 2016. P. 110–112.

BOOK, MONOGRAPH:

(number of authors from 1 to 4):

Rumyantseva Z.P. Management of organizations. M.: Infra-M, 2015.432 p.

(number of authors more than 4):

Antipova L.V., Storulevtsev S.A., Uspenskaya M.E., Popova Y.A. et al. Integrated processing of rabbits: traditions and innovations: a monograph. Voronezh, 2017. 377 p.

DISSERTATION:

Ponomarenko Yu.A. Unconventional feeds and biologically active substances in the diets of broilers and laying hens: dis ... Dr. S.-kh. sciences. Sergiev Posad: VNITIP, 2017.443 p.

SUMMARY OF THE DISSERTATION

Ushakova A.S. Development of a comprehensive technology for processing dried fruit and berry raw materials: abstract of the diss....cand. tech. sciences. Kemerovo: Kemer. technol. Institute of Food Industry, 2017.22 p.

REGULATORY DOCUMENTS:

description order:

Title of an official document: information related to the title (decree, resolution), Date of adoption of the document / Title of publication. The year of publishing. Number of pages.

example:

GOST 5900–2014. Confectionery. Determination of the mass fraction of moisture and solids. M.: Standartinform, 2015. 8 p.

PATENT:

description order:

Designation of the type of document, number, name of the country, index of international classification of inventions. Title of invention / name of inventor, applicant, patent holder; Name of applicant institution. Registration number of the application; Date of application; Date of publication, information about the published document.

example:

7 Pat. no. 2689672, RU, A23L 5/00. The method of complex processing of soybean seeds with the allocation of protein-containing fractions / Chetverikova I.V., Shevtsov A.A., Tkach V.V., Serdyukova N.A. no. 2018107149; Appl. 26.02.2018; Publ. 01.07.2019. Bull. Number 19.

ELECTRONIC RESOURCE:

Lapidus L.V. Center of competence of digital economy. Association of citizens and organizations for the development of corporate education. URL: http://www.makonews.ru/centr-kompetencij-cifrovoj-ekonomiki/

Appendix 2

ENGLISH LANGUAGE DESCRIPTION PROCEDURE:

JOURNAL ARTICLE:

description order:

Surname I.O. author (transliteration). Translation of the title of the article into English. Translation of the source name into English. Year, volume, number, pages (from-to). An indication of the language of the article (in Russian) after the description of the article.

example**:**

(number of authors from 1 to 4):

Buyanova I.V., Imangalieva Zh.K. A unit for fine grinding of cottage cheese. Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2016. no. 3. pp. 23–26. (in Russian).

(number of authors more than 4):

Semenov E.V., Babakin B.S., Voronin M.I., Belozerov A.G. et al. Mathematical modeling of the process of cooling a coolant with a system of frozen balls. Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2016. no. 4. pp. 74–79. (in Russian).

ARTICLE WITH DOI:

(number of authors from 1 to 4):

Ilyukhina N.V., Kolokolova A.Yu. Patterns of Inhibition of Salmonella Culture. Bulletin of the Voronezh State University. 2018. vol. 80. no. 4. pp. 209–212. doi: 10.20914 / 2310-1202-2018-4-209-212 (in Russian).

(number of authors more than 4):

Sharova N.Yu., Printseva A.A., Manzhieva B.S., Vybornova T.V. et al. Hydrolytic enzymes in the processing of substandard starch-containing raw materials. Food Industry. 2019. no. 4. pp. 115–117. doi: 10.24411/0235-2486-2019-10058 (in Russian).

ARTICLE FROM ELECTRONIC JOURNAL:

Swaminathan V., Lepkoswka-White E., Rao B.P. Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange. Journal of Computer Mediated Communication. 1999. vol. 5. no. 2. Available at: http://www. ascusc.org/ jcmc/vol5/ issue2/

ARTICLE FROM CONTINUING PUBLICATIONS (PROCEEDINGS):

Astakhov M.V., Tagantsev T.V. Experimental study of the strength of joints “steel-composite”. Proc. of the Bauman MSTU “Mathematical Modeling of Complex Technical Systems”. 2006. no. 593. pp. 125–130. (in Russian).

CONFERENCE MATERIALS:

Tsvetkova I.I., Svodtseva I.A. An indicator approach to the assessment of personnel security in the system of economic security of an enterprise. Sustainable development of the socio-economic system of the Russian Federation. Simferopol, Arial, 2016. pp. 110–112. (in Russian).

BOOK, MONOGRAPH:

(number of authors from 1 to 4):

Rumyantseva Z.P. Management of organizations: a monograph. Moscow, Infra-M, 2015. 432 p. (in Russian).

(number of authors more than 4):

Antipova L.V., Storublevtsev S.A., Uspenskaya M.E., Popova Ya.A. et al. Complex processing of rabbits: traditions and innovations: a monograph. Voronezh, 2017. 377 p. (in Russian).

DISSERTATION OR SUMMARY OF THE DISSERTATION:

Ushakova A.S. Development of a comprehensive technology for processing dried fruit and berry raw materials. Kemerovo, Kemer. Technol. Institute of Food Industry, 2017. 22 p. (in Russian).

GOST:

State Standard 5900–2014. Confectionery products. Determination of the mass fraction of moisture and dry matter. Moscow, Standartinform, 2015. 8 p. (in Russian).

PATENT:

Chetverikova I.V., Shevtsov A.A., Tkach V.V., Serdyukova N.A. The method of complex processing of soybean seeds with the allocation of protein-containing fractions. Patent RF, no. 2689672, 2019.

ELECTRONIC RESOURCE:

Lapidus L.V. Center of competence of digital economy. Association of citizens and organizations for the development of corporate education. Available at: http://www.makonews.ru/centr-kompetencij-cifrovoj-ekonomiki / (in Russian).