

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»



**ВЕСТНИК
ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

ВЕСТНИК ВГУИТ

2021, Том. 83, № 3

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. 3

SCIENTIFIC AND THEORETICAL JOURNAL

FOUNDED IN 1938
COMES 4 TIMES PER YEAR

**Voronezh
2021**

КАФЕДРЕ ТЕХНОЛОГИИ ЖИРОВ, ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ ХИМИЧЕСКИХ И ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ – 60 ЛЕТ

Кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств (ТЖ, ПАХПП) была образована в 1961 г. С 2013 года на кафедре осуществляется подготовка дипломированных выпускников по основным образовательным программам направления подготовки бакалавров 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья» и магистров 19.04.02 «Продукты питания из растительного сырья» (профиль «Энерго- и ресурсосберегающие технологии переработки маслосодержащего сырья»).

Кафедра ТЖ, ПАХПП входит в состав технологического факультета. Её заведующими были: доцент Четвериков Е.Ф. (1961-1968 гг.); доцент Громковский А.И. (1968-1971 гг.); заслуженный деятель науки МССР, профессор Кишиневский М.Х. (1971-1989 гг.); заслуженный деятель науки РФ, профессор Красовицкий Ю.В. (1989-2002 гг.); заслуженный деятель науки РФ, профессор Остриков А.Н. (с 2002 г. по настоящее время).

С первых дней работы коллектив кафедры наращивал свой учебно-научный потенциал, в развитие которого внесли вклад ведущие ученые: профессора: Кишиневский М.Х., Красовицкий Ю.В., Остриков А.Н., Василенко В.Н., Фролова Л.Н., Слюсарев М.И., доценты: Баранов В.И., Лыгин Е.С., Логинов А.В., Калинина В.С., Болгова И.Н., Наумченко И.С., Желтоухова Е.Ю., Копылов М.В. и др.

В настоящее время на кафедре работают высококвалифицированные преподаватели, доктора технических наук, профессора Остриков А.Н., Василенко В.Н., Фролова Л.Н., Шевцов А.А. и кандидаты технических наук, доценты Болгова И.Н., Богомолов И.С., Драган И.В., Желтоухова Е.Ю., Копылов М.В. и Наумченко И.С.



Рисунок 1. Коллектив кафедры ТЖ, ПАХПП первый ряд (слева направо): Василенко В.Н., Остриков А.Н., Фролова Л.Н., Шевцов А.А.; второй ряд: Евдакова Е.И., Болгова И.Н., Копылов М.В., Наумченко И.С., Желтоухова Е.Ю., Паршинцев В.Н.

Все учебные курсы ведутся с использованием последних достижений науки и техники. Обучение осуществляется по блокам дисциплин: процессы и аппараты, технологии по переработке растительного сырья, и технологическое и энергосберегающее оборудование, энерго- и ресурсосберегающие технологии.

Кафедра имеет 5 специализированных лабораторий по изучению гидравлических, тепловых и массообменных процессов, а также методов исследования сырья и продуктов растительного происхождения. Лаборатории кафедры оснащены современными приборами и оригинальными установками, используемыми при выполнении исследовательских НИР и выпускных квалификационных работ.

За 2016-2020 гг. сотрудниками кафедры подготовлено и выпущено около 100 бакалавров и магистров для масложировых предприятий. Активно работают аспирантура и докторантура.

В рамках данного направления активно проводятся исследования по разработке прогрессивных технологий в сфере производства жиров, эфирных масел и комбикормов.

Научная деятельность кафедры широко известна в России и за рубежом. Преподаватели ежегодно принимают активное участие в международных, республиканских, региональных научно-технических конференциях, симпозиумах и конгрессах.

За последние 5 лет сотрудниками кафедры ТЖ, ПАХПП опубликовано 4 учебника, 8 учебных пособий, 6 монографий, 22 статьи из базы данных Scopus и Web of Science, получено 32 патента РФ и 2 свидетельства Роспатента о регистрации программы для ЭВМ (рис. 2).

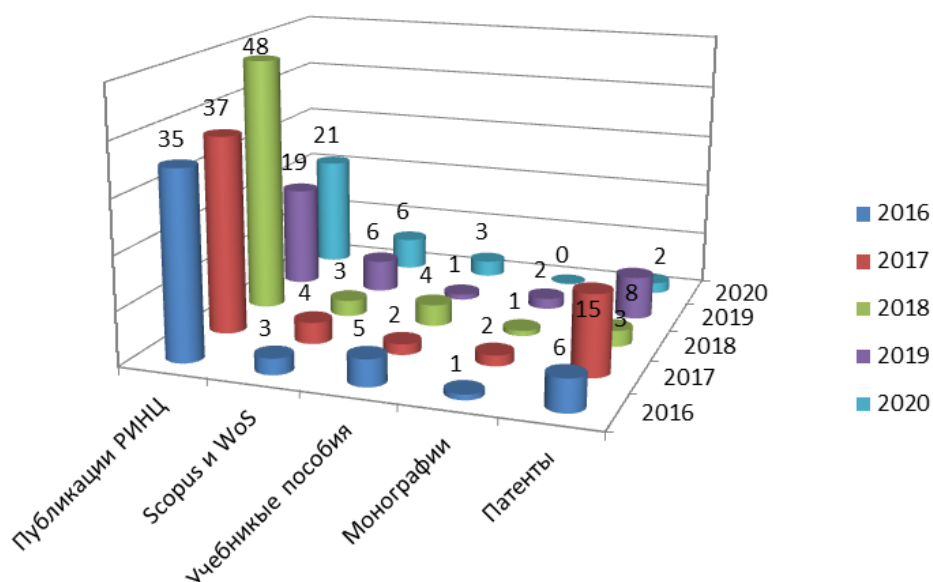


Рисунок 2. Динамика изменения основных показателей работы коллектива кафедры ТЖ,ПАХПП за 2016-2020 гг.

Научная деятельность коллектива кафедры широко известна в России и за рубежом, в частности, сотрудники кафедры приняли активное участие в выполнении научно-технической программы Союзного государства «Разработка инновационных энергосберегающих технологий и оборудования для производства и эффективного использования биобезопасных комбикормов для ценных пород рыб, пушных зверей и отдельных видов животных» в 2018-2021 годах, в рамках которой были разработаны 6 инновационных линий, включающих 24 единицы нового оборудования (микронизатор с оригинальной конструкцией газовых горелок, экструдеры, вакуумный напылитель, установки ввода жидких компонентов, плющилки и др.), которые по технико-экономическим показателям не уступают, а по ценовым показателям – превосходят аналогичные образцы ведущих мировых фирм.

За высокие достижения в области экологии и природопользования награждены дипломами Лауреата премии правительства Воронежской области проф. Остриков А.Н. (2020 г.), проф. Василенко В.Н. (2016 г., 2020 г.), проф. Л.Н. Фролова (2017 г., 2018 г.), доц. Е.Ю. Желтоухова (2017 г.). Проф. Л.Н. Фролова – Победитель гранта межвузовского конкурса инновационных проектов «Кубок инноваций» в 2017 г., а также обладатель стипендии Президента РФ молодым ученым, осуществляющим перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики на 2018-2019 гг.

Под научным руководством профессоров Острикова А.Н., Василенко В.Н., Фроловой Л.Н. и Шевцова А.А. на кафедре были защищены 2 докторские и 5 кандидатских диссертаций.

Результаты исследований используются в отечественных и зарубежных монографиях и учебниках, а также в многочисленных научных работах. Ученые кафедры активно сотрудничают с ведущими журналами РФ в качестве членов редколлегии.



Рисунок 3. Учебники и учебные пособия, изданные коллективом кафедры ТЖ,ПАХПП за 2016-2020 гг.



Рисунок 4. Монографии, зданные коллективом кафедры ТЖ,ПАХПП за 2016-2020 гг.

**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 ВИНТИ 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'Аквила (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 Succito 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 государственный 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 плодородия, 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 государственный 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 НУРБЕКОВНА доктор технических наук, доцент, зав. кафедрой технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Майкопский государственный технологический университет (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 государственный 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'Аквила (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-математических 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 06.09.2021. Подписано в печать 20.09.2021
Выход в свет: 29.09.2021
Формат 70×100 1/8.
Усл. печ. л. 20 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, VASILII 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)

AGAFOV, 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 Succuro Inc. (La Mesa, USA) ORCID: 0000-0002-9377-3875

BRECH, 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. Gorbakov. (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 (Moscow, 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 06.09.2021. Signed to print 20.09.2021

The publication: 29.09.2021

Format 70×100 1/8.

Conditional Print l. 20 Circulation 1500 copies.

Price - Free.

© FSBEI HE

"Voronezh State University
of Engineering
Technologies ", 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Казарцев Д.А. Разработка общих видов математических моделей сушки пищевых продуктов с СВЧ-энергоподводом на основе законов химической кинетики гетерогенных процессов	17
Дранников А.В., Шевцов А.А., Пономарева Е.И., Засыпкин Н.В., Логунова Л.В. Пароэжекторный тепловой насос как источник альтернативной энергии в технологии хлебобулочных изделий	23
Попов А.М., Плотников К.Б., Устинова Ю.В., Крюк Р.В., Плотникова И.О. Исследование кинетики сушки полидисперсных продуктов	30
Груданов В.Я., Бренч А.А., Ткачева Л.Т., Рындин А.А., Егорова Г.Н. Тонкое измельчение мясного сырья на эмульсаторах с новым режущим механизмом	38
Плотникова Л.В., Иванов П.П., Плотников И.Б., Плотников К.Б., Неверов Е.Н. Оптимизация процесса получения экстрактов в поле низкочастотных механических колебаний	46
Бредихин С.А., Мартеха А.Н., Каверина Ю.Е. Исследование реологической модели макаронного теста для аддитивного производства	55

ПИЩЕВАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ

Рындин А.А., Стрелюхина А.Н. Сорокина Ю.А. Подходы к совершенствованию системы контроля качества зерна на элеваторах	61
Еременко В.Н., Питкин В.А., Синько О.В., Дорошенко В.В., Ольховатов Е.А. Биологически активные добавки и их влияние на организм студента	68
Долматова О.И., Красноженова А.В. Изучение реологических свойств кефирного продукта	73
Данылиев М.М., Мельникова Е.И., Уварова Е.А. Сокращение объемов пищевых отходов за счет использования биозащитных культур	78
Дзахмишева И.Ш., Хоконова М.Б. Функциональные свойства гречневой крупы	86
Сумина А.В., Полонский В.И. Функциональный продукт здорового питания из голозерного овса	92
Грибова Н.А., Елисеева Л.Г. Изучение структурообразователей и разработка желей мармелада на основе отработанного осмотического агента	98
Перкин С.С., Шуваева Г.П., Мотина Е.М., Черенков Д.А., Яковлева С.Ф., Корнеева О.С. Разработка продуцента комплексного ферментного препарата для переработки крахмалсодержащих отходов с фильтр-прессов при производстве хлебопекарных дрожжей	106
Abdel Moneim O.A., Mortada H.A., Omer E.M., Waleed N.E., Yasir A. Mohamed Fish drying using different drying methods at different temperatures for fish <i>Tilapia nilotica</i> (<i>Oreochromis niloticus</i>)	115
Nahla Babiker Hussien, Abdel Moneim Osman, Mortada H.A. Elhesain, Yasir A. Mohamed. Evaluation of Water Purification Plant at Kosti City - Sudan	121
Нестерова Е.Ю., Сыромятников М.Ю., Попов В.Н. Оценка бактериального состава сметаны с помощью высокопроизводительного секвенирования	129
Грибова Н.А., Елисеева Л.Г. Разработка научно-обоснованной рецептуры и технологии обогащенных экструдированных продуктов	135
Мясищев Н.В. Научное обоснование отбора сортов смородины красной при формировании качества желе	141
Шишкина Д.И., Сергеева А.В., Морозова А.А. Анализ потребления молока и выявление фальсификаций в молочной продукции	151
Грибова Н.А. Инновации в переработке ягодного сырья с использованием технологии	160
Долматова О.И. Изучение реологических свойств структурированного молокасодержащего продукта	168
Жаркова И.М., Сафонова Ю.А. Обоснование рациональной дозировки закваски «Эвиталия» для безглютенового хлеба из амарантовой муки	174

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Вохмянин М.А., Веснин Р.Л., Краев А.Д., Седых В.А. Использование продуктов микроволновой аминолитической деструкции полиэтилентерефталата в резинах на основе хлоропренового каучука	182
Ни А.Э., Ким К.Б. Решеточный метод Больцмана в задачах кондуктивного теплопереноса с учетом химических реакций в материале	191
Алексеев М.В., Хаустов И.А., Кудряшов В.С., Иванов А.В., Козенко И.А., Кузьмичев М.Б. Расширение функционала опроса аналоговых датчиков в системах управления ООО «Вега-ГАЗ» для топливно-энергетического комплекса	198
Коваленко Л.С., Попов С.В., Хабибрахманова О.В. Совершенствование узла получения товарного продукта установки синтеза пара-третичного бутилфенола	207
Нифталиев С.И., Козадерова О.А., Ким К.Б., Белоусов П.Е., Тимкова А.В., Головкин И.А. Получение бентонит-модифицированных биполярных ионообменных мембран и изучение их электрохимических характеристик	216

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Коробова Л.А., Ковалева Е.Н., Саввина Е.А., Гладких Т.В., Толстова И.С., Лукина О.О. Экономико-математическая модель решения логистических задач бизнес-процессов в технологических системах	226
Дзахмишева И.Ш. Тенденции развития аграрного туризма в Кабардино-Балкарской Республике	233
Соколинская Ю.М., Чекудаев К.В., Колесникова Е.А. Деформация предпринимательства в лесном секторе экономики	238
Акбашева А.А., Дзахмишева И.Ш., Хубиева А.Р., Психоматов Х.М. Современное состояние и тенденции экономического развития сельского туризма в Кабардино-Балкарской Республике	243
Армашова-Тельник Г.С. Управление рисками развития региональных экономических систем на примере северо-западного региона	251
Устюгова И.Е., Беляева Е.А., Сапрыкин Р.С., Мауссе Х.А., Князева И.Ю. Управление конкурентоспособностью предприятия на основе совершенствования системы карьеры персонала	258
Лутченко В.Г., Хорев А.И., Адраховская Л.Л. Специфика работы оборонных предприятий с экономической точки зрения	264
Субхонбердиев А.Ш., Титова Е.В., Егорова Г.Н. Анализ рынка деревообрабатывающего производства в России	269
Беляева Г.В., Серебрякова Н.А., Адраховская Л.Л. Генезис теоретических концепций исследования инновационного потенциала	276
Хорев А.И., Соколинская Ю.М., Паршин Н.М. Инновационное развитие Воронежской области: проблемы и пути решения	281
Власов А.Б., Кремер К.И. Состояние и пути совершенствования процесса мониторинга хода выполнения контракта по госзакупкам	289
Лутченко В.Г., Хорев А.И., Адраховская Л.Л. Оценка эффективности интегрированных структур в России	296

CONTENTS

PROCESSES AND APPARATUSES OF FOOD ENGINEERING

Kazartsev D.A. Development of general types of mathematical models for drying food products with microwave energy supply based on the laws of chemical kinetics of heterogeneous processes	17
Drannikov A.V., Shevtsov A.A., Ponomareva E.I., Zasyupkin N.V., Logunova L.V. Steam jet heat pump as a source of alternative energy in bakery technology	23
Popov A.M., Plotnikov K.B., Ustinova Yu.V., Kryuk R.V., Plotnikova I.O. Study of the kinetics of drying polydisperse products	30
Grudanov V.Ya., Brench A.A., Tkacheva L.T., Ryndin A.A., Egorova G.N. Fine grinding of raw meat using the emulsifiers with a new cutting mechanism	38
Plotnikova L.V., Ivanov P.P., Plotnikov I.B., Plotnikov K.B., Neverov E.N. Optimization of the process of obtaining extracts in the field of lowfrequency mechanical vibrations	46
Bredihin S.A., Martekha A.N., Kaverina Y.E. Study of the rheological model of pasta dough for additive manufacturing	55

FOOD BIOTECHNOLOGY

Ryndin A.A., Streljuhina A.N., Sorokina Yu.A. Approaches to improving the grain quality control system at elevators	61
Eremenko V.N., Pitkin V.A., Sinko O.V., Doroshenko V.V., Olkhovatov E.A. Biologically active supplements and their effect on the human body	68
Dolmatova O.I., Krasnozhenova A.V. Study of the rheological properties of a kefir product	73
Danyliv M.M., Melnikova E.I., Yvarova E.A. Reducing food waste through bioprotective crops	78
Dzakhmisheva I.Sh., Khokonova M.B. Functional properties of bucket granule	86
Sumina A.V., Polonskiy V.I. Functional healthy food product from naked oats	92
Gribova N.A., Eliseeva L.G. Study of structure-forming agents and development of jelly marmalade based on a spent osmotic agent	98
Perkin S.S., Shuvaeva G.P., Motina E.M., Cherenkov D.A., Yakovleva S.F., Korneeva O.S. Development of complex enzyme preparation producer for processing starch-containing waste from pressure-type filters in the production of baker's yeast	106
Abdel Moneim O.A., Mortada H.A., Omer E.M., Waleed N.E., Yasir A. Mohamed Fish drying using different drying methods at different temperatures for fish <i>Tilapia nilotica</i> (<i>Oreochromis niloticus</i>)	115
Nahla Babiker Hussien, Abdel Moneim Osman, Mortada H.A. Elhesain, Yasir A. Mohamed. Evaluation of Water Purification Plant at Kosti City - Sudan	121
Nesterova E.Yu., Syromyatnikov M.Yu., Popov V.N. Evaluation of the bacterial composition of sour cream using high-throughput sequencing	129
Gribova N.A., Eliseeva L.G. Development of a scientifically-based formulation and technology of enriched cereal porridge	135
Myasishcheva N.V. Scientific justification of selection of varieties of red currant in formation of jelly quality	141
Shishkina D.I., Sergeeva A.V., Morozova A.A. Milk consumption analysis and detection of dairy products falsifications	151
Gribova N.A. Innovations in the processing of berry raw materials using osmotic dehydration technology on the example of strawberries	160
Dolmatova O.I. Study of the rheological properties of a structured milkcontaining product	168
Zharkova I.M., Safonova Ju. A. Substantiation of rational dosage of "Evitalia" sourdough culture for gluten-free bread from amaranth flour	174

CHEMICAL TECHNOLOGY

Vokhmyanin M.A., Vesnin R.L., Kraev A.D., Sedykh V.A. Use of microwave aminolytic destruction products of polyethylene terephthalate in rubbers based on chloroprene rubber	182
Nee A.E., Kim K.B. Lattice Boltzmann method for heat conduction problems with chemical reactions	191
Alekseev M.V., Khaustov I.A., Kudryashov V.S., Ivanov A.V., Kozenko I.A., Kuzmichev M.B. Expansion of the functionality of interrogating analog sensors in the control systems of LLC «VegaGAZ» for the fuel and energy complex	198
Kovalenko L.S., Popov S.V., Khabibrakhmanova O.V. Improvement of the unit for obtaining a commercial product of the para-tertiary butylphenol synthesis unit	207
Niftaliev S.I., Kozaderova O.A., Kim K.B., Belousov P.E. Timkova A.V., Golovkov I.A. Obtaining bentonite-modified bipolar ion-exchange membranes and study of their electrochemical characteristics	216

ECONOMICS AND MANAGEMENT

Korobova L.A., Kovaleva E.N., Savvina E.A., Gladkikh T.V., Tolstova I.S., Lukina O.O. Economic and mathematical model for solving logistics problems of business processes in technological systems	226
Dzakhmisheva I.Sh. Trends in the development of agricultural tourism in the Kabardino-Balkar Republic	233
Sokolinskaya Yu.M., Chekudaev K.V., Kolesnikova E.A. Deformation of entrepreneurship in the forestry sector of the economy	238
Akbasheva A.A., Dzakhmisheva I.Sh., Khubieva A.R., Psihomahov H.M. Current state and trends of economic development of rural tourism in the Kabardino-Balkar Republic	243
Armashova-Telnik G. S. Risk management of the development of regional economic systems on the example of the north-west region	251
Ustyugova I.E., Belyaeva E.A., Saprykin R.S., Mause X.A., Knyazeva I.Y. Management of the competitiveness of the enterprise based on the improvement of the personnel career system	258
Lutchenko V.G., Khorev A.I., Adrakhovskaya L.L. The specifics of the work of defense enterprises from an economic point of view	264
Subhonberdiev A.S., Titova E.V., Egorova G.N. Analysis of the russian woodworking industry market	269
Beliaeva G.V., Serebryakova N.A., Adrakhovskaya L.L. Genesis of theoretical concepts of innovative potential research	276
Khorev A.I., Sokolinskaya Y.M., Parshin N.M. Innovative development of the Voronezh Region: problems and solutions	281
Vlasov A.B., Kremer K.I. State and the ways of improving the process of monitoring the progress of the implementation of the public procurement contract	289
Lutchenko V.G., Khorev A.I., Adrakhovskaya L.L. Evaluation of the efficiency of integrable structures	296

Процессы и аппараты пищевых производств**Processes and devices for food production**DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-3-17-22>

Выберите тип статьи.

УДК 66.011

Open Access

Available online at vestnik-vsuet.ru**Разработка общих видов математических моделей сушки
пищевых продуктов с СВЧ-энергоподводом на основе законов
химической кинетики гетерогенных процессов**Дмитрий А. Казарцев¹ kda_79@mail.ru  0000-0001-6597-2327¹ Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, д. 73, г. Москва, 109004, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы, касающиеся моделирования сушки семян кориандра, расторопши, яблок и плодов смородины черной с СВЧ-энергоподводом на основе законов химической кинетики гетерогенных процессов. Предложено рассматривать сушку с СВЧ-энергоподводом с позиции физической химии как квазипохохимическую гетерогенную реакцию и выполнять математическое моделирование данного процесса на основе законов химической кинетики гетерогенных процессов. Показана практическая реализация методологии моделирования сушки на основе законов химической кинетики гетерогенных процессов при моделировании СВЧ-сушки семян кориандра, расторопши, яблок и плодов смородины черной. Рекомендовано при разработке таких моделей установить аналогию между рассматриваемым процессом сушки и видом гетерогенного химического процесса, т. е. из существующей классификации химических реакций и процессов определить адекватно-аналогичную процессу сушки химическую реакцию или процесс. Установлено, что наиболее значимыми параметрами, влияющими на скорость реакции, как и на скорость сушки являются: температура, концентрация и давление. Показано как при моделировании сушки с СВЧ-энергоподводом на основе законов химической кинетики конкретных пищевых продуктов учитывать форму продукта, скорость и температуру сушильного агента, СВЧ-мощность, относительную влажность воздуха. Разработаны общие виды математических моделей на основе законов кинетики гетерогенных химических процессов сушки с СВЧ-энергоподводом для семян кориандра, семян расторопши, яблок и плодов смородины черной. Рассматриваемый в статье методологический подход и его практическое применение к моделированию сушки с СВЧ-энергоподводом для конкретных пищевых продуктов позволит в дальнейшем разрабатывать надежные математические модели кинетики сушки для различных продуктов и избежать ошибок, которые авторы отмечают в ранее опубликованных работах.

Ключевые слова: моделирование, СВЧ-сушка, комбинированный энергоподвод, химическая кинетика, кориандр, расторопша, яблоки, смородина черная

Development of general types of mathematical models for drying food products with microwave energy supply based on the laws of chemical kinetics of heterogeneous processesDmitry A. Kazartsev¹ kda_79@mail.ru  0000-0001-6597-2327¹ K. G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (The First Cossack University) 73 Zemlyanoy Val street, Moscow, 109004, Russia

Abstract. The article discusses issues related to the modeling of drying seeds of coriander, milk thistle, apples and black currant fruits with microwave energy supply based on the laws of chemical kinetics of heterogeneous processes. It is proposed to consider drying with a microwave energy supply from the standpoint of physical chemistry as a quasi-chemical heterogeneous reaction and to perform mathematical modeling of this process based on the laws of chemical kinetics of heterogeneous processes. The practical implementation of the drying modeling methodology based on the laws of chemical kinetics of heterogeneous processes for modeling microwave drying of coriander, milk thistle, apples and black currant seeds is shown. When developing such models, it was recommended to establish an analogy between the considered drying process and the type of a heterogeneous chemical process, i.e. from the existing classification of chemical reactions and processes, determine a chemical reaction or process that is adequately analogous to the drying process. It is shown how, when modeling drying with a microwave energy supply, based on the laws of chemical kinetics of specific food products, take into account the shape of the product, the speed and temperature of the drying agent, the microwave power, and the relative humidity of the air. General types of mathematical models have been developed based on the laws of kinetics of heterogeneous chemical drying processes with microwave energy supply for coriander seeds, milk thistle seeds, apples and black currant fruits. The methodological approach considered in the article and its practical application to modeling drying with a microwave energy supply for specific food products will allow in the future to develop reliable mathematical models of the drying kinetics for various products and to avoid mistakes that the authors note in previously published works.)

Keywords: modeling, microwave drying, combined energy supply, chemical kinetics, coriander, milk thistle, apples, black currant

Для цитирования

Казарцев Д.А. Разработка общих видов математических моделей сушки пищевых продуктов с СВЧ-энергоподводом на основе законов химической кинетики гетерогенных процессов // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 17–22. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-17-22

For citation

Kazartsev D.A., Kopylov M.V., Abrahamyan M.K., Nechaev M.V. Development of general types of mathematical models for drying food products with microwave energy supply based on the laws of chemical kinetics of heterogeneous processes. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 17–22. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-17-22

Введение

Анализ существующих подходов к математическому описанию СВЧ-сушки пищевых продуктов показывает, что на основе только одного из подходов к моделированию сложных взаимосвязанных явлений, протекающих при сушке, не удастся удовлетворительно описать в целом одной моделью все периоды сушки – постоянной и падающей скорости. В процессе сушки продукты могут уменьшаться в объеме, существенно изменяются физические характеристики (некоторые – на несколько порядков). Многие известные модели процесса сушки используют приближения постоянства геометрических параметров объекта сушки и постоянства его физических свойств [1–4]. Однако при описании СВЧ-сушки, таких продуктов как, ягоды и фрукты, такие модели имели бы низкую адекватность. Кроме того, при математическом описании конвективной сушки с дополнительным СВЧ-энергоподводом возникают дополнительные трудности. Эти трудности обусловлены сложностью математического описания количества энергии, которое поглощается поликомпонентным по составу веществом.

Для практической реализации и развития идеи применения законов химической кинетики к математическому моделированию процессов СВЧ-сушки, сушку необходимо рассматривать в широком плане как некоторую гетерогенную реакцию, обусловленную целым комплексом химических, физико-химических, биохимических и реологических процессов, кинетика которых наряду с кинетикой переноса энергии и вещества определяет механизм и скорость протекания процессов сушки. По-нашему все эти процессы при сушке можно описать уравнениями химической кинетики [5–8].

В связи с этим целью данной работы является разработка общего вида математических моделей СВЧ-сушки дисперсных пищевых продуктов на основе законов химической кинетики гетерогенных процессов.

Материалы и методы

Объектом исследования являлась кинетика комбинированной сушки с СВЧ-энергоподводом семян кориандра, расторопши, яблок и плодов смородины черной.

Предметом исследования – методология разработки общих видов математических моделей сушки с СВЧ-энергоподводом на основе законов химической кинетики гетерогенных процессов.

В качестве пищевых продуктов были приняты семена кориандра, расторопши, яблоки,

нарезанные в виде ломтей и плоды смородины черной. Сушка продуктов осуществлялась в специально разработанных экспериментальных установках: семена кориандра – в установке шахтного типа с конвективным и СВЧ-энергоподводом [5, 9]; семена расторопши – в вихревой камере с СВЧ-энергоподводом [10]; ломти яблок – в ленточной сушилке с конвективным и СВЧ-энергоподводом [11]; плоды смородины черной – в вакуумной установке с СВЧ-энергоподводом [12, 13].

Для разработки общего вида математических моделей семян кориандра, расторопши, яблок и плодов смородины черной использовался физико-химический подход, основанный на представлении сушки как квазитопохимической гетерогенной реакции, в которой в результате физико-химических и фазовых превращений из исходного продукта образуется сухой остаток и парообразная фаза, перешедшая в сушильный агент. Такое представление сушки позволяет применить к математическому моделированию законы кинетики топахимических реакций гетерогенных процессов, прежде всего, два фундаментальных положения формальной химической кинетики: закон действующих масс и кинетическое уравнение Аррениуса [2].

В основе закона действующих масс лежит предположение, что скорость реакции зависит от числа столкновений реагирующих молекул, которое пропорционально произведению концентраций реагирующих веществ в степенях, показатели которых соответствуют стехиометрическим коэффициентам уравнения химической реакции.

Уравнение Аррениуса позволяет определить величину константы скорости реакции k и в практическом применении обычно имеет вид:

$$k = A \times \exp\left(-\frac{E}{RT}\right), \quad (1)$$

где A – предэкспоненциальный множитель, зависящий от физико-химических свойств реакционной системы, E – энергия активации, T – абсолютная температура реакции, R – универсальная газовая постоянная.

Результаты и обсуждение

Математическая модель сушки на основе законов химической кинетики представляет собой аналоговую реальную модель, которая основана на сходстве математического описания процессов различной физической природы и воспроизводит аналогию между законами, которые выражают сходные явления в оригинале и в модели. Поэтому при разработке такой модели необходимо установить аналогию между рассматриваемым процессом сушки и видом гетерогенного химического процесса.

Кинетическое уравнение химической реакции – это уравнение, которое связывает скорость реакции (изменение в единицу времени концентрации реагирующего компонента) с параметрами от которых она зависит. В общем случае на скорость реакции, как и на скорость сушки влияют:

1. Концентрация реагентов. Если одним из реагентов является газ, то необходимо учитывать влияние давления на кинетику процесса. Применительно к сушке – это величина влагосодержания продукта и давление газа над продуктом.
2. Величина температуры.
3. Параметры перемешивания или скорость потока газа. Применительно к сушке – скорость сушильного агента.
4. Размер частиц.

Наиболее значимым из указанных параметров являются температура, концентрация и давление.

По характеру скорости гетерогенные реакции между твердым веществом и жидкостью или газом могут протекать с постоянной скоростью, если концентрация реагента постоянна и поверхность твердого вещества не изменяется. Применительно к сушке – скорость сушки постоянна при удалении избыточного количества свободной влаги. Скорость процесса уменьшается из-за снижения концентрации реагента, уменьшения поверхности испарения, образования защитной пленки из продуктов реакции на поверхности, увеличения затрат энергии на акт химического превращения. Применительно к сушке – это течение процесса в периоде убывающей скорости за счет изменения аналогичных факторов.

Определение общего вида математической модели кинетики сушки семян кориандра. При выборе общего вида математической модели кинетики сушки семян кориандра исходили из следующих условий. Начальное влагосодержание семян кориандра сравнительно невысоко и не превышает 0,2 кг_{вл}/кг_{с.вещ.}. Поэтому на семенах не содержится избыток свободной поверхностной влаги. Анализ сорбционных свойств, фракционного состава и видов влаги в семенах кориандра, [5] позволяет полагать, что очередность удаления водных фракций из продукта будет определяться в соответствии с ростом энергии связи, определяемой по уравнению

$$\varphi(U, T) = \exp \left[-\frac{A_\varphi}{RT} \exp(-B_\varphi U) \right], \quad (2)$$

где A_φ , B_φ – эмпирические коэффициенты; R – универсальная газовая постоянная, Дж / (моль×К); T – температура окружающего воздуха, К; U – влагосодержание материала, кг_{вл}/кг_{с.вещ.} [5]

При определении поверхности сушки будем полагать, что семена кориандра приближенно можно принять за частицы шаровой формы.

Рассматривая аналогии между химическими реакциями и сушкой кориандра, можно сделать следующее заключение. Сушка кориандра подобна гетерогенной химической реакции с твердой фазой с образованием газообразной фазы продуктов реакции, в которой можно выделить две стадии (два периода) – постоянной и убывающей скорости. В периоде убывающей скорости изменение поверхности зоны фазового превращения воды описывается уравнением:

$$F(U) = 4\pi R_n^2 \left(\frac{U}{U_{кр}} \right)^{\frac{2}{3}} N_q, \quad (3)$$

где N_q – количество частиц в слое.

Окружающая твердую фазу среда – влажный воздух с температурой $T_{с.а.} < 373K$ и относительной влажностью φ . Тепловой поток подводится к семенам СВЧ-полем и конвекцией от воздушного потока с заданным расходом и температурой.

Согласно методологии [14] и с учетом свойств кориандра, видов связи влаги в нем [5] кинетика сушки семян кориандра может быть описана уравнениями:

1. Период постоянной скорости:

$$N_1 = -\frac{dU}{d\tau} = U_n (1 - \varphi)^{n_\varphi} A \times \exp \left(-\frac{E}{RT_1} \right). \quad (4)$$

где N_1 – постоянная (максимальная) скорость первого периода; τ – продолжительность сушки; U_n – начальное влагосодержание продукта; T_1 – температура материала, в первом периоде сушки.

2. Период убывающей скорости:

$$N_2(U) = -\frac{dU}{d\tau} = N_1 \left(\frac{U}{U_{кр}} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{U}{U_{кр}} \right)^n \times \exp \left[-\frac{A_\varphi}{RT} \exp(-B_\varphi U) \right]. \quad (5)$$

где $N_2(U)$ – скорость сушки во втором периоде; $U_{кр}$ – критическое влагосодержание продукта.

Температура продукта в 1-м периоде будет определяться по уравнению:

$$T_1 = T_m + a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n, \quad (6)$$

где a_0 , a , $a_2 \dots a_n$ – эмпирические коэффициенты; $x_1, x_2, \dots x_n$ – факторы процесса.

Во втором – по уравнению:

$$T = T_{кр} + (T_k - T_{кр}) \times \frac{\frac{1}{m} \{ \exp[m(U_{кр} - U)] - 1 \} - (U_{кр} - U)}{\frac{1}{m} \{ \exp[m(U_{кр} - U_p)] - 1 \} - (U_{кр} - U_p)} \quad (7)$$

где $T_{кр}$ – температура материала при достижении критического влагосодержания; T_k – температура материала при достижении равновесного влагосодержания; U_p – равновесное влагосодержание; m – эмпирический коэффициент, независимый от режима сушки.

Определение общего вида математической модели кинетики сушки семян расторопши. Выбор общего вида математической модели для семян расторопши проводим аналогично, как и для семян кориандра, согласно вышеописанной методологии. Начальное влагосодержание семян расторопши не превышает 0,23 кг_{вл}/кг_{с.вещ}, поэтому на семенах расторопши, как и на семенах кориандра, не содержится избыток свободной поверхностной влаги. Анализ сорбционных свойств, фракционного состава и видов влаги в семенах расторопши [10], характеристика связанной влаги позволяет полагать, что очередность удаления водных фракций, так же как и для кориандра, для семян расторопши будет определяться в соответствии с ростом энергии связи, определяемой по уравнению (2). При определении поверхности сушки будем полагать, что семена расторопши приближенно можно принять за частицы цилиндрической формы. Тепловой поток подводится к семенам расторопши СВЧ-полем и конвекцией от воздушного потока с заданной температурой.

Тогда с учетом свойств расторопши, видов связи влаги в семенах [10] кинетика сушки семян расторопши в первом периоде может быть описана уравнением (4), аналогично уравнениям семян кориандра, а во втором периоде убывающей скорости уравнением:

$$N_2(U) = -\frac{dU}{d\tau} = N_1 \left(\frac{U}{U_{кр}} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{U}{U_{кр}} \right)^n \times \exp \left[-\frac{A_\phi}{RT} \exp(-B_\phi U) \right]. \quad (8)$$

Температура семян расторопши в 1-м периоде будет определяться аналогично как и для семян кориандра по уравнению (6), а во втором – по уравнению (7).

Определение общего вида математической модели кинетики сушки яблок. Согласно вышеописанной методологии проводим выбор общего вида математической модели для яблок.

В яблоках содержится 80–90% воды, основная часть которой находится в свободной форме. Поэтому на поверхности ломтей яблок содержится избыток свободной поверхностной влаги. На основании многочисленных исследований [15, 16–20] целесообразно кинетическое уравнение первого периода сушки, дополнить множителем $U^{0,5}$, учитывающим влияние скорости сушильного агента на скорость испарения свободной поверхностной влаги.

Анализ сорбционных свойств, фракционного состава и видов влаги в яблоках [11], характеристика связанной влаги позволяет полагать, что очередность удаления водных фракций, так же, как и для кориандра, и семян расторопши, для яблок будет определяться в соответствии с ростом энергии связи, определяемой по уравнению (2). Яблоки, подготовленные к сушке, очищены и разрезаны на кружки толщиной не более 5–6 мм. Так как диаметр разрезанного кружка яблока значительно больше его толщины $D_y \gg \delta_y$, то изменение поверхности испарения не существенно. Разрезанные ломти яблок имеют форму пластины. Тепловой поток подводится к яблокам СВЧ-полем и конвекцией от воздушного потока с заданной температурой.

Тогда с учетом свойств яблок, видов связи влаги в них [11] кинетика сушки яблок в первом периоде может быть описана уравнением (4), аналогично уравнениям семян кориандра, а во втором периоде убывающей скорости уравнением:

$$N_2(U) = -\frac{dU}{d\tau} = N_1 U^{0,5} \left(\frac{U}{U_{кр}} \right)^n \times \exp \left[-\frac{A_\phi}{RT} \exp(-B_\phi U) \right]. \quad (9)$$

Температура яблок в 1-м периоде будет определяться аналогично по уравнению (6), а во втором – по уравнению (7).

Определение общего вида математической модели кинетики сушки плодов смородины черной. Согласно вышеописанной методологии проводим выбор общего вида математической модели для плодов смородины. В плодах смородины также, как и в яблоках, содержится 80–90% воды, основная часть которой находится в свободной форме. При этом сушка плодов смородины осуществляется в вакуумной камере. Из этого следует, что уравнение скорости первого периода не должно содержать коэффициент $U^{0,5}$, учитывающий влияние скорости сушильного агента на скорость испарения свободной поверхностной влаги. Анализ сорбционных

свойств, фракционного состава и видов влаги в плодах смородины [12], характеристика связанной влаги позволяет полагать, что очередность удаления водных фракций, так же, как и в предыдущих случаях, для плодов смородины будет определяться в соответствии с ростом энергии связи, определяемой по уравнению (2). При определении поверхности сушки будем полагать, что плоды смородины приближенно можно принять за частицы шаровой формы. Тепловой поток подводится к продукту СВЧ-полем. В сушильной камере создается разрежение.

Тогда с учетом свойств плодов смородины, видов связи влаги в них [12] кинетика сушки в первом периоде может быть описана уравнением:

$$N_1 = -\frac{dU}{d\tau} = U_n \times A \times \exp\left(-\frac{E}{RT_1}\right), \quad (10)$$

а во втором периоде убывающей скорости аналогично семенам кориандра скорость сушки смородины будет определяться по уравнению (5).

Температура плодов смородины в 1-м периоде будет определяться по уравнению (6), а во втором – по уравнению (7).

Заключение

Сушка может быть рассмотрена с позиции физической химии как квазитопохимическая гетерогенная реакция. Ее математическое моделирование может быть основано на применении законов химической кинетики.

Тип такой квазитопохимической гетерогенной реакции (последовательное или параллельное удаление водных фракций) определяется на основе изучения форм и энергии связи воды с сухой частью продукта. Границы водных фракций, отличающихся энергией связи влаги, могут быть надежно определены методами термического анализа.

Показано практическое применения методологии моделирования сушки на основе законов химической кинетики гетерогенных процессов к моделированию СВЧ-сушки конкретных пищевых продуктов.

Разработаны математические модели на основе законов кинетики гетерогенных химических процессов сушки с СВЧ-энергоподводом для семян кориандра, семян рапса, яблок и плодов смородины черной, учитывающие форму продукта, скорость и температуру сушильного агента, СВЧ-мощность, относительную влажность воздуха.

Литература

- 1 Цугленок Н.В., Манасян С.К., Демский Н.В. Техника и технология сушки зерна // Международный журнал экспериментального образования. 2012. №. 11. С. 46-47.
- 2 Потапов В.А., Якушенко Е.Н., Жеребкин М.В. Анализ способов сушки и оценка качества сушеной виноградной выжимки // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2013. №. 6 (11). С. 38-41.
- 3 Калашников Г.В., Литвинов Е.В. Кинетика СВЧ-сушки яблок // Вестник ВГУИТ. 2015. №. 2. С. 40-42.
- 4 Иночкина Е.В. Совершенствование технологии конвективной СВЧ-сушки плодов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2014. №. 5-6. С. 62-65.
- 5 Антипов С.Т., Казарцев Д.А., Давыдов А.М., Емельянов А.Б. Изучение форм связи влаги в семенах кориандра на основе анализа кинетики сушки // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. №. 3 (85). doi: 10.20914/2310-1202-2020-3-24-31
- 6 Кухарев О.Н., Сёмов И.Н., Тимергазин Н.К., Оськин В.С. Результаты исследований устройства для сушки сельскохозяйственных культур // Нива Поволжья. 2020. №. 2 (55). doi: 10.3646/ШР.2020.2.55.016
- 7 Ермоченков М.Г. Кинетические параметры процесса сушки древесины // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2017. №. 6 (360). С. 114-125. doi: 10.17238/issn0536-1036.2017.6.114
- 8 Wray D., Ramaswamy H.S. Novel concepts in microwave drying of foods // Drying Technology. 2015. V. 33. №. 7. P. 769-783. doi: 10.1080/07373937.2014.985793
- 9 Antipov S., Klyuchnikov A., Kazartsev D. Mathematical description of super-high frequencies drying process of free-running food media in device with combined energy input // E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2020. V. 175. P. 05021. doi: 10.1051/e3sconf/202017505021
- 10 Юрова И.С., Кретов И.Т., Журавлев А.В., Казарцев Д.А. Тепло- и массообмен при сушке семян рапса в вихревой камере с СВЧ-энергоподводом. Воронеж: ВГУИТ, 2012. 192 с.
- 11 Антипов С.Т., Казарцев Д.А., Журавлев А.В. Тепло- и массообмен при сушке яблок в аппарате с комбинированным энергоподводом. Воронеж: ВГТА, 2009. 154 с.
- 12 Антипов С.Т., Виниченко С.А., Казарцев Д.А. Тепло- и массообмен при сушке плодов смородины черной в вакуум аппарате с СВЧ-энергоподводом. Воронеж: ВГУИТ, 2016. 168 с.
- 13 Antipov S.T., Arapov V.M., Kazartsev D.A. Kinetics laws as the base for mathematical simulation of microwave vacuum drying process // Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2020. V. 1560. №. 1. P. 012017.
- 14 Arapov V.M., Kazartsev D.A., Nikitin I.A., Babaeva M.V. et al. Drying process simulation methodology based on chemical kinetics laws // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. 2020. V. 11. №. 2. P. 17-22.
- 15 Орвос М., Сзыбо В., Пус Т. Скорость испарения со свободной поверхности жидкости // Прикладная механика и техническая физика. 2016. Т. 57. №. 6. С. 168-179.
- 16 Pickles C.A., Gao F., Kelebek S. Microwave drying of a low-rank sub-bituminous coal // Minerals Engineering. 2014. V. 62. P. 31-42. doi: 10.1016/j.mineng.2013.10.011
- 17 Feng H., Yin Y., Tang J. Microwave drying of food and agricultural materials: basics and heat and mass transfer modeling // Food Engineering Reviews. 2012. V. 4. №. 2. P. 89-106. doi: 10.1007/s12393-012-9048-x

18 Demiray E., Seker A., Tulek Y. Drying kinetics of onion (*Allium cepa* L.) slices with convective and microwave drying // *Heat and Mass Transfer*. 2017. V. 53. №. 5. P. 1817-1827. doi: 10.1007/s00231-016-1943-x

19 Wojdyło A., Figiel A., Lech K., Nowicka P., Oszmiański J. Effect of convective and vacuum-microwave drying on the bioactive compounds, color, and antioxidant capacity of sour cherries // *Food and Bioprocess Technology*. 2014. V. 7. №. 3. P. 829-841. doi: 10.1007/s11947-013-1130-8

20 Chahbani A., Fakhfakh N., Balti M.A., Mabrouk M. et al. Microwave drying effects on drying kinetics, bioactive compounds and antioxidant activity of green peas (*Pisum sativum* L.) // *Food Bioscience*. 2018. V. 25. P. 32-38. doi: 10.1016/j.fbio.2018.07.004

References

1 Tsuglenok N.V., Manasyan S.K., Demskiy N.V. Grain drying technique and technology. *International Journal of Experimental Education*. 2012. no. 11. pp. 46-47. (in Russian).

2 Potapov V.A., Yakushenko E.N., Zherebkin M.V. Analysis of drying methods and assessment of the quality of dried grape pomace. *Eastern European Journal of Advanced Technologies*. 2013. no. 6 (11). pp. 38-41. (in Russian).

3 Kalashnikov G.V., Litvinov E.V. Kinetics of microwave drying of apples. *Proceedings of VSUET*. 2015. no. 2. pp. 40-42. (in Russian).

4 Inochkina E.V. Improvement of the technology of convective microwave drying of fruits. *News of higher educational institutions. Food technology*. 2014. no. 5-6. pp. 62-65. (in Russian).

5 Antipov S.T., Kazartsev D.A., Davydov A.M., Emelyanov A.B. Study of the forms of moisture bond in coriander seeds based on the analysis of the kinetics of drying. *Proceedings of VSUET*. 2020. vol. 82. no. 3 (85). doi: 10.20914/2310-1202-2020-3-24-31 (in Russian).

6 Kukharev O.N., Syomov I.N., Timergazin N.K., Oskin V.S. Research results of a device for drying agricultural crops. *Niva Povolzhya*. 2020. no. 2 (55). doi: 10.3646SHR.2020.2.55.016 (in Russian).

7 Ermochkov M.G. Kinetic parameters of the wood drying process. *News of higher educational institutions. Forest Journal*. 2017. no. 6 (360). pp. 114-125. doi: 10.17238/issn0536-1036.2017.6.114 (in Russian).

8 Wray D., Ramaswamy H.S. Novel concepts in microwave drying of foods. *Drying Technology*. 2015. vol. 33. no. 7. pp. 769-783. doi: 10.1080/07373937.2014.985793

9 Antipov S., Klyuchnikov A., Kazartsev D. Mathematical description of super-high frequencies drying process of free-running food media in device with combined energy input. *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, 2020. vol. 175. pp. 05021. doi: 10.1051/e3sconf/202017505021

10 Yurova I.S., Kretov I.T., Zhuravlev A.V., Kazartsev D.A. Heat and mass transfer during drying of milk thistle seeds in a vortex chamber with a microwave energy supply. *Voronezh, VSUET*, 2012. 192 p. (in Russian).

11 Antipov S.T., Kazartsev D.A., Zhuravlev A.V. Heat and mass transfer when drying apples in an apparatus with a combined power supply. *Voronezh, VGTA*, 2009. 154 p. (in Russian).

12 Antipov S.T., Vinichenko S.A., Kazartsev D.A. Heat and mass transfer when drying black currant fruits in a vacuum apparatus with a microwave energy supply. *Voronezh, VSUET*, 2016. 168 p. (in Russian).

13 Antipov S.T., Arapov V.M., Kazartsev D.A. Kinetics laws as the base for mathematical simulation of microwave vacuum drying process. *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2020. vol. 1560. no. 1. pp. 012017.

14 Arapov V.M., Kazartsev D.A., Nikitin I.A., Babaeva M.V. et al. Drying process simulation methodology based on chemical kinetics laws. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2020. vol. 11. no. 2. pp. 17-22.

15 Orvos M., Szybo V., Pus T. Evaporation rate from the free surface of a liquid. *Applied Mechanics and Technical Physics*. 2016. vol. 57. no. 6. pp. 168-179. (in Russian).

16 Pickles C.A., Gao F., Kelebek S. Microwave drying of a low-rank sub-bituminous coal. *Minerals Engineering*. 2014. vol. 62. pp. 31-42. doi: 10.1016/j.mineng.2013.10.011

17 Feng H., Yin Y., Tang J. Microwave drying of food and agricultural materials: basics and heat and mass transfer modeling. *Food Engineering Reviews*. 2012. vol. 4. no. 2. pp. 89-106. doi: 10.1007/s12393-012-9048-x

18 Demiray E., Seker A., Tulek Y. Drying kinetics of onion (*Allium cepa* L.) slices with convective and microwave drying. *Heat and Mass Transfer*. 2017. vol. 53. no. 5. pp. 1817-1827. doi: 10.1007/s00231-016-1943-x

19 Wojdyło A., Figiel A., Lech K., Nowicka P., Oszmiański J. Effect of convective and vacuum-microwave drying on the bioactive compounds, color, and antioxidant capacity of sour cherries. *Food and Bioprocess Technology*. 2014. vol. 7. no. 3. pp. 829-841. doi: 10.1007/s11947-013-1130-8

20 Chahbani A., Fakhfakh N., Balti M.A., Mabrouk M. et al. Microwave drying effects on drying kinetics, bioactive compounds and antioxidant activity of green peas (*Pisum sativum* L.). *Food Bioscience*. 2018. vol. 25. pp. 32-38. doi: 10.1016/j.fbio.2018.07.004

Сведения об авторах

Дмитрий А. Казарцев к.т.н., доцент, кафедра технологии броидильных производств и виноделия им. Г.Г. Агабальянца, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, kda_79@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6597-2327>

Вклад авторов

Дмитрий А. Казарцев обзор литературных источников по исследуемой проблеме, разработка общего вида математических моделей сушки пищевых продуктов с СВЧ-энергоподводом на основе законов химической кинетики гетерогенных процессов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Dmitry A. Kazartsev Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology of fermentation and winemaking named after G.G. Agabalian department, K. G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management, Zemlyanoy Val street 73, Moscow, 109004, Russia, kda_79@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6597-2327>

Contribution

Дмитрий А. Казарцев обзор литературных источников по исследуемой проблеме, разработка общего вида математических моделей сушки пищевых продуктов с СВЧ-энергоподводом на основе законов химической кинетики гетерогенных процессов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 20/07/2021	После редакции 12/08/2021	Принята в печать 03/09/2021
Received 20/07/2021	Accepted in revised 12/08/2021	Accepted 03/09/2021

Пароэжекторный тепловой насос как источник альтернативной энергии в технологии хлебобулочных изделий

Алексей В. Дранников	¹	drannikov@list.ru	 0000-0002-3060-8688
Александр А. Шевцов	¹	shevalol@rambler.ru	 0000-0001-5745-8301
Елена И. Пономарева	¹	elena6815@yandex	 0000-0003-2310-2838
Никита В. Засыпкин	¹	zvnkita24@gmail.com	
Людмила В. Логунова	¹	logunova.lyudmila@mail.ru	 0000-0002-5255-7551

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

Аннотация. Поиск новых альтернативных источников энергии и путей сбережения топливно-энергетических ресурсов, эффективного использования вторичных энергоресурсов, включая природные низкотемпературные источники теплоты остаются в центре внимания специалистов хлебопекарной промышленности. Все большее значение в снижении энергозатрат приобретают тепловые насосы. Проанализированы причины, сдерживающие широкое применение парокомпрессионных тепловых насосов. Для реализации рациональных термовлажностных режимов в технологии хлебобулочных изделий предложено использовать пароэжекторный тепловой насос, который расширяет границы энергоэффективного сопряжения объектов различных температурных потенциалов на основе утилизации и рекуперации вторичных энергоресурсов. При этом в полной мере реализован универсальный подход в создании конкурентоспособной технологии, обеспечивающей выработку тепла и холода для совместно протекающих процессов в производстве хлебобулочных изделий. Пароэжекторный тепловой насос создает реальные условия утилизации пара низкого давления, в частности, бросового тепла газотурбинных установок и котельных агрегатов и, как следствие, позволяет эффективно решать задачи энергосбережения. Экологически безопасные условия функционирования технологии обусловлены применением воды в качестве хладагента. Полностью исключается использование токсичных, взрыво- и пожароопасных рабочих сред, что позволяет рассматривать предлагаемую теплонасосную технологию хлебобулочных изделий как экологически безопасную.

Ключевые слова: хлебобулочные изделия, тепловой насос, энергосбережение, экологическая безопасность, источник энергии

Steam jet heat pump as a source of alternative energy in bakery technology

Alexey V. Drannikov	¹	drannikov@list.ru	 0000-0002-3060-8688
Alexander A. Shevtsov	¹	shevalol@rambler.ru	 0000-0001-5745-8301
Elena I. Ponomareva	¹	elena6815@yandex	 0000-0003-2310-2838
Nikita V. Zasyepkin	¹	zvnkita24@gmail.com	
Lyudmila V. Logunova	¹	logunova.lyudmila@mail.ru	 0000-0002-5255-7551

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

Abstract. The search for new alternative energy sources and ways of saving fuel and energy resources, efficient use of secondary energy resources, including natural low-temperature sources of heat, remain in the center of attention of specialists in the bakery industry. Heat pumps are becoming increasingly important in reducing energy costs. The reasons that restrain the widespread use of vapor compression heat pumps are analyzed. To implement rational thermal and humidity modes in the technology of bakery products, it is proposed to use a steam jet heat pump, which expands the boundaries of energy-efficient coupling of objects of different temperature potentials on the basis of utilization and recuperation of secondary energy resources. At the same time, a universal approach has been fully implemented in creating a competitive technology that provides heat and cold production for joint processes in the production of bakery products. In the conditions of decentralized heat supply systems, when heat energy is generated directly at the enterprise, a steam-jet heat pump creates real conditions for the utilization of low-pressure steam, in particular, waste heat from gas turbine plants and boiler units and, as a result, makes it possible to effectively solve energy saving problems. Environmentally safe conditions of the technology functioning are due to the use of water as a refrigerant. The use of toxic, explosive and fire hazardous working environments is completely excluded, which allows us to consider the proposed heat pump technology of bakery products as environmentally friendly.

Keywords: bakery products, heat pump, energy saving, environmental safety, energy source

Введение

Эффективное замещение в системах энергоснабжения ископаемых видов топлива на теплоту возобновляемых и вторичных источников посредством тепловых насосов (ТН) является одним из важнейших принципов энергосбережения и охраны окружающей среды и составляет основу современных исследований в области теплонасосных технологий [1, 3, 4, 6–10].

Для цитирования

Дранников А.В., Шевцов А.А., Пономарева Е.И., Засыпкин Н.В., Логунова Л.В. Пароэжекторный тепловой насос как источник альтернативной энергии в технологии хлебобулочных изделий // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 23–29. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-23-29

Современные тенденции в развитии теории тепловых и тепломассообменных процессов подготовили условия для научного подхода к созданию новых энергосберегающих и экологически безопасных пищевых технологий с использованием ТН [2, 5, 10–12].

Традиционные технологии хлебобулочных изделий [13–18] имеют существенные резервы в реализации основных принципов

For citation

Drannikov A.V., Shevtsov A.A., Ponomareva E.I., Zasyepkin N.V., Logunova L.V. Steam jet heat pump as a source of alternative energy in bakery technology. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 23–29. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-23-29

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

энергосбережения, направленных на снижение энергозатрат, за счет организации рециркуляционных схем по материальным и энергетическим потокам посредством ТН.

Наиболее перспективной в этом отношении является технология хлебобулочных изделий с использованием парокompрессионного теплового насоса [19]. Несмотря на очевидное преимущество концептуального подхода в создании данной технологии ее реализация сдерживается по следующей причине. Парокompрессионный тепловой насос целесообразно использовать в условиях децентрализованной системы энергоснабжения, когда отсутствуют источники получения высокопотенциальной тепловой энергии (котельные агрегаты, газотурбинные установки и др.). Традиционная ориентация в нашей стране на централизованное теплоснабжение ставит под сомнение использование парокompрессионных тепловых насосов в технологии хлебобулочных изделий, по крайней мере, в ближайшее время, в том числе с учетом их высокой стоимости.

В этой связи сформулирована цель работы: разработка теплонасосной технологии хлебобулочных изделий с применением парожекторного теплового насоса для получения энергоносителей разного температурного потенциала, обеспечивающего снижение удельных энергозатрат за счет максимальной рекуперации и утилизации отработанных теплоносителей в замкнутых термодинамических циклах.

Методы

Разработке энергоэффективной теплонасосной технологии хлебобулочных изделий предшествовали системные исследования, направленные на изучение принципиальных вопросов энергосбережения в тепловых и теплообменных процессах пищевой и химической технологии с применением парожекторного теплового насоса [20–23].

Предлагаемая теплонасосная технология хлебобулочных изделий включает циклоны-разгрузители 1; машины тестомесильные 2, 7; дозировочные станции 3, 8; лопастной нагнетатель 4; бункер для брожения закваски 5; дозатор закваски 6; емкость для брожения теста 9; тестоделитель 10; ленточный округлитель 11; расстойный шкаф 12; термомасляную поточную туннельную печь 13 с секционной обогревающей рубашкой; кулер для конвективного охлаждения хлебобулочных изделий 14; конденсатор-рекуператор 15; аппарат 16 с греющей рубашкой для разделения собранного конденсата методом отгонки на воду и другие компоненты, в том числе спирт; сборник спирта и других компонентов 17; парожекторный тепловой насос,

состоящий из эжектора 18, конденсатора 19, терморегулирующего вентиля 20, испарителя 21; холодоприемника 22, рециркуляционного насоса 23; парогенератор 24 с электронагревательными элементами 25 и клапаном сброса давления 26; сборник конденсата 27; распределители потоков 28, 29; 30, 31; высокотемпературный циркуляционный масляный насос 32; насосы 33, 34; вентиляторы 35, 36, 37; линии подачи и отвода материальных и тепловых потоков: 1.1 – муки; 1.2 – закваски; 1.3 – выброженной закваски; 1.4 – замешанной закваски; 1.51 – горячей воды; 1.52 – холодной воды 2.0 – подачи воздуха из окружающей среды в расстойный шкаф 10; 2.1 – отвода паробразующейся смеси в процессе выпечки из термомасляной печи 13 в конденсатор-рекуператор 15; 2.2 – отвода образовавшегося конденсата из конденсатора-рекуператора 12 в аппарат 16; 2.3 – отвода других компонентов и спирта в сборник 17; 1.5 – линии подачи и отвода воды; 1.6 – эжектируемого низкопотенциального пара из испарителя 21 в эжектор 18; 3.0 – подачи высокопотенциального пара из парогенератора 20 в эжектор 18 и в греющую рубашку аппарата 16; 3.1 – подачи рабочего пара в конденсатор парожекторного теплового насоса 19; 3.2 – впрыска пара на увлажнение воздуха, подаваемого в расстойный шкаф 12 и на увлажнение паровоздушной смеси, подаваемого в кулер 14; 3.1 – отвода отработанной паровоздушной смеси из расстойного шкафа 9 и кулера 11 в холодоприемник 22; 3.2 – подачи охлажденной (кондиционированной) и осушенной паровоздушной смеси из холодоприемника 22 в кулер 14; 3.3 – подачи паровоздушной смеси в кулер 11; 4.0 – рециркуляции хладагента (воды) через холодоприемник 22 парожекторного теплового насоса; 5.0 – рециркуляции термомасла через секционную обогревающую рубашку термомасляной поточной туннельной печи 13 и конденсатора парожекторного теплового насоса 19.

Технология предусматривает непрерывное приготовление густой закваски и теста, брожение полуфабрикатов, деление теста на куски, их округление, расстойку тестовых заготовок в расстойном шкафу, в который подается паровоздушная смесь из воздуха, забираемого из окружающей среды, и насыщенного пара при температуре 38–40°C и относительной влажности 80–85 % и выпечку хлебобулочных изделий в печи проходного типа [19].

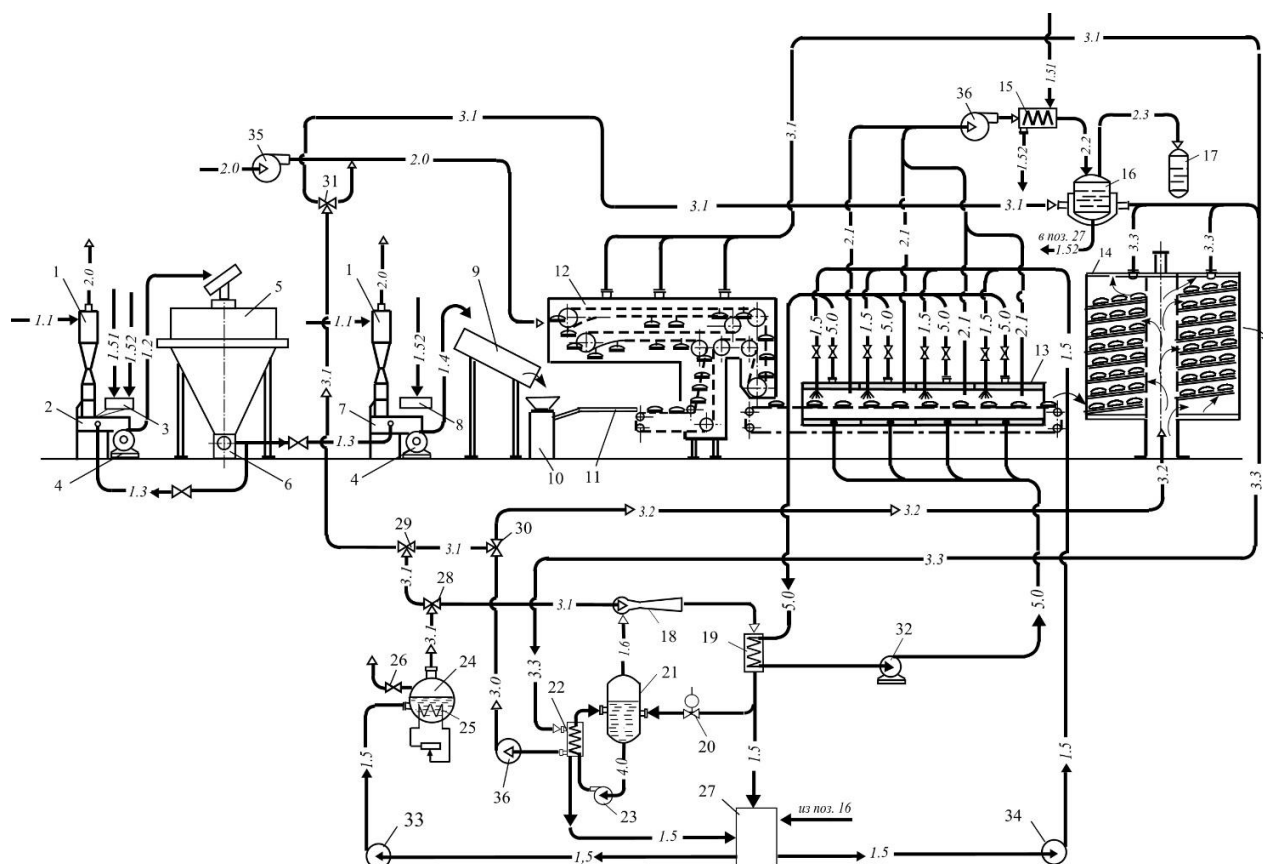


Рисунок 1. Теплонасосная технология хлебобулочных изделий

Figure 1. Heat pump technology for bakery products

Выпечка проводится переменным четырехстадийным тепловым излучением при температуре: на первой стадии предварительного нагрева 100–120°C, на второй стадии нарастающего теплообмена 180–190°C, на третьей стадии интенсивного теплообмена 230–240°C и на четвертой стадии снижающейся интенсивности теплообмена 150–180°C. Охлаждение хлебобулочных изделий до температуры 20°C осуществляется смесью охлажденного воздуха и насыщенного пара с температурой 15–18°C и относительной влажностью 85–90 %. Хлебобулочные изделия охлаждаются в кулере конвективного охлаждения паровоздушной смесью, парообразующая смесь в процессе выпечки конденсируется, собранный конденсат разделяется методом отгонки на воду и другие компоненты, в том числе спирт.

Подготовка энергоносителей для реализации рациональных термовлажностных режимов расстойки, выпечки и охлаждения хлебобулочных изделий осуществляется с помощью парожеторного теплового насоса, включающего парогенератор для получения насыщенного пара, паро-паровой эжектор, конденсатор, терморегулирующий вентиль, холодоприемник, работающие по замкнутому термодинамическому циклу.

Полученный в парогенераторе 24 высокопотенциальный пар под давлением 2,0–2,5 МПа подается в сопло паро-парового эжектора 32, эжектируя при этом низкопотенциальный пар, создавая пониженное давление 0,0009–0,001 МПа и температуру 4–7 °C в испарителе 21. В качестве хладагента используется вода, которая циркулирует через холодоприемник 22 с помощью насоса 23.

Кинетическая энергия смеси высокопотенциального и низкопотенциального паров в диффузоре эжектора 18 преобразуется в тепловую энергию рабочего пара, выходящего из эжектора с давлением 9 МПа и температурой 300 °C. Поток рабочего пара подается в конденсатор 19, в котором посредством рекуперативного теплообмена нагревается термомасло. Часть образовавшегося конденсата отводится через терморегулирующий вентиль 20 на пополнение уровня воды в испарителе 21, а другую часть конденсата вместе с конденсатом образовавшегося при конденсации отработанной паровоздушной смеси в холодоприемнике 22 направляется в сборник конденсата 27 с образованием замкнутого цикла.

При увеличении давления пара в парогенераторе 24 больше допустимого срабатывает предохранительный клапан 26, осуществляющий сброс давления.

Нагретое в конденсаторе 19 термомасло с помощью высокотемпературного циркуляционного масляного насоса 32 направляется в секции обогревающей рубашки термомасляной поточной туннельной печи 13. Потoki отработанного термомасла после секций печи объединяются и подаются в конденсатор 19 с образованием контура рециркуляции.

Полученный высокопотенциальный пар из парогенератора 24 отводится на увлажнение воздуха, в расстойный шкаф 12 и в греющую рубашку аппарата 16 для разделения собранного конденсата методом отгонки на воду и другие компоненты, в том числе спирт; и на увлажнение паровоздушной смеси, подаваемой в кулер конвективного охлаждения хлебобулочных изделий 14 нагнетающим вентилятором 36.

Парообразующая смесь в процессе выпечки отводится из рабочего объема термомасляной поточной туннельной печи 13 с помощью вытяжного вентилятора 37 в конденсатор-рекуператор 15 с отводом конденсата в аппарат 16 для разделения собранного конденсата. При этом образовавшаяся вода из аппарата 16 отводится в сборник конденсата 27.

Потоки отработанной паровоздушной смеси после расстойного шкафа 12 и аппарата 16, а также после кулера 14 для конвективного охлаждения хлебобулочных изделий объединяются и в режиме замкнутого цикла направляются на охлаждение и осушение в холодоприемник 22, где паровоздушная смесь достигает температуры «точки росы» за счет рекуперативного теплообмена с хладагентом, а содержащаяся в ней влага конденсируется в виде капельной жидкости и отводится в сборник конденсата 27. После холодоприемника 22 осушенная и охлажденная паровоздушная смесь нагнетающим вентилятором 33 подается в кулер 11 на охлаждение хлебобулочных изделий с предварительным увлажнением паром.

Собранный конденсат из сборника конденсата 27 насосом 34 направляется на пароувлажнение хлебобулочных изделий в каждую секцию термомасляной поточной туннельной печи 13, а насосом 33 подается в парогенератор 24 для пополнения убыли воды с образованием контура рециркуляции.

Результаты и обсуждение

Энергоэффективные режимы технологических процессов в области допустимых свойств получаемой продукции осуществляются с помощью парожекторного теплового насоса (ПЭТН) со следующими параметрами:

Холодопроизводительность, кВт	20
Температура кипения:	
в испарителе, °C	5
в парогенераторе, °C	110
Температура рабочего пара, °C	300
Коэффициент эжекции	6
Площадь теплообменной поверхности холодоприемника, м ²	8
Коэффициент теплопередачи холодоприемника, Вт/м ² ·°C	92
Хладагент	вода

Конструкция ПЭТН содержит движущихся быстроизнашивающихся элементов, благодаря чему обеспечивается безотказная работа насоса длительными циклами без непосредственного обслуживания, при этом минимизируются объемы текущего ремонта, стоимость и потребность в запасных частях и вспомогательных материалах.

Высокопотенциальный пар производится электрическим парогенератором «Ural-Power», способного вырабатывать насыщенный и перегретый пар до 400 °C давлением до 14 МПа.

В контуре рециркуляции ПЭТН используется паро-паровой эжектор (термокомпрессор) типа ПКС, обеспечивающий возврат в систему рабочего пара и его многократное использования с требуемыми параметрами. Масштабы энерго- и ресурсосбережения при использовании ПКС значительны, так как позволяют полностью вернуть в систему избыточный пар, обычно сбрасываемый в атмосферу, и избежать потерь, связанных с дросселированием и регулированием паровых потоков. Использование ПКС снижает до минимума технологические выбросы в атмосферу и позволяет полностью избежать экологического загрязнения окружающей среды от сброса отработанных теплоносителей [19].

Рациональное использование тепловой и электрической энергии в системе холодо- и теплоснабжения с применением парожекторного теплового насоса рассматривалось с точки зрения снижения себестоимости получаемых целевых и промежуточных продуктов. Основным принципиальным решением по снижению энергозатрат в предлагаемой технологии является оптимальный выбор текущих значений температур рабочего пара и холодной воды. Отклонение от этих значений неизбежно приведет к увеличению потребляемой энергии: понижение температуры кипения хладагента в испарителе на 1 °C приведет к необходимости увеличения расхода рабочего пара в эжектор, а следовательно к перерасходу энергии на 5–7 %, а повышение температуры конденсации на 1 °C приведет к увеличению расхода энергии на 7,0–10,0 % [24, 25].

Заключение

Предлагаемая теплонасосная технология расширяет границы энергоэффективного сопряжения объектов различных температурных потенциалов на основе утилизации и рекуперации вторичных энергоресурсов. При этом в полной мере реализован универсальный подход в создании конкурентоспособной технологии, обеспечивающей выработку тепла и холода для совместно протекающих процессов в производстве хлебобулочных изделий.

Таким образом, предлагаемая теплонасосная технология имеет следующие преимущества по сравнению с традиционными;

- повышает надежность функционирования технологической системы благодаря использованию парожеткторного теплового насоса;
- создает экологически безопасные условия реализации способа за счет применения воды в качестве хладагента, исключая использование токсичных, взрыво- и пожароопасных рабочих сред, а также за счет организации замкнутых рециркуляционных схем по материальным и

энергетическим потокам со значительным снижением отвода вторичных энергоресурсов из схемы тепло-и холодоснабжения;

- в отсутствии парогенератора в качестве высокопотенциального пара может быть использован водяной пар с давлением 0,05–0,06 МПа, благодаря чему достигается экономия электроэнергии, которая расходуется только на работу органов управления и насосов высокого давления при подаче пара в эжектор;

- при отсутствии источников вторичного тепла в условиях децентрализованных систем теплоснабжения, когда тепловая энергия генерируется непосредственно на объекте производства хлебобулочных изделий применение ПЭТН создает реальные условия утилизации пара низкого давления, в частности, бросового тепла газотурбинных установок и котельных агрегатов и, как следствие, позволяет эффективно решать задачи энергосбережения;

- позволяет снизить удельные энергозатраты на 5–10 % за счет рационального использования вторичных энергоисточников.

Литература

- 1 Закиров Д.Г., Рыбин А.А. Использование низкопотенциальной теплоты. М.: РУСАЙНС, 2017. 158 с. doi: 10.15216/978–5–4365–0996–9
- 2 Миронова Н.В., Елистратов С.Л., Овчинников Ю.В., Томилов В.Г. Повышение термодинамической эффективности рабочих циклов пароконпресссионных тепловых насосов // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. 2018. № 2 (71). С. 143–156.
- 3 Закиров Д.Г. и др. Разработка и внедрение технологий использования низкопотенциального тепла тепловыми насосами // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2018. Т. 94. № 1. С. 85–90.
- 4 Richard P. et. al. Upscaling a district heating system based on biogas cogeneration and heat pumps // Energy, sustainability and society. 2015. № 5 (16). doi: 10.1186/s13705–015–0044-x
- 5 Tuth R., Fischer D., Wille-Haussmann B., Wittwer C. Balancing fluctuating renewable energy generation using cogeneration and heat pump systems // Energy technology. 2014. № 2 (1). P. 83–89. doi: 10.1002/ente.201300082
- 6 Vivian J., Emmi G., Zarrella A., Jobard X. et al. Evaluating the Cost of Heat for End Users in Ultra Low Temperature District Heating Networks with Booster Heat Pumps // Energy. 2018. V. 153. P. 788–800. doi: 10.1016/j.energy.2018.04.081
- 7 Sayegh M.A., Jadwiszczak P., Axcell B.P., Niemierka E. Heat Pump Placement, Connection and Operational Modes in European District Heating // Energy and Buildings. 2018. V. 166. P. 122–144. doi: 10.1016/j.enbuild.2018.02.006
- 8 Курнакова Н.Ю., Нуждин А.В., Волхонский А.А. О возможности повышения энергоэффективности тепловой схемы ТЭС с применением теплового насоса // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т. 22. № 7. С. 114–122.
- 9 Мацевитый Ю.М., Чиркин Н.Б., Кузнецов М.А. Термозкономический анализ теплонасосной системы теплоснабжения // Проблемы машиностроения. 2010. Т. 13. № 1. С. 42–51.
- 10 Deng J., Wei Q., Liang M., He S. et al. Does heat pumps perform energy efficiently as we expected: field tests and evaluations on various kinds of heat pump systems for space heating // Energy and Buildings. 2019. V. 182. P. 172–186. doi: 10.1016/j.enbuild.2018.10.014
- 11 Sayegh M.A., Jadwiszczak P., Axcell B.P., Niemierka E. et al. Heat pump placement, connection and operational modes in european district heating // Energy and Buildings. 2018. V. 166. P. 122–144. doi: 10.1016/j.enbuild.2018.02.006
- 12 Vivian J., Emmi G., Zarrella A., Jobard X. et al. Evaluating the cost of heat for end users in ultra low temperature district heating networks with booster heat pumps // Energy. 2018. V. 153. P. 788–800. doi: 10.1016/j.energy.2018.04.081
- 13 Романов А.С., Ильина О.А., Иунихина В.С., Краус С.В. Хлеб и хлебобулочные изделия. Сырье, технологии, ассортимент. М.: ДеЛи плюс, 2016. 539 с.
- 14 Пономарева Е.И., Лукина С.И., Алехина Н.Н., Малютин Т.Н. и др. Практикум по технологии отрасли (технология хлебобулочных изделий). СПб.: Издательство «Лань», 2021. 316 с.
- 15 Чижикова О.Г., Коршенко Л.О. Технология производства хлеба и хлебобулочных изделий. Москва: Издательство Юрайт, 2021. 448 с.
- 16 Коршенко Л.О., Чижикова О.Г. Технология производства хлеба и хлебобулочных изделий. Москва: Издательство Юрайт, 2019. 178 с.
- 17 Гаранина В.В. Основные тенденции развития хлебопекарной отрасли в современных условиях // Молодой ученый. 2018. № 50 (236). С. 122–123. URL: <https://moluch.ru/archive/236/54848/>

18 Дзино А.А., Малинина О.С. Методики расчетов термодинамических циклов парокomppressorных тепловых насосов и абсорбционных термотрансформаторов. Санкт-Петербург: Университет ИТМО. 2018.

19 Пат. № 2613283, RU, A21D 8/00. Способ производства хлебобулочных изделий / Чертов Е.Д., Чешинский В.Л., Магомедов Г.О., Шевцов А.А., Пономарева Е.И., Одинцова А.В. Заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. универ. инженерных технол. № 2016106015; Заявл. 22.02.2016; Оpubл. 15.03.2017, Бюл. № 8.

20 Остриков А.Н., Шевцов А.А., Тertychnaya Т.Н., Сердюкова Н.А. Технология получения гранул из шрота семян рапса с использованием двухступенчатого каскадного парокomppressorного теплового насоса // Хранение и переработка сельхозсырья. 2021. № 3. С. 22–30.

21 Шевцов А.А., Бунин Е.С., Ткач В.В., Сердюкова Н.А. и др. Эффективное внедрение парокomppressorного теплового насоса в линию комплексной переработки семян масличных культур // Хранение и переработка сельхозсырья. 2018. № 1. С. 60–64.

22 Shevtsov A.A., Tertychnaya T.N., Serdyukova N.A., Tkach V.V. Energy-efficient and environmentally friendly technology for producing fatty acid esters // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2021. V. 640. №. 4. P. 042008. doi:10.1088/1755-1315/640/4/042008

23 Шевцов А.А., Тertychnaya Т.Н., Ткач В.В., Сердюкова Н.А. Энергосберегающая технология выделения белоксодержащих фракций из масличных семян с применением парожекторного теплового насоса // Вестник ВГУИТ. 2019. № 2. С. 35–40. doi: 10.20914/2310-1202-2019-2-35-40

24 Марышев А.Ю. и др. Расчет переохладителя теплового насоса вакуум-выпарной установки // Передовые достижения науки в молочной отрасли. 2019. С. 67-73.

25 Мотин В.В., Стефанова В.А., Фесков О.А. Теплообменные аппараты в холодильных машинах (конструкция и расчет). М.: Фронтера, 2017. 170 с.

References

1 Zakirov D.G., Rybin A.A. Use of low-grade heat. Moscow, RUSAYNS, 2017. 158 p. doi: 10.15216/978-5-4365-0996-9 (in Russian).

2 Mironova N.V., Elistratov S.L., Ovchinnikov Yu.V., Tomilov V.G. Increasing the thermodynamic efficiency of working cycles of vapor compression heat pumps. Scientific Bulletin of the Novosibirsk State Technical University. 2018. no. 2 (71). pp. 143-156. (in Russian).

3 Zakirov D.G. et al. Development and implementation of technologies for the use of low-grade heat by heat pumps. Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products. 2018. vol. 94. no. 1. pp. 85–90. (in Russian).

4 Richard P. et. al. Upscaling a district heating system based on biogas cogeneration and heat pumps. Energy, sustainability and society. 2015. no. 5 (16). doi: 10.1186/s13705-015-0044 x

5 Tuth R., Fischer D., Wille-Haussmann B., Wittwer C. Balancing fluctuating renewable energy generation using cogeneration and heat pump systems. Energy technology. 2014. no. 2 (1). pp. 83–89. doi: 10.1002/ente.201300082

6 Vivian J., Emmi G., Zarrella A., Jobard X. et al. Evaluating the Cost of Heat for End Users in Ultra Low Temperature District Heating Networks with Booster Heat Pumps. Energy. 2018. vol. 153. pp. 788–800. doi: 10.1016/j.energy.2018.04.081

7 Sayegh M.A., Jadwiszczak P., Axcell B.P., Niemierka E. Heat Pump Placement, Connection and Operational Modes in European District Heating. Energy and Buildings. 2018. vol. 166. pp. 122–144. doi: 10.1016/j.enbuild.2018.02.006

8 Kurnakova N.Yu., Nuzhdin A.V., Volkhonsky A.A. On the possibility of increasing the energy efficiency of the thermal circuit of a TPP with the use of a heat pump. Bulletin of the Irkutsk State Technical University. 2018. vol. 22. no. 7. pp. 114–122. (in Russian).

9 Matsevity Yu.M., Chirkin N.B., Kuznetsov M.A. Thermoeconomic analysis of the heat pump system of heat supply. Problems of mechanical engineering. 2010. vol. 13. no. 1. pp. 42–51. (in Russian).

10 Deng J., Wei Q., Liang M., He S. et al. Does heat pumps perform energy efficiently as we expected: field tests and evaluations on various kinds of heat pump systems for space heating. Energy and Buildings. 2019. vol. 182. pp. 172–186. doi: 10.1016/j.enbuild.2018.10.014

11 Sayegh M.A., Jadwiszczaka P., Axcellb B.P., Niemierkaa E. et al. Heat pump placement, connection and operational modes in european district heating. Energy and Buildings. 2018. vol. 166. pp. 122–144. doi: 10.1016/j.enbuild.2018.02.006

12 Vivian J., Emmi G., Zarrella A., Jobard X. et al. Evaluating the cost of heat for end users in ultra low temperature district heating networks with booster heat pumps. Energy. 2018. vol. 153. pp. 788–800. doi: 10.1016/j.energy.2018.04.081

13 Romanov A.S., Ilyina O.A., Iunikhina V.S., Kraus S.V. Bread and bakery products. Raw materials, technologies, assortment. Moscow, DeLi plus, 2016. 539 p. (in Russian).

14 Ponomareva E.I., Lukina S.I., Alekhina N.N., Malyutina T.N. and others. Workshop on industry technology (technology of bakery products). SPb., Publishing house "Lan", 2021. 316 p. (in Russian).

15 Chizhikova O. G., Korshenko L. O. Bread and bakery production technology. Moscow, Yurayt Publishing House, 2021. 448 p. (in Russian).

16 Korshenko L.O., Chizhikova O.G. Bread and bakery production technology. Moscow, Yurayt Publishing House, 2019. 178 p. (in Russian).

17 Garanina V.V. The main trends in the development of the baking industry in modern conditions. Young scientist. 2018. no. 50 (236). pp. 122-123. Available at: <https://moluch.ru/archive/236/54848/> (in Russian).

18 Dзино А.А., Малинина О.С. Методы для расчета термодинамических циклов парокomppressorных тепловых насосов и абсорбционных термотрансформаторов. СПб., ИТМО Университет. 2018. (in Russian).

19 Chertov E.D., Cheshinsky V.L., Magomedov G.O., Shevtsov A.A. et al. Method for the production of bakery products Patent RF, no. 2613283, 2017.

20 Ostrikov A.N., Shevtsov A.A., Tertychnaya T.N., Serdyukova N.A. Technology of obtaining granules from rapeseed meal using a two-stage cascade vapor compression heat pump. Storage and processing of agricultural raw materials. 2021. no. 3. pp. 22–30. (in Russian).

21 Shevtsov A.A., Bunin E.S., Tkach V.V., Serdyukova N.A. et al. Effective introduction of a vapor compression heat pump in the line of complex processing of oilseeds. Storage and processing of agricultural raw materials. 2018. no. 1. pp. 60–64. (in Russian).

22 Shevtsov A.A., Tertychnaya T.N., Serdyukova N.A., Tkach V.V. Energy-efficient and environmentally friendly technology for producing fatty acid esters. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2021. vol. 640. no. 4. pp. 042008. doi: 10.1088/1755-1315 / 640/4/042008 (in Russian).

23 Shevtsov A.A., Tertychnaya T.N., Tkach V.V., Serdyukova N.A. Energy-saving technology for the extraction of protein-containing fractions from oil seeds using a steam jet heat pump. Proceedings of VSUET. 2019. no. 2. pp. 35–40. doi: 10.20914/2310-1202-2019-2-35-40 (in Russian).

24 Maryshev A.Yu. et al. Calculation of the subcooler of the heat pump of a vacuum-evaporator installation. Advances in science in the dairy industry. 2019. pp. 67-73. (in Russian).

25 Motin V.V., Stefanova V.A., Feskov O.A. Heat exchangers in refrigeration machines (design and calculation). Moscow, Frantera, 2017. 170 p. (in Russian).

Сведения об авторах

Алексей В. Дранников д.т.н., декан факультета пищевых машин и автоматов, профессор, кафедра 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>

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/0000-0001-5745-8301>

Елена И. Пономарева д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, elena6815@yandex
<https://orcid.org/0000-0003-2310-2838>

Никита В. Засыпкин аспирант, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, zvnkita24@gmail.com

Людмила В. Логунова к.т.н., ассистент, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, logunova.lyudmila@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5255-7551>

Вклад авторов

Алексей В. Дранников консультация в ходе исследования
Александр А. Шевцов обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты

Елена И. Пономарева консультация в ходе исследования

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

Людмила В. Логунова консультация в ходе исследования

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Alexey V. Drannikov Dr. Sci. (Engin.), dean of the faculty of food machines and automata, professor, machines and apparatuses of 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>

Alexander A. Shevtsov Dr. Sci. (Engin.), 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/0000-0001-5745-8301>

Elena I. Ponomareva Dr. Sci. (Engin.), professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, elena6815@yandex
<https://orcid.org/0000-0003-2310-2838>

Nikita V. Zasyepkin postgraduate student, machines and devices of food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, zvnkita24@gmail.com

Lyudmila V. Logunova Cand. Sci. (Engin.), assistant, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, logunova.lyudmila@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5255-7551>

Contribution

Alexey V. Drannikov consultation during the study

Alexander A. Shevtsov review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Elena I. Ponomareva consultation during the study

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

Lyudmila V. Logunova consultation during the study

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 21/07/2021	После редакции 11/08/2021	Принята в печать 02/09/2021
Received 21/07/2021	Accepted in revised 11/08/2021	Accepted 02/09/2021

Исследование кинетики сушки полидисперсных продуктов

Анатолий М. Попов	¹	popov4116@yandex.ru	 0000-0003-0728-7211
Константин Б. Плотников	¹	k.b.plotnikov.rf@gmail.com	 0000-0003-4145-0027
Юлия В. Устинова	¹	yul48888048@yandex.ru	 0000-0002-1649-889X
Роман В. Крюк	¹	roman.kryuk.94@mail.ru	 0000-0001-5884-8598
Ирина О. Плотникова	²	ermilova-io@mail.ru	 0000-0002-3808-0355

¹ Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия

² Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, ул. Марковцева, 5, г. Кемерово, 650056, Россия

Аннотация. В условиях высокой занятости населения применение многокомпонентных инстантированных напитков является обоснованной. Заключительной стадией производства таких продуктов является наиболее энергоемкий процесс сушки. С целью снижения энергоемкости данного вида процесса необходимо более глубокое изучение процесса удаления влаги из гранулированного инстантированного продукта питания. Наиболее часто для аппаратного оформления данного процесса используют барабанные сушилки. Интенсификация барабанных сушильных установок обеспечивается за счет более усовершенствованных конструкций насадок. При этом частицы большего размера должны находиться большее количество времени в контакте с сушильным агентом, это так же позволит получать продукт с равномерной влажностью по размеру частиц. В работе исследовался процесс сушки в барабанном виброагрегате с переводом дисперсного материала в управляемый сегрегированный поток. Температура сушильного агента была в пределах 45-65 °C, большие значения не принимались в силу того, что в продукте присутствовали термолабильные элементы. Результаты экспериментальных данных показали снижение времени процесса сушки гранулированного продукта в среднем на 23 %. Процесс протекает более эффективно как раз в первый период сушки, поскольку происходит более активный контакт фаз. Во второй период сушки большую роль играют геометрические формы высушиваемых тел, влажность материала, теплопроводность. Имеют также значение, хотя и меньшее, чем в первый период, скорость движения воздуха и его параметры. Анализ результатов исследований кинетики сушки позволил получить экспериментально статистическую модель для определения процесса сушки на второй стадии, пригодной для расчетной практики.

Ключевые слова: инстантированный напиток, гранулы, гранулирование, структурообразование, сегрегация, сушка

Study of the kinetics of drying polydisperse products

Anatoly M. Popov	¹	popov4116@yandex.ru	 0000-0003-0728-7211
Konstantin B. Plotnikov	¹	k.b.plotnikov.rf@gmail.com	 0000-0003-4145-0027
Yulia V. Ustinova	¹	yul48888048@yandex.ru	 0000-0002-1649-889X
Roman V. Kryuk	¹	roman.kryuk.94@mail.ru	 0000-0001-5884-8598
Irina O. Plotnikova	²	ermilova-io@mail.ru	 0000-0002-3808-0355

¹ Kemerovo State University, Krasnaya Str., 6 Kemerovo, 650000, Russia

² Kuzbass State Agricultural Academy, Markovtseva Str, 5 Kemerovo, 650056, Russia

Abstract. In conditions of high employment of the population, the use of multicomponent instantized drinks is reasonable. The final stage in the production of such foods is the most energy-intensive drying process. In order to reduce the energy intensity of this type of process, a deeper study of the process of removing moisture from a granular instantized food product is necessary. Drum dryers are most often used as the machinery to implement this process. The drum dryers are intensified with more advanced designs of the headers. In this case, larger particles must be in contact with the drying agent for a longer amount of time, this will also allow obtaining a product with uniform moisture dispersion in particles of different sizes. The work studied the drying process in a drum vibration unit transferring the dispersed material into a controlled segregated flow. The temperature of the drying agent was in the range of 45-65 °C, no larger values were taken due to the fact that thermolabile elements were present in the product. The results of the experimental data showed a decrease in the time of the drying process of the granular product by an average of 23%. The process is more efficient just in the first period of drying, since a more active contact of the phases takes place. In the second period of drying, the geometric shapes of the bodies to be dried, the moisture of the material, and moisture conductivity play a more important part. The speed of air movement and its parameters are also important, although less than those in the first period. The analysis of the results of research on the kinetics of drying made it possible to obtain an experimental statistical model for determining the drying process at the second stage, suitable for computational practice. Key words: Instantized drink, granules, granulation, structure formation, segregation, drying.

Keywords: Instant drink, granules, granulation, structure formation, segregation, drying

Введение

На сегодняшний день существует проблема, связанная с высокой занятостью населения, в связи с этим не всегда создается возможность в использовании сбалансированного и правильного питания, поэтому актуальной задачей является применение многокомпонентных

инстантированных продуктов питания в рационе человека [1, 2]. Наиболее часто такие виды продуктов получают в виде гранул.

Применение растительного сырья для производства инстантированных продуктов является оправданным с точки зрения содержания необходимых микронутриентов для организма человека [3].

Для цитирования

Попов А.М., Плотников К.Б., Устинова Ю.В., Крюк Р.В., Плотникова И.О. Исследование кинетики сушки полидисперсных продуктов // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 30–37. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-30-37

For citation

Popov A.M., Plotnikov K.B., Ustinova Yu.V., Kryuk R.V., Plotnikova I.O. Study of the kinetics of drying polydisperse products. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 30–37. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-30-37

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

Особое место среди растительного сырья на территории юга Западной Сибири принадлежит плодово-ягодному сырью, так как ягодные культуры являются неприхотливыми, имеют высокую урожайность и пищевую ценность [4]. Так же исследования доказывают [5], что применение локаворства для населения, которое проживает на данной территории является оправданным [6].

Одним из завершающих стадий производства является процесс сушки. Удаление влаги очень энергоемкий процесс, при этом совершенствование процесса сушки и изучение его особенно на второй стадии является перспективным направлением [7]. Сушка дисперсных систем в барабанных грануляторах – сушилках нашло широкое распространение в промышленности, поскольку становится возможным проводить процесс гранулирования и сушки в одном агрегате. Совершенствованием данных аппаратов занимались многие отечественные и зарубежные ученые [8–12]. Преимуществами данного типа сушки является простота оборудования, стабильность работы и непрерывность процесса, однако на ряду с достоинствами, имеются следующие недостатки: при распылении связующего раствора в полость барабана, его мелкодисперсные частицы, а так же частицы несформированных гранул могут захватываться сушильным агентом и выноситься за пределы агрегата с последующей очисткой запыленного газа, что увеличивает затраты на газоочистку, вторым важным недостатком являются большие габаритные размеры установки [13–16].

Цель работы – снижение энергозатрат и совершенствование заключительной стадии производства (сушки) сухих инстантированных напитков с использованием плодово-ягодного сырья, что является актуальной задачей для обеспечения продовольственной безопасности РФ.

Материалы и методы

В качестве объекта исследований был выбран барабанный виброагрегат (Рисунок 1) новой конструкции [17].

Барабанный виброагрегат работает следующим образом – исходная смесь сыпучих компонентов поступает в барабанный виброгранулятор, где на нее накладывается вибрационное поле от вибровозбудителя вследствие чего смесь переводится в виброоживленное состояние и на ее поверхность подается связующий раствор. Перемещение гранул к выходному патрубку производится за счет

вибрационного воздействия, не сформированные гранулы перемещаются в обратном направлении и поднимаются в верхнюю часть машины ленточной мешалкой. Перемешивание материала осуществляется посредством лопастей, расположенных на поверхности мешалки.

Установка барабанный виброокатыватель-сушилка (БВО-С) работает следующим образом – под воздействием вибрационного поля, создаваемого вибровозбудителем дебалансового типа, сформированные гранулы перемещаются в сторону разгрузочного патрубка, так как барабан расположен под углом к горизонтальной поверхности.

Под воздействием вибрационного поля, дисперсный продукт переводился в виброоживленное состояние, в результате чего наблюдался процесс сегрегации гранул различного размера, но одинаковой плотности, т. е. крупные гранулы занимали верхнее положение, а мелкие обладающие меньшей энергией занимали нижнее положение, где они захватывались мешалкой и перемещались на лопастях прямоугольного сечения расположенных под углом в 45° по периферии внутренней поверхности корпуса, откуда ссыпались под действием сил тяжести.

Контакт теплоносителя и высушиваемого материала наблюдается в нижней части аппарата, а также в зоне снисходящего потока с лопастей мешалки. Перевод дисперсной среды в управляемый сегрегированный поток объясняется следующими факторами – так как мелкие частицы образуют более плотную укладку сушка этого материала усложняется низким градиентом температуры и миграции влаги, что так же затрудняет осуществление сушки крупных частиц, для обезвоживания которых требуется большее количество времени нахождения материала и сушильного агента в непосредственном контакте при конвективной сушке. Лопастей мешалки погружаются на заданную глубину в слой материала, захватывают мелкие гранулы и перемещают их вверх к зоне контакта с теплоносителем. После того как мелкие частицы ссыпаются с лопастей на поверхность материала, они перемещаются в нижнюю часть (под крупные гранулы) под действием вибрационного поля, затем цикл повторяется. При этом крупные частицы находятся в контакте с сушильным агентом практически постоянно. В результате вышесказанного, возможно, интенсифицировать процесс сушки на первой стадии, где происходит удаление влаги с поверхностных слоев обрабатываемого материала.

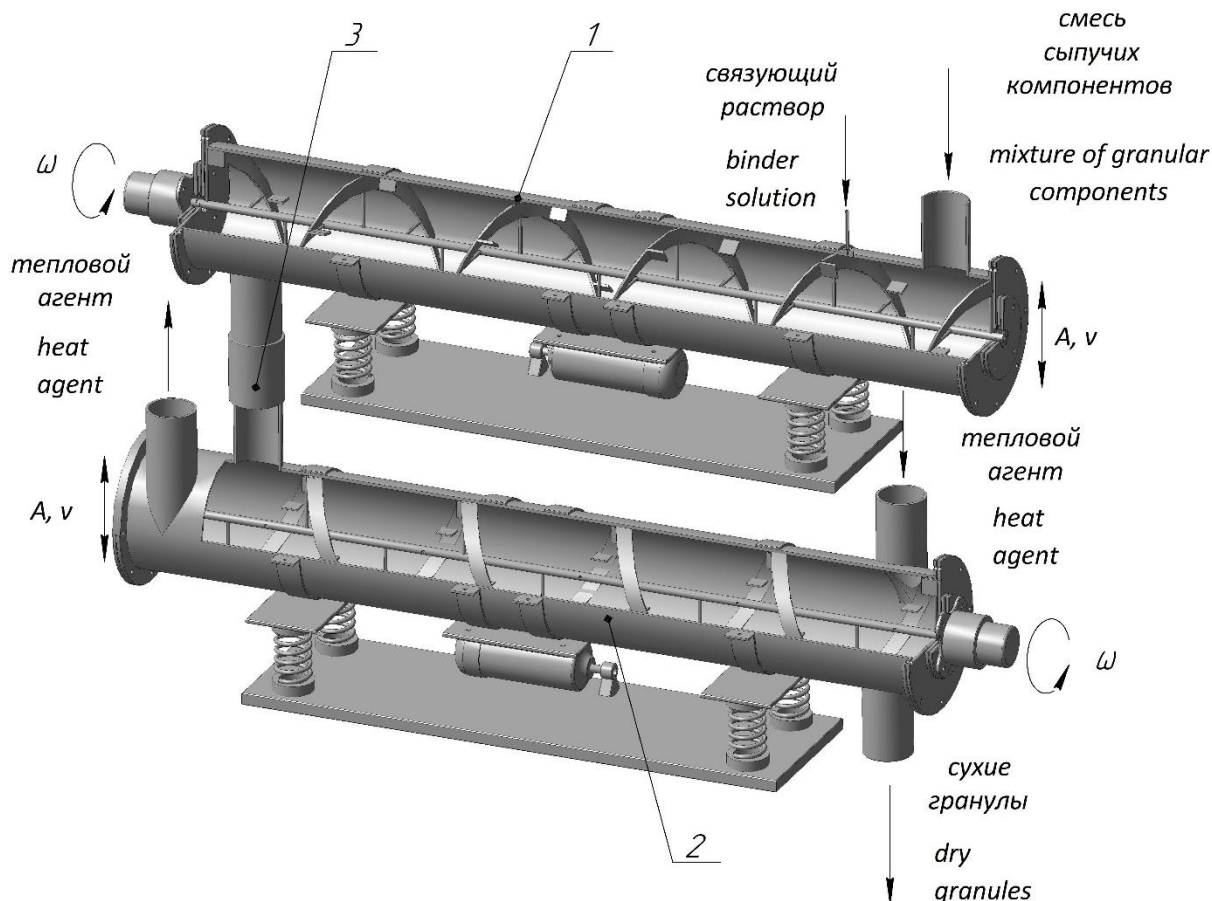


Рисунок 1. Барабанный виброагрегат: 1 – барабанный виброгранулятор; 2 – барабанный виброокатыватель-сушилка; 3 – эластичный рукав

Figure 1. Drum vibration unit: 1 – drum vibration granulator; 2 – drum vibrocoiler-dryer; 3 – elastic sleeve

Согласно литературным данным [18] перевод зернистого материала в псевдо или виброоживленное состояние позволяет увеличить коэффициент теплообмена при той же скорости движения газа в сушильном барабане. Коэффициент теплообмена при этом увеличивается за счет турбулизации пограничного слоя у нагретой поверхности в результате соударения частиц материала между собой [19]. Коэффициент теплообмена зависит от следующих факторов: гранулометрического состава дисперсной среды, толщины слоя высушиваемого материала, влажности сушильного агента и скорости его движения.

Для определения влияния различных факторов, на проведение процесса сушки гранулированного киселя из ягод жимолости на основе картофельного крахмала в барабанном агрегате, проводилась серия предварительных экспериментов на сегменте установки.

В процессе сушки, через заданные промежутки времени производилось взвешивание материала, после этого процесс продолжался. После определения поведения материала в процессе сушки на сегменте аппарата, был

произведен дробно-факторный эксперимент на экспериментальной установке, представленной на рисунке 1. Сушильный агент нагревался посредством трубчатых электронагревателей. На входном и выходном патрубках для сушильного агента были установлены сухой и влажный термометры, для определения влажности сушильного агента. Так же психометрический гигрометр был установлен в самой лаборатории при проведении эксперимента. При проведении процесса сушки на БВО-С после выхода установки на стабильный режим работы (время выхода устанавливалось на основе предварительных испытаний) производилась остановка процесса и отбор проб с последующим определением влажности продукта по длине аппарата. Перерасчет на время производился косвенным методом, согласно расчетов, представленных в работах [20].

Пробы гранул, отобранные в ходе эксперимента, подвергались взвешиванию на аналитических весах с точностью до 0,001 мг и подвергались высушиванию в эксикаторе до равновесной влажности.

Параметры проведения исследований находились в следующих пределах: амплитуда колебаний ($A = 0,5-1,5$, мм); частота колебаний ($\nu = 20-50$, Гц); частота вращения мешалки ($n = 1-9$, об/мин); угол наклона БВГ ($\alpha = 0,5-3$, °); скорость сушильного агента ($V = 1-3$, м/с); температура сушильного агента ($t = 45-65$, °C).

Результаты

Производство инстантированных киселей сопровождается сушкой последних на завершающих стадиях производства. Поскольку важнейшей составляющей конкурентоспособного производства является снижение себестоимости готовой продукции, следовательно, необходимо снижать затраты на производство, а так как процесс сушки при производстве гранулированного киселя является наиболее затратным, поэтому необходимо найти способы интенсификации процесса сушки, а также подобрать математическую модель описывающую процесс сушки с достаточной точностью для подбора рациональных параметров.

Интенсификация процесса сушки сводится к поиску решений, позволяющих более эффективно использовать объем сушильной камеры, что в конечном итоге также может привести к использованию сушилок меньших габаритов при той же производительности, а, следовательно, с меньшей металлоемкостью и меньшими капитальными и амортизационными затратами. Согласно литературным данным [14] объем рабочей зоны сушильного аппарата соответствует объему, который занимает влажный материал. Для интенсификации процесса необходимо стремиться к уменьшению размера частиц, а также к увеличению концентрации материала в газовой среде, что в конечном итоге приводит к увеличению поверхности контакта фаз. Так же интенсификация процесса происходит за счет увеличения относительной скорости дисперсной и газовой фаз и движущую силу процесса.

При разработке новых подходов стремятся к достижению всех перечисленных способов интенсификации процесса, однако это не всегда оказывается возможным, поскольку зачастую (как и в нашем случае) сушке подвергается материал заданного гранулометрического состава, и измельчение его недопустимо, увеличение скорости сушильного агента, так же ограничивается величиной пылеуноса.

Совершенствование барабанных сушильных установок обеспечивается за счет более усовершенствованных конструкций насадок. В работе [16] приведены расчеты эффективности насадок. При этом в работе указывается, что

более эффективно процесс сушки протекает при условии, что частицы большего размера должны находиться большее количество времени в контакте с сушильным агентом, это так же позволит получать продукт с равномерной влажностью по размеру частиц.

В барабанных сушилках сушильный агент по отношению к дисперсной фазе, находящейся на лопатках насадки, стенках барабана движется параллельно прямо- или противотоком, а для материала, ссыпающегося с лопастей осуществляется локальный перекрестный ток сквозной продувкой газа.

Рассчитать барабанную сушилку через межфазные коэффициенты тепло- и массообмена практически невозможно, поскольку структура взвешенного слоя такова, что материал большую часть времени пребывает в зоне сушки находится в плотном слое и частицы омываются сушильным агентом кратковременно, лишь в момент пересыпания их с насадки на насадку. Напряжение сушилки по испарившейся влаге принимают, исходя из опытных данных, полученных сначала на экспериментальной (лабораторной) установке, а затем на пилотной (масштабной) установке. В связи с этим расчет таких сушилок ведут по экспериментально найденным данным по кинетике сушки и напряжению поверхности нагрева. Так же расчет данного предлагаемого агрегата затруднен еще и с той точки зрения, что в нем протекает еще процесс доокатывания и истирания после процесса гранулирования в барабанном виброгрануляторе.

На рисунке 2, 3 представлены кривые сушки и скорости сушки гранул инстантированного киселя из ягод жимолости и нативного картофельного крахмала.

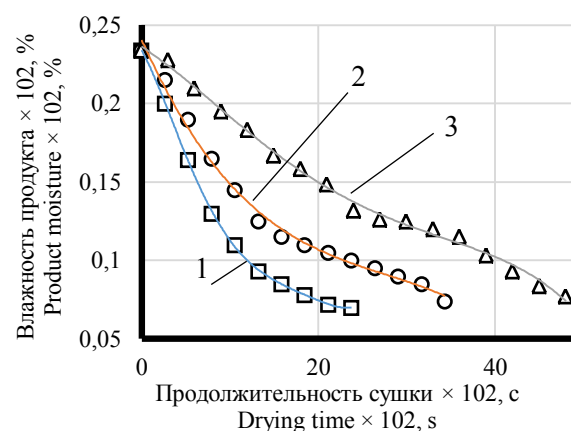


Рисунок 2. Кривые сушки ($V = 3$, м/с; $\nu = 20$ Гц; $n = 5$ мин⁻¹; $A = 0,5$ мм): 1 – $t = 65$ °C; 2 – $t = 55$ °C; 3 – $t = 45$ °C

Figure 2. Drying curves ($V = 3$, m/s; $\nu = 20$ Hz; $n = 5$ rpm; $A = 0.5$ mm): 1 – $t = 65$ °C; 2 – $t = 55$ °C; 3 – $t = 45$ °C

Из представленных графиков видны ярко выраженные периоды сушки, при этом в первый период при котором происходит удаление свободной влаги с поверхности гранул заметна большая разница в процессе сушки, который протекает более интенсивно при повышенной температуре.

Согласно представленным данным, а также литературным источникам определяющими факторами в первый период сушки являются параметры сушильного агента, а скорость диффузии влаги внутри материала не определяет интенсивности испарения.

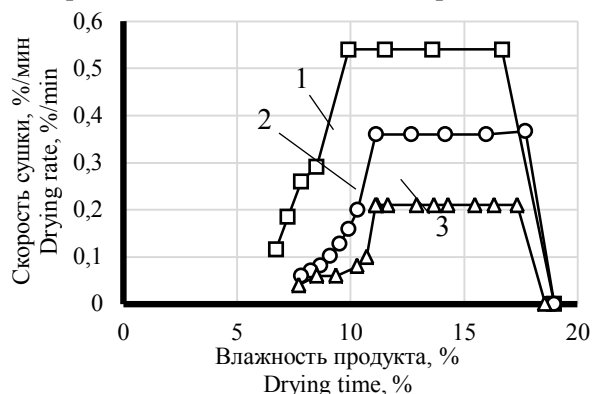


Рисунок 3. Кривые скорости сушки ($V = 3$, м/с; $\nu = 20$ Гц; $n = 5$ мин⁻¹; $A = 0,5$ мм): 1 – $t = 65$ °C; 2 – $t = 55$ °C; 3 – $t = 45$ °C

Figure 3. Drying rate curves ($V = 3$, m/s; $\nu = 20$ Hz; $n = 5$ rpm; $A = 0.5$ mm): 1 – $t = 65$ °C; 2 – $t = 55$ °C; 3 – $t = 45$ °C

Обработка полученных данных в ходе эксперимента позволила сделать вывод, что частота и амплитуда колебаний не создавали ощутимой разности. Этот факт связан с тем, что продукт с данными показателями вибро-возбудителя переводился в виброожиженное состояние, а не виброкипящее, т. е. при различных этих параметрах (частота и амплитуда) возникали управляемые сегрегированные потоки, поэтому их необходимо учитывать только для процесса окатывания и пылеуноса. Для сравнения этого эффекта были произведены серии экспериментов в барабанных сушилках с аналогичными насадками с целью проверки эффективности предложенной схемы. На рисунке 4 представлены результаты экспериментальных данных по сушке гранул в барабанных сушилках (линии представлены пунктиром).

Из графика видно, что процесс протекает более эффективно как раз в первый период сушки, поскольку происходит более активный контакт фаз. При этом более крупные частицы находятся большее количество времени в контакте с сушильным агентом. Анализируя вышесказанное, можно сделать вывод, что применение управляемых сегрегированных потоков

при сушке дисперсных систем разного гранулометрического состава позволяет проводить более эффективно процесс сушки.

На рисунке 5 представлены результаты проведения эксперимента входе которого было определено влияние начальной влажности гранул на процесс сушки, результаты которого могут помочь в расчете экономической эффективности и выборе рецептуры с целью минимизации затрат на производство и повышения ценности продукта.

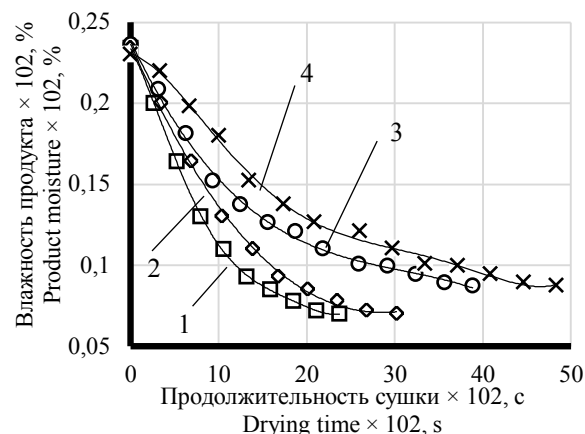


Рисунок 4. Кривые сушки ($t = 65$ °C; $\nu = 20$ Гц; $n = 5$ мин⁻¹; $A = 0,5$ мм): 1 – $V = 2$, м/с; 2 – $V = 3$, м/с; 3 – $V = 2$, м/с; 4 – $V = 3$, м/с

Figure 4. Drying curves ($t = 65$ °C; $\nu = 20$ Hz; $n = 5$ rpm; $A = 0.5$ mm): 1 – $V = 2$, m/s; 2 – $V = 3$, m/s; 3 – $V = 2$, m/s; 4 – $V = 3$, m/s

Поскольку в качестве связующего раствора при производстве гранулированных киселей используется упаренный концентрированный экстракт ягоды, следовательно, необходимо проводить расчет эффективности в сравнении выпаривания и сушки.

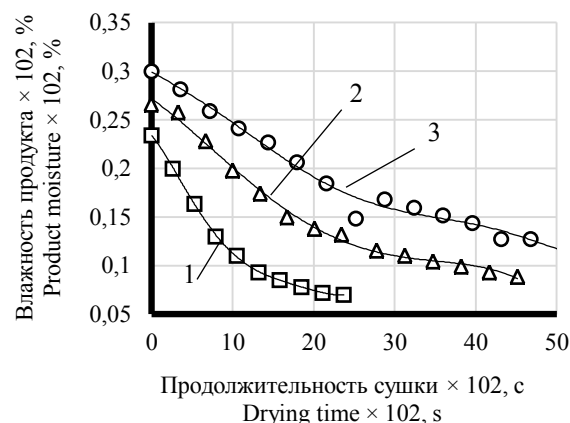


Рисунок 5. Кривые сушки ($t = 65$ °C; $\nu = 20$ Гц; $n = 5$ мин⁻¹; $A = 0,5$ мм; $V = 3$ м/с): 1 – $W = 19$, %; 2 – $W = 22$, %; 3 – $W = 25$, %

Figure 5. Drying curves ($t = 65$ °C; $\nu = 20$ Hz; $n = 5$ rpm; $A = 0.5$ mm; $V = 3$, m/s): 1 – $W = 19$, %; 2 – $W = 22$, %; 3 – $W = 25$, %

Влияние режимных параметров на процесс сушки гранул в первый период с достаточной точностью можно описать с помощью уравнений тепломассопереноса. Для второго периода закономерности кинетики сушки носят более сложный характер за счет удаления связанной влаги. В этот период происходит превышение давления чистой воды над парциальным давлением водяных паров на поверхности материала при одинаковой температуре. Во втором периоде давление водяного пара является функцией влажности и температуры на поверхности материала. Скорость сушки при этом зависит не только от диффузии влаги в окружающий воздух, но также от влагопроводности материала.

Эмпирические кривые сушки носят экспоненциальный характер и к концу процесса сушки асимптотически приближаются к установившемуся значению равновесной влажности W_p . Поэтому в качестве аппроксимирующей функции было использовано уравнение А.В. Лыкова соответственно для второго периода сушки:

$$\frac{W - W_p}{W_H - W_p} = \exp(-k \cdot t^a \cdot V^b \cdot n^c \cdot \tau) \quad (1)$$

где W – влагосодержание материала; W_p – равновесное влагосодержание; k, a, b, c – параметры модели, τ – время, с.

С целью определения параметров модели k, a, b, c была произведена обработка экспериментальных данных с использованием метода средних [18]. В результате обработки эмпирических данных были определены следующие значения параметров модели: $k = -8,331$; $a = 5$; $b = 2$; $c = -1$, по параметрам которых можно судить о степени влияния соответственно параметров процесса на величину W , при этом формула (1) примет следующий вид:

$$\frac{W - W_p}{W_H - W_p} = \exp(-8,331 \cdot t^5 \cdot V^2 \cdot n^{-1} \cdot \tau) \quad (2)$$

Обсуждение

Таким образом, во второй период сушки большую роль играют геометрические формы высушиваемых тел, влажность материала, влагопроводность его. Имеют также значение, хотя и меньшее, чем в первый период, скорость движения воздуха и его параметры. Анализ результатов исследований кинетики сушки позволил получить экспериментально статистическую модель для определения процесса сушки на второй стадии, пригодной для расчетной практики.

Анализируя полученные данные и сравнивая их с аналогичными исследованиями в барабанных сушилках (рисунок 4) можно судить о повышении эффективности процесса влагоудаления в аппарате новой конструкции в условиях управляемых сегрегированных потоков за счет более развитой поверхности контакта фаз.

Заключение

В результате проведенных серий экспериментов и обработки полученных результатов были получены кривые сушки и скорости сушки гранулированного инстантированного продукта питания. Проведенный сравнительный анализ полученных данных свидетельствует о перспективности использования управляемых сегрегированных потоков в процессах структурообразования и сушки полидисперсных продуктов за счет более развитой поверхности контакта продукта с теплоносителем. Однако, нужно учитывать тот факт, что наложение вибраций также приводит к появлению мелкой фракции по мере высыхания гранул. Поэтому дальнейшие исследования будут направлены на комплексный экономический анализ в совокупности с системой двухступенчатой газоочистки и возвращением уловленного продуктов в зону грануляции в сравнении с аналогичными установками.

Литература

- 1 Латков Н.Ю., Латков Н.Ю., Кошеле Ю.А., Вековцев А.А. и др. Теоретические позиции современного спортивного питания и их практическая реализация // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2017. Т. 5. №4. С. 82–92.
- 2 De Simone V., Caccavo D., Lamberti G., d'Amore M. et al. Wet-granulation process: phenomenological analysis and process parameters optimization // Powder Technology. 2018. V. 340. P. 411–419.
- 3 Popov A.M., Plotnikov K.B., Donya D.V. Determination of dependence between thermophysical properties and structural and phase characteristics of moist materials // Foods and raw materials. 2017. V. 5. №. 1. P. 137–143.
- 4 Prosekov A.Yu., Ivanova S.A. Providing food security in the existing tendencies of population growth and political and economic instability in the world // Foods and Raw Materials. 2016. V. 4. №. 2. P. 201–211.
- 5 Veronica N., Goh H.P., Kang, C.Y.X., Liew C.V. et al. Influence of spray nozzle aperture during high shear wet granulation on granule properties and its compression attributes // International Journal of Pharmaceutics. 2018. V. 553. P. 474–482.
- 6 Латков Н.Ю., Латков Н.Ю., Вековцев А.А., Никитюк Д.Б. и др. Специализированный продукт спортивного питания антиоксидантной направленности // Человек. Спорт. Медицина. 2018. Т. 18. №5. С. 125–134

- 7 Guo L., Tao H.T., Cui B., Janaswamy S. The effects of sequential enzyme modifications on structural and physicochemical properties of sweet potato starch granules // *Food chemistry*. 2019. V. 277. P. 504–514.
- 8 Yuan Q., Gong H., Xi H., Xu H. et al. Strategies to improve aerobic granular sludge stability and nitrogen removal based on feeding mode and substrate // *Journal of environmental sciences*. 2019. V. 84. P. 144–154.
- 9 De Simone V., Lamberti G., Caccavo D., Dalmoro A. et al. HPMC granules by wet granulation process: effect of vitamin load on physicochemical, mechanical and release properties // *Carbohydrate Polymers*. 2018. V. 181. P. 939–947.
- 10 Palis S. Control induced instabilities in fluidized bed spray granulation // *Journal of process control*. 2020. V. 93. P. 97–104.
- 11 Talybly I.A., Samedzade G.M., Masyeva L.F., Mammadov A.N. et al. Modeling the process of granulation of dusty-type clay with dipper method on a pelletizing granulator // *Kimya problemleri*. 2020. V. 18. № 1. P. 68–77. doi: 10.32737/2221–8688–2020–1–68–77
- 12 Krmela J., Artyukhova N., Artyukhov A. Investigation of the convection drying process in a multistage apparatus with a differential thermal regime // *Manufacturing technology*. 2020. V. 20. № 4. P. 468–473. doi: 10.21062/mft.2020.062.
- 13 Majzoobi M., Farahnaky A. Granular cold-water swelling starch; properties, preparation and applications, a review // *Food hydrocolloids*. 2021. V. 111. 106393.
- 14 Овчинников Л.Н., Медведев С.И. Исследование тепломассообмена при конвективной сушке гранул органоминерального удобрения в плотном слое // *Известия высших учебных заведений. Серия: химия и химическая технология*. 2019. Т. 62. № 6. С. 91–97. doi: 10.6060/ivkkt.20196206.5874
- 15 Нугманова А.А., Алексанян И.Ю., Нугманов А.Х., Максименко Ю.А. и др. Обоснование рационального метода сушки гранул в кипящем слое и гидродинамического режима их взаимодействия с оживающим агентом // *Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета*. 2021. Т. 24. № 3. С. 287–298. doi: 10.21443/1560–9278–2021–24–3–287–298
- 16 Soares G.S., Tuchtenhagen S.N., Pinto L.A., Felipe C.A.S. Monitoring of the fluidized bed particle drying process by temperature and pressure drop measurements // *Drying technology*. 2021. P. 1–13. doi: 10.1080/07373937.2021.1894439
- 17 Пат. № 2693772 МПК B01J 2/18 Барабанный виброгранулятор / Попов А.М., Плотникова И.О., Плотников К.Б., Дonya Д.В., Коняев А.В.; заявитель и патентообладатель: КемГУ. № 2017145262; Заявл. 21.12.2017; Оpubл. 04.07.2019, Бюл. № 19.
- 18 Levchenko D., Manzharov A., Artyukhov A., Artyukhova N. et al. Comparative exergy analysis of units for the porous ammonium nitrate granulation // *Energies*. 2021. V. 14. № 2. P. 280.
- 19 Cheng S., Su W., Yuan L., Tan M. Recent developments of drying techniques for aquatic products: with emphasis on drying process monitoring with innovative methods // *Drying technology*. 2021. P. 1–18. doi: 10.1080/07373937.2021.1895205.
- 20 He S.Y., Gan J.Q., Yu A.B., Zhou Z.Y. et al. Radial segregation of binary-sized ellipsoids in a rotating drum // *Powder technology*. 2019. V. 354. doi: 10.1016/j.powtec.2019.08.075.

References

- 1 Latkov N.Yu., Latkov N.Yu., Koshele Yu.A., Vekovtsev A.A. et al. Theoretical positions of modern sports nutrition and their practical implementation. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*. 2017. vol. 5. no. 4. pp. 82–92. (in Russian).
- 2 De Simone V., Caccavo D., Lamberti G., d'Amore M. et al. Wet-granulation process: phenomenological analysis and process parameters optimization. *Powder Technology*. 2018. vol. 340. pp. 411–419.
- 3 Popov A.M., Plotnikov K.B., Donya D.V. Determination of dependence between thermophysical properties and structural and phase characteristics of moist materials. *Foods and raw materials*. 2017. vol. 5. no. 1. pp. 137–143.
- 4 Prosekov A. Yu., Ivanova S.A. Providing food security in the existing tendencies of population growth and political and economic instability in the world. *Foods and Raw Materials*. 2016. vol. 4. no. 2. pp. 201–211.
- 5 Veronica N., Goh H.P., Kang, C.Y.X., Liew C.V. et al. Influence of spray nozzle aperture during high shear wet granulation on granule properties and its compression attributes. *International Journal of Pharmaceutics*. 2018. vol. 553. pp. 474–482.
- 6 Latkov N.Yu., Latkov N.Yu., Vekovtsev A.A., Nikityuk D.B. et al. A specialized product of antioxidant sports nutrition. *Man. Sport. Medicine*. 2018. vol. 18. no. 5. pp. 125–134. (in Russian).
- 7 Guo L., Tao H.T., Cui B., Janaswamy S. The effects of sequential enzyme modifications on structural and physicochemical properties of sweet potato starch granules. *Food chemistry*. 2019. vol. 277. pp. 504–514.
- 8 Yuan Q., Gong H., Xi H., Xu H. et al. Strategies to improve aerobic granular sludge stability and nitrogen removal based on feeding mode and substrate. *Journal of environmental sciences*. 2019. vol. 84. pp. 144–154.
- 9 De Simone V., Lamberti G., Caccavo D., Dalmoro A. et al. HPMC granules by wet granulation process: effect of vitamin load on physicochemical, mechanical and release properties. *Carbohydrate Polymers*. 2018. vol. 181. pp. 939–947.
- 10 Palis S. Control induced instabilities in fluidized bed spray granulation. *Journal of process control*. 2020. vol. 93. pp. 97–104.
- 11 Talybly I.A., Samedzade G.M., Masyeva L.F., Mammadov A.N. et al. Modeling the process of granulation of dusty-type clay with dipper method on a pelletizing granulator. *Kimya problemleri*. 2020. vol. 18. no. 1. pp. 68–77. doi: 10.32737/2221–8688–2020–1–68–77
- 12 Krmela J., Artyukhova N., Artyukhov A. Investigation of the convection drying process in a multistage apparatus with a differential thermal regime. *Manufacturing technology*. 2020. vol. 20. no. 4. pp. 468–473. doi: 10.21062/mft.2020.062
- 13 Majzoobi M., Farahnaky A. Granular cold-water swelling starch; properties, preparation and applications, a review. *Food hydrocolloids*. 2021. vol. 111. 106393.
- 14 Ovchinnikov L.N., Medvedev S.I. Investigation of heat and mass transfer during convective drying of organomineral fertilizer granules in a dense layer. *News of higher educational institutions. Series: chemistry and chemical technology*. 2019. vol. 62. no. 6. pp. 91–97. doi: 10.6060 / ivkkt.20196206.5874. (in Russian).

- 15 Nugmanova A.A., Aleksanyan I.Yu., Nugmanov A.Kh., Maksimenko Yu.A. et al. Substantiation of a rational method for drying granules in a fluidized bed and the hydrodynamic regime of their interaction with a fluidizing agent. Vestnik MSTU. Proceedings of the Murmansk State Technical University. 2021. vol. 24. no. 3. pp. 287–298. doi: 10.21443 / 1560–9278–2021–24–3–287–298. (in Russian).
- 16 Soares G.S., Tuchtenhagen S.N., Pinto L.A., Felipe C.A.S. Monitoring of the fluidized bed particle drying process by temperature and pressure drop measurements. Drying technology. 2021. pp. 1–13. doi: 10.1080/07373937.2021.1894439.
- 17 Popov A.M., Plotnikova I.O., Plotnikov K.B., Donya D.V. et al. Drum vibratory granulator. Patent RF, no. 2693772, 2017.
- 18 Levchenko D., Manzharov A., Artyukhov A., Artyukhova N. et al. Comparative exergy analysis of units for the porous ammonium nitrate granulation. Energies. 2021. vol. 14. no. 2. pp. 280.
- 19 Cheng S., Su W., Yuan L., Tan M. Recent developments of drying techniques for aquatic products: with emphasis on drying process monitoring with innovative methods. Drying technology. 2021. pp. 1–18. doi: 10.1080/07373937.2021.1895205
- 20 He S.Y., Gan J.Q., Yu A.B., Zhou Z.Y. et al. Radial segregation of binary-sized ellipsoids in a rotating drum. Powder technology. 2019. vol. 354. doi: 10.1016/j.powtec.2019.08.075

Сведения об авторах

Анатолий М. Попов д.т.н., профессор, кафедра мехатроники и автоматизации технологических систем, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия, popov4116@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0728-7211>

Константин Б. Плотников к.т.н., доцент, кафедра мехатроники и автоматизации технологических систем, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия, k.b.plotnikov.rf@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4145-0027>

Юлия В. Устинова к.т.н., доцент, кафедра управления качеством, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия, yul48888048@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1649-889X>

Роман В. Крюк ассистент, кафедра технология продуктов питания животного происхождения, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия, roman.kryuk.94@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5884-8598>

Ирина О. Плотникова старший преподаватель, кафедра агроинженерии, Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, ул. Марковцева, 5, г. Кемерово, 650056, Россия, ermilova-io@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3808-0355>

Вклад авторов

Анатолий М. Попов обзор литературных источников по исследуемой проблеме
Константин Б. Плотников написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат,
Юлия В. Устинова, Роман В. Крюк консультация в ходе исследования
Ирина О. Плотникова провела эксперимент

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Anatoly M. Popov Dr. Sci. (Engin.), professor, mechatronics and automation of technological systems department, Kemerovo State University, Krasnaya Str., 6 Kemerovo, 650000, Russia, popov4116@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0728-7211>

Konstantin B. Plotnikov Cand. Sci. (Engin.), associate Professor, mechatronics and automation of technological systems department, Kemerovo State University, Krasnaya Str., 6 Kemerovo, 650000, Russia, k.b.plotnikov.rf@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4145-0027>

Yulia V. Ustinova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, quality management department, Kemerovo State University, Krasnaya Str., 6 Kemerovo, 650000, Russia, yul48888048@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1649-889X>

Roman V. Kryuk assistant, food technology of animal origin department, Kemerovo State University, Krasnaya Str., 6 Kemerovo, 650000, Russia, roman.kryuk.94@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5884-8598>

Irina O. Plotnikova senior lecturer, agricultural engineering department, Kuzbass State Agricultural Academy, Markovtseva Str, 5 Kemerovo, 650056, Russia, ermilova-io@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3808-0355>

Contribution

Anatoly M. Popov review of the literature on an investigated problem,
Konstantin B. Plotnikov wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism
Yulia V. Ustinova, Roman V. Kryuk consultation during the study
Irina O. Plotnikova conducted an experiment

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 15/07/2021	После редакции 05/08/2021	Принята в печать 23/08/2021
Received 15/07/2021	Accepted in revised 05/08/2021	Accepted 23/08/2021

Тонкое измельчение мясного сырья на эмульсификаторах с новым режущим механизмом

Владимир Я. Груданов	¹	vladimir_grudanov@mail.ru	 0000-0002-0729-4254
Андрей А. Бренч	¹	abrench@mail.ru	 0000-0001-6604-9366
Людмила Т. Ткачева	¹	tkachevalt@mail.ru	 0000-0002-3743-1950
Александр А. Рындин	²	ryndinaa@mgupp.ru	 0000-0001-6861-9297
Галина Н. Егорова	³	egorovahp@gmail.ru	 0000-0002-9907-9649

¹ Белорусский государственный аграрный технический университет, пр-т Независимости, 99, г. Минск, 220023, Беларусь

² Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе 11, г. Москва, 125080, Россия

³ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Эффективность тонкого измельчения мясного сырья в эмульсификаторах зависит от конструктивных и геометрических параметров режущей пары нож-решетка и режимов процесса, от динамических и кинематических характеристик системы: машина – режущий инструмент – сырье. Раскрытие сущности происходящих процессов при тонком и сверхтонком измельчении мясного сырья служит основой для совершенствования действующих и создания новых рабочих органов машин. Новые ножовые решетки эмульсификатора, согласно разработанной математической модели, имеют одинаковую пропускную способность по всей рабочей поверхности и равное гидравлическое сопротивление за счет уменьшения толщины решеток при переходе на более мелкие отверстия перфорации. Режущие кромки лезвий ножа выполнены наклонно по касательной к внутреннему радиусу ножевой решетки и имеют максимальную длину, что обеспечивает высококачественный процесс скользящего резания. В колбасном цеху ОАО «Ошмянский мясокомбинат» для проведения исследований был изготовлен экспериментальный стенд, состоящий из промышленного эмульсификатора KS F10/031 и контрольно-измерительных приборов. На основании экспериментальных данных и анализа значимости влияния каждого входного параметра были получены аналитические и графические зависимости, позволяющие определять прирост температуры, производительность эмульсификатора, удельную энергоёмкость процесса при изменении режимно-конструктивных параметров работы в пределах варьирования факторов. Опытные образцы новых режущих инструментов прошли успешно производственные испытания в колбасном цеху ОАО «Ошмянский мясокомбинат», которые показали увеличение производительности эмульсификаторов на 12–15% при более качественном тонком измельчении и снижении на 10...15% удельных энергозатрат на единицу готовой продукции.

Ключевые слова: мясное сырье, эмульсификатор, режущий механизм, нож, решетка, режущая кромка, коэффициент скольжения, пропускная способность

Fine grinding of raw meat using the emulsifiers with a new cutting mechanism

Vladimir Ya. Grudanov	¹	vladimir_grudanov@mail.ru	 0000-0002-0729-4254
Andrey A. Brench	¹	abrench@mail.ru	 0000-0001-6604-9366
Ludmila T. Tkacheva	¹	tkachevalt@mail.ru	 0000-0002-3743-1950
Aleksandr A. Ryndin	²	ryndinaa@mgupp.ru	 0000-0001-6861-9297
Galina N. Egorova	³	egorovahp@gmail.ru	 0000-0002-9907-9649

¹ Belarusian State Agrarian Technical University, 99 Nezavisimosti Avenue, Minsk, 220023, Belarus

² Moscow State University of Food Production, Volokolamskoe Highway 11, Moscow, 125080, Russia

³ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The efficiency of fine grinding largely of raw meat in emulsifiers depends on design and geometrical parameters of the cutting pair “knife- hole plate” and the process modes, and also on the dynamic and kinematic characteristics of the system: machine – cutting instrument – raw materials. The disclosure of the essence of the ongoing processes when fine and ultrafine grinding of raw meat is the basis for improvement of equipment in operation and creation of new working parts of machines. The new grinding hole plates of the emulsifier, according to the developed mathematical model, have the same flow capacity over the entire working surface and equal hydraulic resistance due to a decrease in the thickness of the hole plates when switching to smaller perforation holes. The cutting edges of the knife blades are made obliquely tangentially to the inner radius of the grinding hole plate and have a maximum length, which ensures a high-quality slipping cutting process. An experimental stand containing industrial emulsifier KS F10/031 and test and measuring equipment was made for research in the sausage-making shop of the JSC “Oshmyany meat processing plant”. Based on experimental data and analysis of the significance of the influence of each input parameter, analytical and graphical dependences were obtained, which makes it possible to determine the temperature increase, the efficiency of the emulsifier, and the specific energy intensity of the process when changing the operating and designing parameters of the process within the range of varying factors. Production tests of new cutting tools pilot samples were passed successfully in the sausage-making shop of the JSC “Oshmyany meat processing plant”. They showed an increase in the performance of emulsifiers by 12–15% with higher-quality fine grinding and a decrease of 10–15% in specific energy consumption per unit of final output.

Keywords: raw meat, emulsifier, cutting mechanism, knife, hole plate, cutting edge, slip coefficient, flow capacity

Для цитирования

Груданов В.Я., Бренч А.А., Ткачева Л.Т., Рындин А.А., Егорова Г.Н. Тонкое измельчение мясного сырья на эмульсификаторах с новым режущим механизмом // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 38–45. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-38-45

For citation

Grudanov V.Ya., Brench A.A., Tkacheva L.T., Ryndin A.A., Egorova G.N. Fine grinding of raw meat using the emulsifiers with a new cutting mechanism. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 38–45. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-38-45

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

Introduction

A modern large-scale meat processing enterprise operates more than 400 units of technological equipment and complex machines. The major part of them is intended for grinding different kinds of raw meat: from fallen stock parts, blocks of trimmed meat and by-products to mincemeat preparation and its further use.

According to the degree of grinding the operating equipment of meat processing plants can be divided into the machines for course, medium, fine and ultrafine grinding (meat shredders, cutters, colloid machines, emulsifiers, etc.). Besides the type of grinding depends on the way the cutting instruments affect the basic material, and fine and ultrafine grinding is characterized by application of cutting, crushing and attrition. Fine and ultrafine grinding is principally marked by crumbling and the final goal of the operation is to receive a homogeneous mass with definite structural and mechanical characteristics making it different from raw products. The working element used for fine grinding is a set of multiblade knives with hole plates, crescent-shaped knives or a kit of combined cutting parts having a special form. When going from medium to ultrafine grinding the particle size decreases by more than 100 times. The process of grinding in this case is considerably influenced by the structure and physical and mechanical features of the product, functional and geometrical parameters of the cutting instrument, technical performance, the state of the grinding machine and accuracy of adjustment. All these factors must be taken into account when designing machines and its operating equipment that are mainly represented by a cutting pair "knife – hole plate" [1-10].

So far, no scientific and methodological foundations have been laid for providing high-quality process of raw meat fine grinding; the design of the knives and hole plates are not interconnected and the structural features of the ground raw meat such as viscosity and elasticity have not been taken into consideration.

The efficiency of fine grinding largely depends on design and geometrical parameters of the cutting pair "knife – hole plate" and the process modes, and also on the dynamic and kinematic characteristics of the system: machine – cutting instrument – raw materials. The disclosure of the essence of the ongoing processes is the basis for improvement of equipment in operation and creation of new working parts of machines. Therefore, development of new designs of cutting instruments for raw meat fine grinding and manufacturing application is a primary task, the solution of which will increase equipment efficiency while improving the quality of the final product and reducing energy losses [11, 14-20].

Methods

The world-famous emulsifiers KARL SCHNELL (KS) have become commonly used at meat processing enterprises. The equipment of this German machine-building company enjoy traditional reliability and introduce on-going innovations aimed at creating economic equipment of high quality adapted for specific technological tasks. Today the machinery construction company KS is concentrating its activity on production of equipment for industrial processing of meat, pet food, delicatessen, processed cheese and confectionery.

The cutting mechanism KS consists of a knife head with two disposable blades which rotates together with a motor shaft and a disposable grinding hole plate which is immovably fixed in the cutting body. Due to the possibility of axial adjustment to regulate the interval between the knife insets and the grinding hole plate, it's possible to control the capacity, temperature and the degree of grinding of the product. The knife heads with 3 and 6 disposable blades are also applied.

The standard option of machine KS contains:

1. The cutting system: two knife heads (3 or 6 rays); two replaceable hole plates (0.5–18 mm); an adjusting nut, two-blade extractor.
2. Microprocessor-based control;
3. Temperature monitoring of the product;
4. A folding unloading pipe;
5. A separate control panel;
6. A holding plate on the reception hopper.

The specifications of KS emulsifiers are shown in table 1.

As it is seen from table 1, the outside diameter of the hole plates varies between 86–225 mm; the diameter of the perforated holes in the hole plate ranges between 0.5–18 mm, and their number – from 90 to 6000 items, in this case the knife heads can have 2,3 and 6 blades (insets).

The structural analysis of the cutting mechanism KS and study of the operational experience of emulsifiers of this company indicate the existence of significant drawbacks in the construction of the knife and hole plates, the main of them are summarized as follows:

- while decreasing the holes diameter and increasing their number, the flow (free) cross-section is reduced, which causes loss of efficiency and meat product quality, and increases normalized energy cost;
- the grinding hole plates of the standard machine set have equal thickness of 10 mm, which means that during raw meat grinding each grinding hole plate has a different hydraulic resistance, besides, while decreasing the holes diameter and increasing their number, the hydraulic resistance rises which causes steep increase in energy consumption right up to shut-off.

Table 1.

Specifications of KS emulsifiers

Model	Knifeset diameter, mm	Funnel volume, l	Number of revolutions, rev/min	Engine power, KWh	Output capacity, kg/h	Mass, kg
FD 225/100	225	165	2975	74	3500	960
FD 225/130	225	165	2960	95	4500	1020
FD 225/140	225	165	2950	107	5500	1050
FV 175/30	175	30	1450/2900	7,5/10	*	500
FV 175/100	175	100	1450/2900	7,5/10	*	950
FV 175/160	175	160	1450/2900	7,5/10	*	1150
F28/F46/F75/F100/KBFG	200/248/320	80–150	2880	21–74	1800–400	570–735
Desktop emulsifier	86	30	5700	5,5	90–800	85
F/F18/F25	150/200	50	2880	7–18	800–1800	100–210

* – the output capacity depends on raw materials, degree of grinding and the diameter of the holes in the plate

Thus, for instance, the calculations show:

– where the holes diameter $d_0=10$ mm. in a knife hole plate with the outside diameter $D_n=200$ mm. and the number of holes $Z_0=90$ the flow capacity coefficient $K=0,248$;

– where $d_0=5$ mm.; $Z_0=362$ items. and $D_n=200$ mm.; $K=0,227$;

– where the holes diameter $d_0=1,2$ mm. in a knife hole plate with the outside diameter $D_n=200$ mm and the number of holes $Z_0=5422$ items., the flow capacity coefficient $K=0,195$.

The flow capacity coefficient characterizes the degree of utilization of the operating grinding hole plate and is defined as the ratio of total surface area of the holes to the total area of the grinding hole plate, i. e

$$K = \frac{\Sigma f_0}{F_p} \text{ or } K = \frac{f_0 \cdot Z_0}{F_p}, \quad (1)$$

Σf_0 – the area of the holes, mm².; Z_0 – the number of the holes, items; F_p – the area of the grinding hole plate.

On the hand, the technical efficiency of the machine is defined according to the formula

$$Q_m = S \cdot g_0 \cdot \rho_c \cdot \psi_0, \quad (2)$$

Q_m – technical efficiency of the emulsifier kg/h; S – the area of the flow (free) cross-section of the grinding hole plate, m²; g_0 – the speed of raw meat forwarding through the holes of the grinding hole plate, m/s; ρ_c – raw material density, kg/m³; ψ_0 – a utilization coefficient of the holes area in the grinding hole plate ($\psi_0 = 0,8 \dots 0,9$).

It follows from the formula (2) that for changing the hole plate for another one with smaller holes (from the same hole plates set) and

when S is reduced, there is a drop in Q_m , which is unacceptable. Grinding hole plates from the standard emulsifier cutting tool set must have an equal flow (free) cross-section between them despite the holes diameters and the number of holes, the geometric parameters of grinding hole plates must be linked by certain ratios.

A new formula for defining the number of holes in the grinding hole plate is proposed:

$$Z_{n+1} = Z_n \left(\frac{d_n}{d_{n+1}} \right)^2 \quad (3)$$

z_n – the number of holes in the grinding hole plate with holes of the largest diameter; z_{n+1} – the number of holes in the grinding hole plate with holes of the smallest diameter; d_n , d_{n+1} – holes diameter in hole plates with larger and smaller holes.

Applying this formula allows to obtain the same flow capacity for all hole plates from the standard set [5].

However, as calculations show, even if flow (free) cross-section is constant, the hydraulic resistance of the hole plate increases sharply as the diameter of holes decreases and the number of holes is increased, which is the sum of local and linear pressure loss. In this case pressure loss (linear) Δp can be significantly reduced by decreasing the thickness of the grinding hole plate, the new thickness of the hole plate must be defined according to the formula (the conclusion of the formula is presented in the thesis):

$$b_{n+1} = b_n \frac{b_{n+1} \cdot Z_n}{b_n \cdot Z_{n+1}}, \text{ in the case } \quad (4)$$

$$\Delta p_{n+1} = \Delta p_n,$$

b_{n+1} – the thickness of the hole plate with the smallest diameter of holes; b_n – the thickness of the hole plate with the largest diameter of holes; n – a sequence number of the grinding hole plate.

Thus, the application of this mathematical model and formulas (10) and (11) allows us to obtain:

— the same flow capacity on the working surface of the grinding hole plate despite the hole diameters and the number of holes;

— the constant value of flow (free) cross-section of grinding hole plates with different diameters of holes and the number of holes;

— equal hydraulic resistance of hole plates when the holes diameter and the number of holes are changed.

Using formulas (3) and (4) the optimum parameters for the new grinding hole plates from the emulsifier cutting tool set can be determined, which are shown in table 2.

Table 2.

Constructional parameters of grinding hole plates

No	Parameter	Symbols	Serial hole plates			New hole plates		
1	Outside grinding hole plate diameter, mm.	D_H	200			200		
2	Total hole plate area, mm ² .	F_P	314000			314000		
3	Holes diameter, mm. The number of holes, items. Flow (free) cross-	d_o	10	5	1,2	10	5	1,2
4	section area, mm ² .	Z_o	90	362	5422	90	397	6887
5	Flow capacity coefficient of the hole plate	S	77851	71092	61290	77851	77910	77859
6		K	0,248	0,227	0,195	0,248	0,248	0,248
7	The thickness of grinding hole plates, mm.	b	10	10	10	10	5	3

From the data in table 2, you can see that new grinding hole plates with holes diameters of 10, 5 and 1.2 mm have the same flow (free) cross-section at $K=\text{const}$ compared to the serial ones for which $K \neq \text{const}$.

In addition, the reduction in the thickness of the new hole plates from 10 mm to 5 mm and up to 3 mm, respectively, determines the equality of hydraulic resistances in linear pressure losses. Thus, the new grinding hole plates provide the same efficiency of the emulsifier.

Cutting mechanism. Building a mathematical model

When slip cutting, the resistance to cutting through fibres and cell walls of meat product decreases as the slip angle increases or, likewise, as slip coefficient and the length of blade cutting edge increase. Therefore, in the system “knife-hole plate”, it is necessary to use not only the laws of slip cutting, but also the maximum length of blade cutting edge. Figure 1 shows the scheme for determining slip coefficient along the length of a straight blade in the friction pair “knife-hole plate”.

As shown in figure 1, the slip coefficient K_β is determined according to the formula

$$K_\beta = \frac{V_r}{V_n} = \tan \beta \frac{\alpha}{y} \quad (5)$$

The blade cutting edge 4 of the rotating knife 3 passes along the tangent cc to the inner circle R_{in} , and in this case the length l of the blade cutting edge 4 will be maximum, and the slip coefficient K_β has the largest value.

At point B ($y = 0$), $V_n = 0$ and $K_\beta = \infty$, i.e. there will be no cutting. As y increases, K_β decreases. In this case $y = \text{const}$, K_β increases with rising a . If $a = 0$ $K_\beta = 0$ – chop cutting takes place.

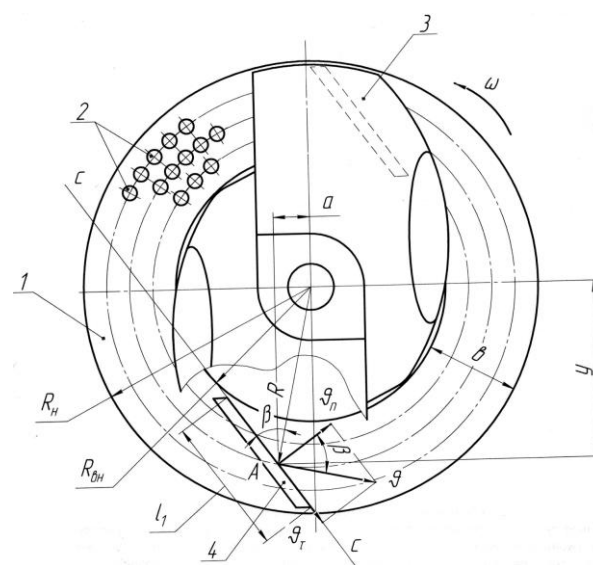


Figure 1. Scheme for determining slip coefficient along the length of a straight blade: 1 – grinding hole plate; 2 – perforation hole; 3 – rotating knife; 4 – knife blade; l – length of blade cutting edge; R_H – outer radius of the hole plate; R_{in} – inner radius of the hole plate; $C-C$ – tangent to the inner circle R_{in} ; V – linear velocity of an arbitrary point A; V_n – normal velocity; V_r – linear velocity component V ; β – slip angle; a, y – coordinates of point A; R – rotation radius of point A; b – ring width

Thus, the location of the blade cutting edge is inclined tangentially cc to the inner circle R_{in} of the grinding hole plate allows you to get the longest length l of the blade 4 and, as a result, create the best conditions for slip cutting and the grinding process as a whole.

As the slip coefficient K_β increases, the total resistance forces to cutting the product P and the normal component P_n decrease, which result in lower energy consumption of the grinding process.

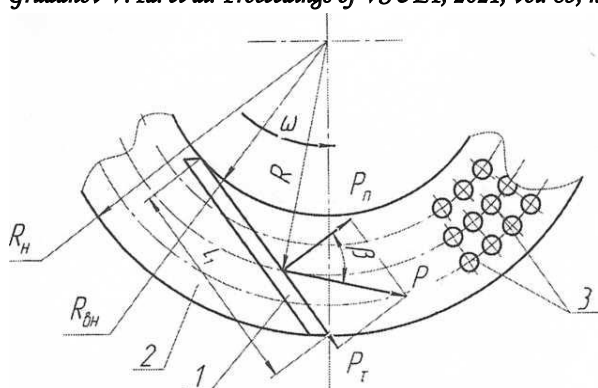


Figure 2. Scheme for determining the length of the blade cutting edge: P – resistance force to cutting the product; P_n – force normal component P ; P_t – force tangential component P ; β – slip angle

Normal P_n and tangential P_t components of resistance to cutting P (figure 2) are determined by the formulas:

$$P_n = P \cos \beta = ql \cos^2 \beta; \quad (6)$$

$$P_t = P \sin \beta = ql \sin \beta \cos \beta \quad (7)$$

q – specific product resistance per unit blade length, $H \cdot m$; l – the length of the blade cutting edge used in cutting the product layer, m .

$$P = q \cdot l \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + K_\beta^2}}; \quad (8)$$

$$P_n = q \cdot l \cdot \frac{1}{1 + K_\beta^2}; \quad (9)$$

$$P_t = q \cdot l \cdot \frac{K_\beta^2}{1 + K_\beta^2}; \quad (10)$$

It follows from formulas (8–10) that as the slip coefficient K_β increases, the total resistance

forces to cutting P and the normal component P_n decrease, in the case P_n is more significant than P . The tangential component P_t increases at first, reaching a maximum value at $K_\beta = 1$, then it decreases, approaching P in magnitude.

From figure 2 we determine the optimal length of the knife blade cutting edge:

$$L = \sqrt{e^2 + 2R_n(R_n - e)} \quad (11)$$

b – ring width of the hole plate working surface.

Results and discussion

An experimental stand containing industrial emulsifier KS F10/031 and test and measuring equipment was made for research in the sausage-making shop of the JSC “Oshmyany meat processing plant” (figure 3). The exterior of the experimental stand is shown in Figure 4. Raw meat pre-minced with the help of meat-shredder MP-1–160 was used as a sample in the experiments.

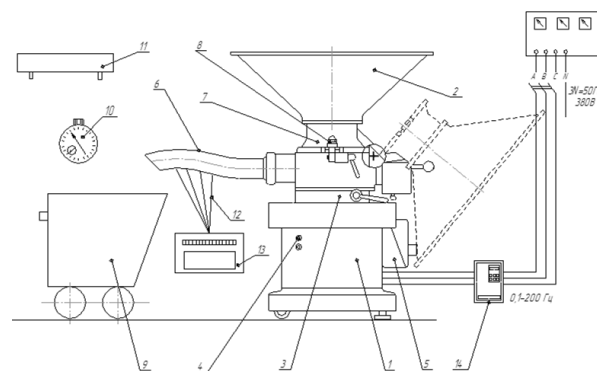
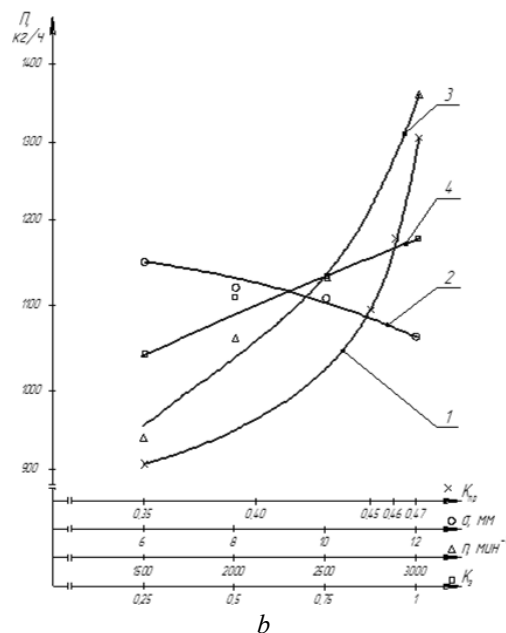
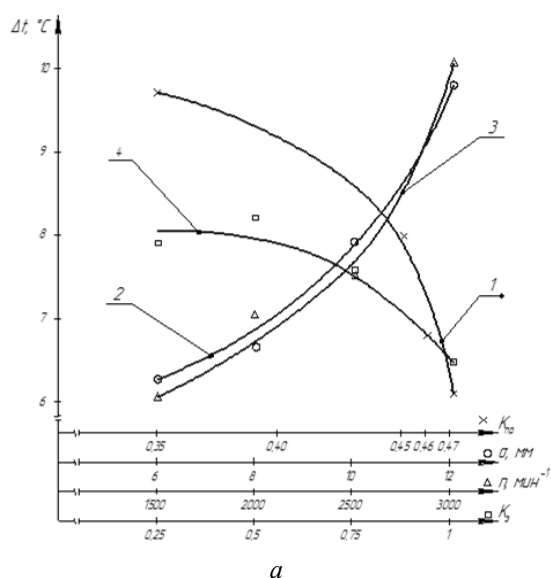


Figure 3. Experimental stand layout: 1 – frame; 2 – loading tank; 3 – filling neck; 4 – remote control; 5 – loading tank lock; 6 – meat spout; 7 – cutting mechanism; 8 – safety device; 9 – cart; 10 – timer; 11 – electronic scales; 12 – thermocouples; 13 – millivoltmeter; 14 – variable speed drive Delta VFD



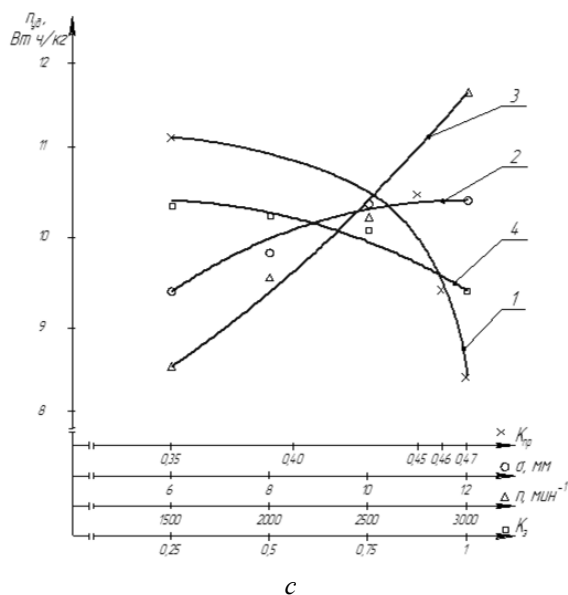


Figure 4. The results of the experiment 1 – K_{np} ; 2 – σ ; 3 – n_{gp} ; 4 – K_3 ; a – the dependence of the temperature increase on the controlled variables; b – performance dependence on the controlled variables; c – the dependence of the specific energy intensity of the emulsifier on the controlled variables

After processing the experimental results, graphical dependences of the temperature increase, the efficiency of the emulsifier, and the specific energy intensity of the process from the controlled variables were obtained: flow cross-section coefficient of the hole plate, the thickness of the hole plate, rotation frequency and the filling factor of the funnel (figure 5).

Based on experimental data and analysis of the significance of the influence of each input parameter, analytical dependences were obtained (12–14), which makes it possible to determine the temperature increase, the efficiency of the emulsifier, and the specific energy intensity of the process when changing the operating and designing parameters of the process within the range of varying factors:

$$\Delta t = 0,0038 K_{np}^{-1,29} \sigma^{0,63} n^{0,66}. \quad (12)$$

$$\Pi = 70,53 K_{np}^{1,05} n^{0,51}. \quad (13)$$

$$n_{y\partial} = 0,13 K_{np}^{-0,72} \sigma^{0,15} n^{0,44}. \quad (14)$$

The adequacy of the calculated dependencies to the real process is evaluated and the measurement errors are analyzed.

Analyzing the obtained graphical and mathematical dependences, it was found that the greatest influence on the temperature increase is exerted by the cross-section coefficient of the hole plate, its thickness and the rotational frequency of the knife. Moreover, as it can be seen from the graphs, with the same degree of grinding ($d_0=10$ mm), the use of the developed design of the cutting mechanism reduces the increase in the temperature of the raw material by 18.3% compared to the serial one. At $d_0 = 5$ m, the use of a new cutting mechanism allows reducing the temperature increase by 15.1%.

The determining parameters that affect the performance are the flow cross-section coefficient of the hole plate and the rotational frequency of the knife. With the same degree of grinding ($d_0=10$ mm), the use of the developed hole plate design increases productivity by 18.1% compared to the serial one. At $d_h = 5$ m the use of a new cutting tool allows to increase productivity by 10.3%.

The main parameters of the studied ones affecting energy intensity of the fine grinding process are the flow cross-section coefficient of the hole plate, its thickness and the rotational frequency of the knife. As it can be seen from the graphs, with the same degree of grinding ($d_0=10$ mm), the use of the developed cutting mechanism allows reducing the specific energy intensity by 7.1%. The use of a new cutting mechanism with grid hole diameters of $d_0 = 5$ mm allows to reduce the specific energy intensity by 10.8% [12-13].

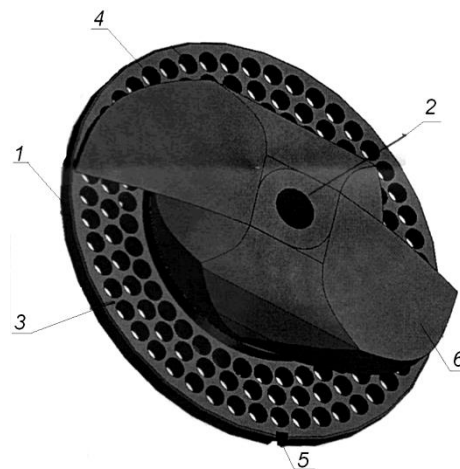


Figure 5. The exterior of the new cutting mechanism of the emulsifier: 1 – the base of the grinding hole plate; 2 – central fitment hole; 3 – working surface of the hole plate; 4 – perforation holes; 5 – keyslot; 6 – knife

A complete set of design documentation for new grinding hole plates and rotating knives has been developed, pilot samples of grinding hole plates with hole diameters of 3, 5, 8 and 10 mm and rotating knives with an offset cutting edge blade relative to the rotation radius have been manufactured. Figure 6 shows a pilot sample of a new cutting mechanism.

The new grinding hole plates of the emulsifier, according to the mathematical model, have the same flow capacity over the entire working surface and equal hydraulic resistance due to a decrease in the thickness of the hole plates when switching to smaller perforation holes. The cutting edges of the knife blades are made obliquely tangentially to the inner radius of the grinding hole plate and have a maximum length, which ensures a high-quality slipping cutting process. Pilot samples of new cutting tools passed production tests in the sausage-making shop of the JSC "Oshmyany meat processing plant". They showed an increase in the performance of emulsifiers by 12–15% with higher-quality fine grinding and a decrease of 10–15% in specific energy consumption per unit of final output.

Conclusion

The equations were first obtained which allow to optimize the geometric parameters of a single grinding hole plate and a kit of grinding hole plates included in the standard set, according to the coefficient of flow capacity and the flow (free) cross-section area for the entire model range of emulsifiers. The formula was derived to determine the optimal thickness of the grinding hole plate, which allows to obtain the same value of the hydraulic resistance of all grinding hole plates included in the standard set. The use of slip cutting in a friction pair "knife – hole plate" was theoretically justified and the formula was first obtained for determining the optimal length of the cutting edge of the knife blade depending on the width of the ring working surface of the hole plate and its outer diameter. A new engineering technique for determining the design, geometric and hydraulic parameters of the whole cutting mechanism was proposed and experimentally verified. New designs of cutting tools are protected by invention patent No. 14437, and the pilot samples have successfully passed production tests in the sausage-making shop of the JSC "Oshmyany meat processing plant"

References

1. Weiss J., Gibis M., Schuh V., Salminen H. Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. *Meat science*. 2010. vol. 86. no. 1. pp. 196-213. doi: 10.1016/j.meatsci.2010.05.008
2. Barbut S. Automation and meat quality-global challenges. *Meat science*. 2014. vol. 96. no. 1. pp. 335-345. Doi: 10.1016/j.meatsci.2013.07.002
3. Zhang W. et al. Technological demands of meat processing—An Asian perspective. *Meat Science*. 2017. vol. 132. pp. 35-44. doi: 10.1016/j.meatsci.2017.05.008
4. Mousavi A., Sarhadi M., Lenk A., Fawcett S. Tracking and traceability in the meat processing industry: a solution. *British Food Journal*. 2002. vol. 104. no. 1. pp. 7-19. doi: 10.1108/00070700210418703
5. Zhou G., Zhang W., Xu X. China's meat industry revolution: Challenges and opportunities for the future. *Meat science*. 2012. vol. 92. no. 3. pp. 188-196. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.04.016
6. Pelenkov V.V. et al. Evaluation of the performance of meat shredders depending on design and physical and mechanical properties of the raw material. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2015. no. 1. (in Russian).
7. Gavrilov T.A. Improving the efficiency of raw meat and fish grinding. *Food. Ecology. Quality*. 2016. pp. 257-260. (in Russian)
8. Sodorjak A.N. Improving of grinding meat process. Thesis ... c. t. s. Moscow, 2007. (in Russian).
9. Kosoy V.D. Improving the production process of cooked sausages. Moscow, Light and food industry, 1983. 272 p. (in Russian).
10. Kornushko L. M. Sausage production equipment. Moscow, Kolos, 1993. 304 p. (in Russian).
11. Daursky A.N., Machihin Y.A. Cutting of food materials. Process theory, machines, intensification. Moscow, Food industry, 1980. 240 p. (in Russian).
12. Grudanov V.Y., Brench A.A., Filippovich M.O. Influence of knife geometry on cutter quality. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, physical-technical series*. 2007. no. 1. pp. 36-40. (in Russian).
13. Grudanov V.Y., Brench A.A., Dazuk I.E., Filippovich M.O. Equipment for raw meat grinding. Patent BLR, no. 14437, 2010.
14. Sukhenko Y. et al. Changing the quality of ground meat for sausage products in the process of grinding. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* 2017. no. 4 (11). pp. 56-63.
15. Gao W., Chen F., Wang X., Meng Q. Recent advances in processing food powders by using superfine grinding techniques: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2020. vol. 19. no. 4. pp. 2222-2255. doi: 10.1111/1541-4337.12580
16. Batyrov U.D. et al. Research of ways of preserving the quality of grinded food products in the process of grinding. 2017 International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies"(IT&QM&IS). IEEE, 2017. pp. 312-314.
17. Honikel K.O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat science*. 1998. vol. 49. no. 4. pp. 447-457. doi: 10.1016/S0309-1740(98)00034-5
18. Maksimov D.A., Zhukov V.G. Advanced equipment for frozen block meat grinding. *Meat Industry*. 2013. no. 2. pp. 30-33. (in Russian).
19. Lisitsin A.B. et al. Grinding of frozen block meat by milling. *All about meat*. 2013. no. 4. (in Russian).
20. Pelenko V.V. et al. Overview of foreign grinders and mixers for meat products. *Scientific journal NRU ITMO Series "Processes and Food Production Equipment"*. 2008. no. 1. (in Russian).

Сведения об авторах

Владимир Я. Груданов д.т.н., профессор, кафедра технологий и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции, Белорусский государственный аграрный технический университет, пр-т Независимости, 99, г. Минск, 220023, Беларусь, vladimir_grudanov@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0729-4254>

Андрей А. Бренч к.т.н., доцент, инженерно-технологический факультет, Белорусский государственный аграрный технический университет, пр-т Независимости, 99, г. Минск, 220023, Беларусь, abrench@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6604-9366>

Людмила Т. Ткачева к.т.н., доцент, кафедра управления охраной труда, Белорусский государственный аграрный технический университет, пр-т Независимости, 99, г. Минск, 220023, Беларусь, tkachevalt@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3743-1950>

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>

Галина Н. Егорова к.п.н., доцент, кафедра промышленной экологии, оборудования химических и нефтехимических производств, Воронежский государственный университет инженерных производств, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, egorovahp@gmail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9907-9649>

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

Vladimir Ya. Grudanov Dr. Sci. (Engin.), professor, technologies and technical support of farm products processing department, Belarusian State Agrarian Technical University, Nezavisimosti Av, 99, Minsk, 220123, Belarus, vladimir_grudanov@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0729-4254>

Andrey A. Brench Cand. Sci. (Engin.), associate professor, engineering and technology faculty, Belarusian State Agrarian Technical University, Nezavisimosti Av, 99, Minsk, 220123, Belarus, abrench@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6604-9366>

Ludmila T. Tkacheva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, occupational safety management department, Belarusian State Agrarian Technical University, Nezavisimosti Av, 99, Minsk, 220123, Belarus, tkachevalt@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3743-1950>

Aleksandr A. Ryndin Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, echnology 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>

Galina N. Egorova Cand. Sci. (Pedag.), assistant professor, industrial ecology, equipment for chemical and petrochemical plants department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, egorovahp@gmail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9907-9649>

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 12/07/2021	После редакции 04/08/2021	Принята в печать 27/08/2021
Received 12/07/2021	Accepted in revised 04/08/2021	Accepted 27/08/2021

Оптимизация процесса получения экстрактов в поле низкочастотных механических колебаний

Любовь В. Плотникова	¹	lybanya_09@mail.ru	 0000-0002-8542-2055
Павел П. Иванов	¹	ipp7@yandex.ru	 0000-0002-8086-3273
Игорь Б. Плотников	¹	plotnikov-ib@mail.ru	 0000-0002-0149-1724
Константин Б. Плотников	¹	k.b.plotnikov.rf@gmail.com	 0000-0003-4145-0027
Евгений Н. Неверов	¹	neverov42@mail.ru	 0000-0002-3542-786X

¹ Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия

Аннотация. Использование экстрактов, полученных из плодово-ягодного сырья, давно нашло применение в пищевой промышленности. Так их использование позволяет получить готовый продукт не только с уникальными натуральными органолептическими показателями, но и повысить пищевую ценность готового продукта. При этом переработка местного дикорастущего плодово-ягодного сырья имеет высокое значение для экономики многих регионов. Однако сдерживающим фактором получения экстрактов из плодово-ягодного сырья является отсутствие высокоэффективной и гибкой технологии, основанной на современных способах экстрагирования. В работе рассмотрен современный способ получения экстрактов из замороженного плодово-ягодного сырья в поле низкочастотных механических колебаний. Способ является не только эффективным с точки зрения получения экстрактов с высоким содержанием целевых компонентов, но и позволяет сократить количество единиц оборудования в технологической цепочке производства, что увеличивает простоту перенастройки линии на другие виды сырья. При этом сдерживающим фактором применения данного способа является его мало изученность и как следствие отсутствие рациональных значений проведения процесса. На основании литературных источников и серии экспериментов определены основные параметры, влияющие на эффективность процесса, то есть на конечную концентрацию целевых компонентов в готовом экстракте. Для нахождения рациональных значений данных параметров была проведена серия экспериментов. Полученные данные были обработаны, и получены регрессионные уравнения зависимости выхода целевых компонентов в экстрагент (вода) от основных параметров, влияющих на процесс для двух видов сырья – ягоды клюквы и голубики. Полученные уравнения подверглись оптимизации с целью нахождения рациональных параметров. По полученным результатам проведена контрольная серия экспериментов, подтверждающая, что найденные параметры являются рациональными и значения выхода целевых компонентов на практике не отличаются более чем на 5% от полученных аналитическим путем значений.

Ключевые слова: экстрагирование, плодово-ягодное сырье, вибрационный экстрактор, гидромодуль, оптимизация процессов

Optimization of the process of obtaining extracts in the field of low-frequency mechanical vibrations

Liubov V. Plotnikova	¹	lybanya_09@mail.ru	 0000-0002-8542-2055
Pavel P. Ivanov	¹	ipp7@yandex.ru	 0000-0002-8086-3273
Igor B. Plotnikov	¹	plotnikov-ib@mail.ru	 0000-0002-0149-1724
Konstantin B. Plotnikov	¹	k.b.plotnikov.rf@gmail.com	 0000-0003-4145-0027
Evgeny N. Neverov	¹	neverov42@mail.ru	 0000-0002-3542-786X

¹ Kemerovo State University, Krasnaya Str., 6 Kemerovo, 650000, Russia

Abstract. The use of extracts obtained from fruit and berry raw materials has long found application in the alimentary industry. So, their use allows to get a finished food product not only with unique natural organoleptic characteristics, but also to increase the nutritional value of the finished food product. At the same time, the processing of local wild-growing fruit and berry raw materials is of great importance for the economy of many regions. However, a limiting factor in obtaining extracts from fruit and berry raw materials is the lack of a highly efficient and flexible technology based on modern extraction methods. The paper considers a modern method of obtaining extracts from frozen fruit and berry raw materials in the field of low-frequency mechanical vibrations. The method is not only effective from the point of view of obtaining extracts with a high content of target components, but also allows to reduce the number of pieces of equipment in the technological chain of production, which increases the simplicity in reconfiguring the line for other types of raw materials. At the same time, the limiting factor in the use of this method is its low exploration degree and, as a consequence, the lack of rational values for the process. On the basis of literature sources and a series of experiments, the main parameters that affect the efficiency of the process, i.e. the final concentration of the target components in the finished extract, have been determined. To find the rational values of these parameters, a series of experiments was carried out. The data obtained were processed, and regression equations were obtained for the dependence of the yield of the target components into the extractant (water) on the main parameters affecting the process for two types of raw materials - cranberries and blueberries. The resulting equations were optimized to find rational parameters. Based on the results obtained, a control series of experiments was carried out, confirming that the parameters found are rational and the values of the yield of the target components in practice do not differ by more than 5% from the those obtained analytically.

Keywords: extraction, fruit and berry raw materials, vibration extractor, hydronic module, process optimization

Для цитирования

Плотникова Л.В., Иванов П.П., Плотников И.Б., Плотников К.Б., Неверов Е.Н. Оптимизация процесса получения экстрактов в поле низкочастотных механических колебаний // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 46–54. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-46-54

For citation

Plotnikova L.V., Ivanov P.P., Plotnikov I.B., Plotnikov K.B., Neverov E.N. Optimization of the process of obtaining extracts in the field of low-frequency mechanical vibrations. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 46–54. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-46-54

Введение

В свете современной концепции здорового образа жизни не маловажную роль играет питание человека. При этом рациональное питание рассматривается не как стандартное снабжение организма необходимой для жизнедеятельности энергией, путем поступления белков, углеводов и жиров, а как сложная система различных факторов питания и их взаимодействия. К одним из таких факторов является сбалансированность питания при высокой ценности компонентов, учитывая современный ритм жизни человека, наличие большого количества стрессовых ситуаций и экологическую обстановку. Одним из элементов сбалансированного питания можно считать высокую ценность готового продукта с точки зрения наличия необходимого витаминного комплекса и минеральных веществ. Для получения такого продукта целесообразно добавлять в него на стадии производства биологически активные вещества и их комплексы. Комплексы таких веществ – экстракты, полученные из натурального растительного сырья, широко применяются при производстве молочных продуктов, безалкогольных напитков и т. п. [1–4].

Получение таких веществ и их комплексов в настоящее время основывается на извлечении их из сырья путем экстрагирования. При этом вещество, извлекающее эти компоненты – экстрагент, должно быть нейтральным и легко отделяться от целевых компонентов для дальнейшего из дозирования в продукт [5–9].

Для получения экстрактов часто в качестве сырья используют плоды и ягоды в том числе дикорастущие. При этом учитывая короткий срок сбора сырья его подвергают консервированию. Одним из распространённых способов является замораживание. Это накладывает отпечаток на технологии и машинно-аппаратурное оформление линий переработки такого сырья.

Традиционная технология переработки замороженного плодово-ягодного сырья заключается в дефростации сырья, его измельчении, извлечении сока путем отжима и экстрагировании полученного при отжиме жома. Данная технология не рациональна с точки зрения необходимости большого количества площадей и наличия специализированного оборудования, что является одним из сдерживающих факторов развития и распространения производств натуральных экстрактов [10, 11].

Это позволяет сделать вывод, что совершенствование существующей технологии и развитие многофункционального оборудования,

является важной задачей. Так перспективным с точки зрения получения экстрактов из замороженного плодово-ягодного сырья является емкостной аппарат, в котором совмещаются три стадии производства экстрактов – это дефростирование, измельчение и экстрагирование. При этом с целью интенсификации процессов, протекающих в аппарате на систему взаимодействующих фаз, накладываются низкочастотные механические колебания, с помощью вибрирующего устройства, расположенного внутри рабочей камеры. Однако мало изученность и в этой связи отсутствие рациональных и режимных параметров работы данных аппаратов сдерживает их применение в производстве. В этой связи является актуальной задача нахождения рациональных параметров работы аппарата [12].

Материалы и методы

Среди широкого разнообразия дикорастущего плодово-ягодного сырья потребитель предпочитает ягоды клюквы. Так экстракты, полученные из этого сырья, широко используются в молочной промышленности. Ягоды клюквы широко распространены на территории нашей страны [13]. В большом количестве они произрастают на северных торфяных болотах. Сезон сбора ягод – осень и весна [14]. При этом состав ягод, собранных в разное время года может сильно отличаться. По мимо богатого витаминного состава, в который входит витамин С, в состав ягод клюквы входят красящие и дубильные вещества, минеральные вещества: кальций, калий, железо, фосфор и марганец. Кроме того, в состав ягод клюквы по сравнению с другими ягодами входит большое количество йода.

Исходя из этого в качестве объекта исследования были приняты ягоды клюквы. Кроме того, в качестве объекта исследования также использовались ягоды голубики, экстракты из которых также нашли отклик у потребителя, а состав ягод голубики также богат с точки зрения витаминного и минерального комплекса [15, 16].

Сроки сбора данного вида сырья короткие, а сроки хранения составляют 2–3 дня. В связи с чем ягоды подвергаются консервированию путем замораживания. Замораживание производится до температуры -18°C , при этом скорость замораживания медленная. Это позволяет не только подвергнуть консервации сырье, с целью предотвращения его порчи, но и подготовить сырье к экстрагированию. Подготовка связана с тем, что при медленном замораживании образуются крупные кристаллы льда внутри ягод.

В процессе роста этих кристаллов происходит повреждение оболочки клеток сырья. При дальнейшем размораживании жидкость, находящаяся внутри клеток, легко извлекается, за счет чего упрощается извлечение целевых компонентов.

Так же необходимо отметить, что не только скорость замораживания ведет к повреждению клеточной структуры сырья, но и температурные режимы хранения также играют важную роль. Так при колебаниях температуры в процессе хранения сырья в пределах $\pm 2^\circ\text{C}$ происходит перекристаллизация льда, ведущая к нарастанию молекул воды на уже образовавшихся кристаллах из других кристаллов льда, что ведет к образованию крупных агломераций и в конечном итоге повреждению клеточной структуры сырья.

Принимая это во внимание в качестве объекта исследования использовались замороженные до температуры 18°C ягоды клюквы и голубики.

С целью интенсификации процесса экстрагирования применяются различные физические способы, одним из которых является наложение на систему взаимодействующих фаз поля низкочастотных механических колебаний. Существует множество вариантов наложения такого рода полей, однако наложение таких полей при помощи вибрационной тарелки, совершающей возвратно-поступательное движение внутри аппарата с небольшой амплитудой, имеет большие преимущества. Это простота конструкции, не высокие энергетические затраты и, что не маловажно в аппарате данная конструкция позволяет производить стадию измельчения сырья [17–19].

Схема аппарата с вибрационной тарелкой, используемого при исследованиях, представлена на Рисунок 1 [20].

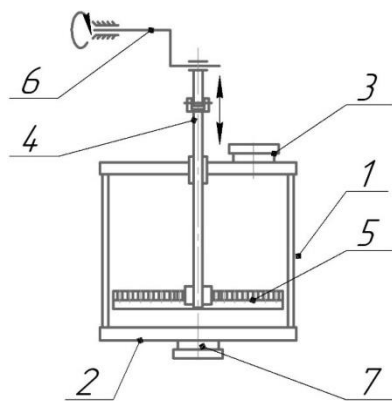


Рисунок 1. Аппарат периодического действия с вибрационной тарелкой

Figure 1. Batch apparatus with vibrating plate

Аппарат содержит корпус 1, выполненный цилиндрической формы с внутренним диаметром 0,15 м. Корпус – рабочая камера снабжен днищем 2 и крышкой 3, на которых расположены патрубки для разгрузки готового продукта и загрузки экстрагента соответственно. Внутри рабочей камеры расположен рабочий орган – вибрационная тарелка 5. Тарелка находится на расстоянии 45 мм от дна аппарата и представляет собой перфорированный диск с живым сечением 16,5%, имеющим отбортовку, направленную вниз. Величина отбортовки – 10 мм. Тарелка закреплена на штоке 4 и при помощи привода совершает возвратно-поступательное движение с амплитудой 8 мм.

Принцип работы аппарата. Сырье – замороженные ягоды с температурой -18°C помещались в пространство между вибрационной тарелкой и дном аппарата. Далее подавался экстрагент – вода, имеющая температуру $18 \pm 2^\circ\text{C}$. Далее приводилась в движение по средством привода вибрационная тарелка. В процессе работы аппарата происходило размораживание сырья, его измельчение и экстрагирование. На протяжении всего процесса происходило насыщение целевыми компонентами экстрагента. Для его фиксации производился отбор проб в объеме 15 мл. При этом интервал отбора проб с 1 по 5 минуту эксперимента составлял – 1 минута, далее с 5 по 15 минуту – 2,5 минуты и после через каждые 5 минут. Данная методика связана с тем, что наиболее интенсивный процесс насыщения экстрагента целевыми компонентами происходит в первоначальный момент работы аппарата.

Для определения концентрации целевых компонентов пробы фильтровались для удаления мелкодисперсной фракции, далее пробы термостатировались при температуре 20°C , после чего рефрактометрическим методом определялась содержание целевых компонентов в пробах.

В процессе проведения контролировалась частота колебаний тарелки. Контроль производился опосредованно через частоту вращения двигателя при помощи тахометра.

В процессе проведения исследования варьировались следующие факторы: гидромодуль – j (соотношение фаз твердое тело: жидкость), диаметры отверстий перфорации тарелки d , мм, частота колебаний тарелки n , Гц. Данные параметры, а также границы их варьирования были выбраны исходя из литературных данных, а также основываясь на предварительной серии экспериментальных исследований.

Фактор – гидромодуль был выбран как один из основных, так как при увеличении твердой фазы относительно жидкой происходит увеличение плотности суспензии и падание разности концентраций между насыщаемым экстрагентом и сырьем. Большее количество жидкости ведет к более интенсивному извлечению целевых компонентов за счет высокой разности концентраций, также это сказывается на дальнейшей переработке полученного экстракта. Так сильно разбавленных продукт необходимо дольше выпаривать и, следовательно, затрачивать больше энергоресурсов. Исходя из этого гидромодуль варьировался в пределах от 0,33 до 0,7.

На процесс измельчения сырья, а также на турбулизацию системы взаимодействующих фаз сильное влияние оказывает диаметр перфорации тарелки, и частота её колебаний в связи с чем данные факторы также были приняты в качестве основных, влияющих на процесс, протекающий в аппарате. Интервалы варьирования диаметров отверстий перфорации тарелки – 2,5 мм – 4 мм. Для частоты колебаний интервал составил 5–13,3 Гц.

Данные планирования эксперимента представлены в таблицах 1 и 2 для ягод клюквы и голубики соответственно. Разница в интервалах и шагах варьирования факторов для различных ягод объясняется разницей в структурных свойствах этих ягод.

Таблица 1.

Условия проведения эксперимента для ягод клюквы

Table 1.

Experimental conditions for cranberries

Фактор Factor	Обозначение факторов Designation of factors	Уровни Levels		Центр эксперимента Experiment Center	Шаг варьирования Variation step
		Нижний lower	Верхний upper		
Диаметр отверстий в тарелке, d, мм Diameter of holes in the plate, d, mm	C1	2,5	4	3,25	0,5
Частота колебаний тарелки, n, Гц Tray vibration frequency, n, Hz	C2	10	13,3	11,7	1,7
Продолжительность процесса τ , с Process duration τ , s	C3	750	1500	1125	375
Гидромодуль, j Hydronic module, j	C4	0,33	0,5	0,415	0,085

Таблица 2.

Условия проведения эксперимента для ягод голубики

Table 2.

Experimental conditions for blueberry berries

Фактор Factor	Обозначение факторов Designation of factors	Уровни Levels		Центр эксперимента Experiment Center	Шаг варьирования Variation step
		Нижний lower	Нижний lower		
Диаметр отверстий в тарелке, d, мм Diameter of holes in the plate, d, mm	C1	2,5	4	3,25	0,5
Частота колебаний тарелки, n, Гц Tray vibration frequency, n, Hz	C2	6,7	10	8,35	1,65
Продолжительность процесса τ , с Process duration τ , s	C3	750	1200	975	225
Гидромодуль, j Hydronic module, j	C4	0,4	0,66	0,53	0,13

Результаты

Серия экспериментов, проведенная на ягоде – клюква, с варьированием одного из факторов – диаметра перфорации отверстий при прочих равных условиях (гидромодуль – $j = 0,4$, частота колебаний тарелки – $n = 10$ Гц) показала результаты по кинетике извлечения целевых компонентов, представленные в таблицах 3 и 4.

Таблица 3.

Кинетика процесса насыщения экстрагента при $d = 2.5$ мм

Table 3.

Kinetics of the process of saturation of the extractant at $d = 2.5$ mm

τ , мин. τ , min.	1	2	3	4	5	7,5	10	12,5	15	20
$C_{св.}$, % масс. $C_{св.}$, % mass.	0,6	0,8	0,9	0,9	1	1,2	1,4	1,8	2	2

Таблица 4.
Кинетика процесса насыщения экстрагента при
 $d = 3$ мм

Table 4.
Kinetics of the process of saturation of the extractant at
 $d = 3$ mm

τ , мин. τ , min.	1	2	3	4	5	7,5	10	12,5	15	20
$C_{св.}$, % масс. $C_{св.}$, % mass..	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,5	1,7	1,9	1,9

Так из представленных данных видно, что чем меньше диаметр перфорации отверстий тарелки, тем более интенсивнее проходит процесс, что связано с увеличением скоростей истечения жидкости из отверстий при колебаниях тарелки.

Также на основании результатов серии экспериментов был построен ряд графиков, представленных на рисунке 3, рисунок 4.

Так из графика, представленного на Рисунок 2 также видно, что диаметр отверстий положительно сказывается на динамике процесса.

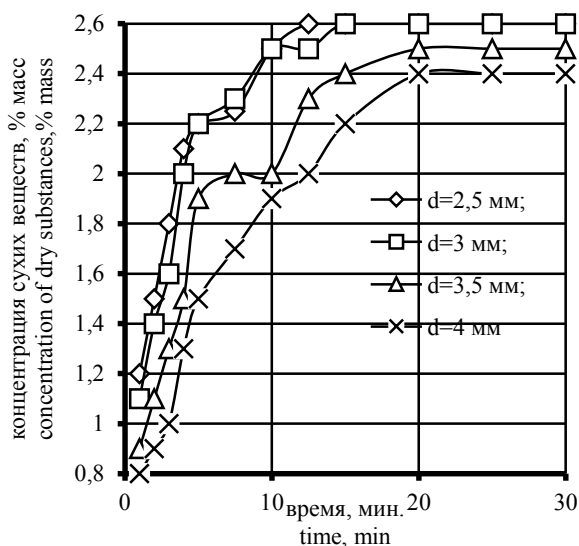


Рисунок 2. Зависимость выхода сухих веществ от продолжительности экстрагирования (ягода – голубика, экстрагент – вода) ($j = 0,5$; $n = 8,33$ Гц)

Figure 2. Dependence of the yield of dry substances on the duration of extraction (berry – blueberry, extractant – water) ($j = 0.5$; $n = 8.33$ Hz)

Это связано с тем, что при толщине тарелки в 3 мм разная перфорация отверстий приводит к тому, что при её уменьшении увеличивается отношение (δ/d) , при этом оно увеличивается от 0,75 до 1,5. Это в свою очередь позволяет говорить, что отверстие в данном случае можно рассматривать как насадку, а для насадки характерно большой расход и большие скорости истечения жидкости, что приводит к интенсификации процесса.

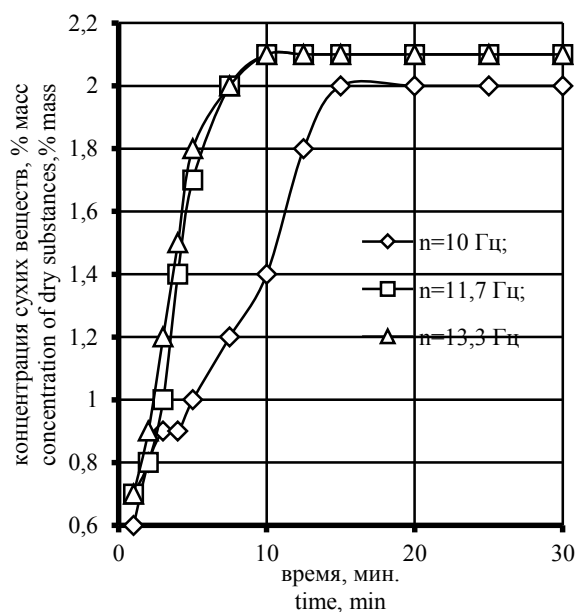


Рисунок 3. Зависимости выхода сухих веществ от продолжительности экстрагирования (ягода – клюква, экстрагент – вода) ($j = 0,4$; $d = 2,5$ мм)

Figure 3. Dependences of the yield of dry substances on the duration extraction (berry – cranberry, extractant – water) ($j = 0.4$; $d = 2.5$ mm)

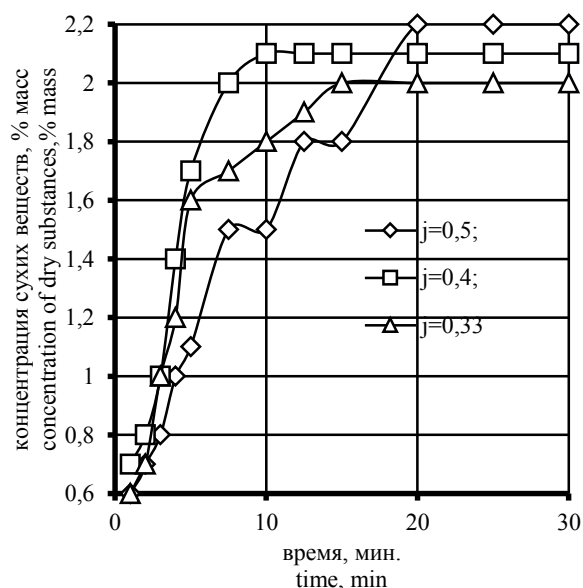


Рисунок 4. Зависимости выхода сухих веществ от продолжительности экстрагирования (ягода – клюква, экстрагент – вода) ($n = 11,7$ мм; $d = 2,5$ мм)

Figure 4. Dependences of the yield of dry substances on the duration of extraction (berry – cranberry, extractant – water) ($n = 11.7$ mm; $d = 2.5$ mm)

Из графика, представленного на рисунке 4, видно, что частота колебаний тарелки также оказывает сильное влияние на интенсивность процесса. Это можно объяснить более интенсивным процессом измельчения и интенсивным обновлением поверхности контакта фаз при

экстрагировании сырья. Однако увеличение частоты колебания тарелки также ведет к увеличению энергозатрат, что сказывается на экономической составляющей производства.

Для ягод голубики полученные данные имеют отличия в числовом значении, однако закономерности остаются сопоставимыми с теми, которые были получены при исследовании экстрагирования ягод клюквы.

Серия экспериментов позволила сделать следующие выводы:

1. Факторы, влияющие на процесс, остаются одинаковыми, но их параметрические значения для различного вида сырья будут различны.

2. Для нахождения рациональных параметров процесса для каждого из приведенного вида сырья необходимо провести серию планируемых экспериментов и подвергнуть полученные данные математической обработки.

3. Полученные значения должны быть проверены экспериментальным путем, при этом значения полученные аналитически не должны отличаться от экспериментальных более чем на 5%.

4. Энергетические затраты так же должны быть учтены при рекомендации рациональных параметров проведения процесса.

С целью нахождения рациональных параметров процесс необходимо получить регрессионные уравнения, описывающие зависимость степень насыщения целевыми компонентами от основных определённых экспериментальным путем факторов. Для чего была проведена серия экспериментов по параметру из таблиц 1 и 2.

Полученные данные были обработаны в ЭВМ, по результату которой были получены регрессионные уравнения зависимости выхода целевых компонентов в зависимости от входных факторов соответственно для различных ягод.

Для ягод клюквы уравнения множественной регрессии имеет вид, соответственно:

$$Y_K = 5,770975 - 1,90356 \cdot C_1 + 0,361067 \cdot C_2 + 0,005304 \cdot C_3 - 28,4312 \cdot C_4 + 0,036734 \cdot C_{12} - 0,016935 \cdot C_{22} - 10 - 6 \cdot C_{32} + 36,72145 \cdot C_{42} + 0,030503 \cdot C_1 \cdot C_2 + 0,000326 \cdot C_1 \cdot C_3 + 1,990929 \cdot C_1 \cdot C_4 - 0,000185 \cdot C_2 \cdot C_3 + 0,243217 \cdot C_2 \cdot C_4 - 0,0065 \cdot C_3 \cdot C_4, R = 98$$

Для ягод голубики уравнения множественной регрессии имеет вид, соответственно:

$$Y_G = -4,14233 + 0,250232 \cdot C_1 + 0,003029 \cdot C_2 - 0,003821 \cdot C_3 + 31,08552 \cdot C_4 - 0,071192 \cdot C_{12} - 0,003593 \cdot C_{22} - 0,00000023 \cdot C_{32} - 35,8769 \cdot C_{42} + 0,014986 \cdot C_1 \cdot C_2 + 0,000049 \cdot C_1 \cdot C_3 - 0,347264 \cdot C_1 \cdot C_4 + 0,000039 \cdot C_2 \cdot C_3 - 0,014844 \cdot C_2 \cdot C_4 + 0,008175 \cdot C_3 \cdot C_4, R = 98,9$$

Степень значимости коэффициентов были проверены с помощью t – критерия. Анализ уравнений показывает, что определяющую роль в степени насыщения целевыми компонентами экстрагента играет гидромодуль C_4 , при этом он является не только основным фактором, а имеет влияние на межфакторное взаимодействие. Особое межфакторное взаимодействие этого фактора наблюдается при взаимодействии с такими факторами, как частота колебаний тарелки и диаметр перфорации. Все это можно объяснить, тем что при снижении гидромодуля концентрация готового продукта снижается в виду большого количества жидкой фазы. А при увеличении гидромодуля концентрация растет, но извлечение целевых компонентов снижается.

Такой фактор, как диаметр отверстий перфорации тарелки C_1 несет однозначный посыл. Так его уменьшение ведет к увеличению интенсивности процесса, как измельчения, так и турбулизации на стадии экстрагирования. При этом различные значения весомости данного фактора для различного вида сырья объясняется различной структурной данного сырья. Так замороженные ягоды голубики имеют меньший предел прочности нежели ягоды клюквы.

Фактор C_2 (частота колебаний тарелки) напрямую влияет на интенсивность процесса. При этом увеличении данного фактора напрямую влияет на энергоэффективность аппарата, что обязательно должно быть учтено при проектировании промышленного образца.

По полученным уравнениям была проведена математическая обработка методом Ньютона с целью нахождения рациональных параметров процесса. Полученные значения представлены в таблице 5.

Полученные значения основных факторов легли в основу проведения серии контрольных экспериментов. Контрольная серия экспериментов показала, что найденные аналитическим путем рациональных параметров процесса не отличаются от экспериментальных более чем на 5%.

Таблица 5.

Оптимальные параметры процесса (экстрагент – вода)

Table 5.

Optimal process parameters (extractant – water)

	Диаметр отверстий, d, мм Hole diameter, d, mm	Частота колебаний тарелки, n, Гц Tray vibration frequency, n, Hz	Продолжительность, τ, с Duration, τ, s	Гидро модуль, j Hydronic module, j	Выход сухих веществ Solids yield	
					Теоретический, Ссв., масс. % Theoretical, Ссв., mass. %	Практический, Ссв., масс. % Practical, Ссв., mass. %
Клюква Cranberry	2,5	12,4	780	0,48	2,65	2,6
Голубика Blueberry	2,5	9,8	1100	0,56	2,79	2,7

Обсуждение

Результаты проведенных исследований и их обработки позволяют сделать несколько заключений:

1. Определены основные факторы, влияющие на выход целевых компонентов, при получении экстрактов из замороженного плодово-ягодного сырья в аппарате с вибрационной тарелкой.

2. Определены рациональные параметры входных параметров для получения макси-

мального выхода целевых компонентов для ягод клюквы и голубики для аппарата с вибрационной тарелкой.

Заключение

Полученные результаты лягут в основу определения рациональных параметров работы линии, основанной на данной технологии, что позволит увеличить производительность существующих линий.

Литература

- 1 Sabater C., Corzo N., Olano A., Montilla A. Enzymatic extraction of pectin from artichoke (*Cynara scolymus* L.) by-products using Celluclast® 1.5L // Carbohydrate Polymers. 2018. №. 190. P. 43–49.
- 2 Popov A.M., Plotnikov K.B., Donya D.V. Determination of dependence between thermophysical properties and structural-and-phase characteristics of moist materials // Foods and raw materials. 2017. V. 5. №. 1. P. 137–143.
- 3 Nizamova A.A., Galiakhmetova E.K., Mochalov K.S., Bokov D.O. et al. The determination of antioxidant activity of ethanol extracts of gynostemma pentaphyllum // Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences. 2021. №. 17. P. 91–98.
- 4 Xie Z.Q., He Y.L., Wang P.P., Su M.Y. et al. Two-dimensional optical edge detection based on pancharatnam-berry phase metasurface // Wuli xuebao. 2020. V. 69. №. 014101. doi: 10.7498/aps.69.20191181
- 5 Tamkutė L., Pukalskas A., Syrpas M., Urbonavičienė D. et al. Fractionation of cranberry pomace lipids by supercritical carbon dioxide extraction and on-line separation of extracts at low temperatures // Journal of Supercritical Fluids. 2020. V. 1631. 104884.
- 6 Rojo-Gutiérrez E., Carrasco-Molinari O., Tirado-Gallegos J.M., Levario-Gómez A. et al. Evaluation of green extraction processes, lipid composition and antioxidant activity of pomegranate seed oil // Journal of Food Measurement and Characterization. 2021. V. 15. №. 2. P. 2098–2107.
- 7 Adetunji L.R., Adekunle A., Orsat V., Raghavan V. Advances in the pectin production process using novel extraction techniques: A review // Food Hydrocolloids. 2017. №. 62. P. 239–250.
- 8 Demirbas A., Groszman K., Pazmiño-Hernandez M., Vanegas D.C. et al. Cryoconcentration of flavonoid extract for enhanced biophotovoltaics and pH sensitive thin films // Biotechnology Progress. 2018. №. 34. P. 206–217.
- 9 Lončarić A., Jozinović A., Jelinić J., Kovač T. et al. Green extraction methods for extraction of polyphenolic compounds from blueberry pomace // Foods. 2020. V. 9. №. 11. 1521. doi: 10.3390/foods9111521
- 10 Radulescu C., Stihl C., Olteanu R.L., Dulama I.D. et al. Chemometric assessment of spectroscopic techniques and antioxidant activity for hippophae rhamnoides L. Extracts obtained by different isolation methods // Analytical letters. 2019. V. 52. №. 15. P. 2393–2415. doi: 10.1080/00032719.2019.1590379
- 11 Sharoglazova L.P., Belyakov A.A., Smol'nikova Ya.V., Velichko N.A. et al. Determination of an effective regimen for maceration of berry raw materials of the rubus genus // IOP Conference series: Earth and environmental science. 2020. 72061. doi: 10.1088/1755-1315/548/7/072061
- 12 Mironova E., Romanenko E., Sycheva O., Selivanova M. et al. Optimal parameters and modes of extraction of biologically active substances from natural fruit and berry raw materials // E3S Web of Conferences. 2020. 04009. doi: 10.1051/e3sconf/202020304009
- 13 Mirandola M., Salvati M.V., Rodigari C., Appelberg K.S. et al. Cranberry (*Vaccinium macrocarpon*) extract impairs narovirus infection by inhibiting the attachment to target cells // Pathogens. 2021. V. 10. №. 8. 1025.
- 14 Dienaite L., Pukalskiene M., Pereira C.V., Matias A.A. et al. Valorization of european cranberry bush (*Viburnum opulus* L.) berry pomace extracts isolated with pressurized ethanol and water by assessing their phytochemical composition, antioxidant, and antiproliferative activities // Foods. 2020. V. 9. №. 10. 1413.
- 15 Muñoz-Almagro N., Ruiz-Torralba A., Méndez-Albiñana P., Villamiel M. et al. Berry fruits as source of pectin: Conventional and non-conventional extraction techniques // International Journal of Biological Macromolecules. 2021. №. 186. P. 962–974.

16 Yang H., Tian T., Wu D., Guo D., Lu J. Prevention and treatment effects of edible berries for three deadly diseases: Cardiovascular disease, cancer and diabetes // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2017. V. 59. № 12. P. 1903–1912.

17 Bakin I.A., Mustafina A.S., Aleksenko L.A., Shkolnikova M.N. Intensification of extraction of phytocomponents from berry raw materials // *IOP Conference series: Earth and environmental science*. 2021. 022066. doi: 10.1088 / 1755–1315 / 640/2/022066

18 Orobinskaya V.N., Permyakov A.V., Kholodova E.N., Galdin E.V. The resource-saving technology of anthocyanins extraction by the method of low-frequency vibration impact // *IOP Conference series: Earth and environmental science*. 2020. 012097. doi: 10.1088/1755–1315/613/1/012097

19 Masota N.E., Heller E., Holzgrabe U., Vogg G. Comparison of extraction efficiency and selectivity between low-temperature pressurized microwave-assisted extraction and prolonged maceration // *Archiv der pharmazie*. 2020. V. 353. № 10. 2000147. doi: 10.1002/ardp.202000147

20 Пат. № 2547176, RU, A23L 1/212. Способ получения плодово-ягодных экстрактов / Сорокопуд А.Ф., Сорокопуд В.В., Плотников И.Б., Плотникова Л.В. заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. № 2014101853/13; Заявл. 21.01.2014; Оpubл. 10.04.2015, Бюл. № 10.

References

1 Sabater C., Corzo N., Olano A., Montilla A. Enzymatic extraction of pectin from artichoke (*Cynara scolymus* L.) by-products using Celluclast® 1.5L. *Carbohydrate Polymers*. 2018. no. 190. pp. 43–49.

2 Popov A.M., Plotnikov K.B., Donya D.V. Determination of dependence between thermophysical properties and structural-and-phase characteristics of moist materials. *Foods and raw materials*. 2017. vol. 5. no. 1. pp. 137–143.

3 Nizamova A.A., Galiakhmetova E.K., Mochalov K.S., Bokov D.O. et al. The determination of antioxidant activity of ethanol extracts of *Gynostemma pentaphyllum*. *Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2021. no. 17. pp. 91–98.

4 Xie Z.Q., He Y.L., Wang P.P., Su M.Y. et al. Two-dimensional optical edge detection based on pancharatnam-berry phase metasurface. *Wuli xuebao*. 2020. vol. 69. no. 014101. doi: 10.7498/aps.69.20191181

5 Tamkutė L., Pukalskas A., Syropas M., Urbonavičienė D. et al. Fractionation of cranberry pomace lipids by supercritical carbon dioxide extraction and on-line separation of extracts at low temperatures. *Journal of Supercritical Fluids*. 2020. vol. 1631. 104884.

6 Rojo-Gutiérrez E., Carrasco-Molinari O., Tirado-Gallegos J.M., Levario-Gómez A. et al. Evaluation of green extraction processes, lipid composition and antioxidant activity of pomegranate seed oil. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2021. vol. 15. no. 2. pp. 2098–2107.

7 Adetunji L.R., Adekunle A., Orsat V., Raghavan V. Advances in the pectin production process using novel extraction techniques: A review. *Food Hydrocolloids*. 2017. no. 62. pp. 239–250.

8 Demirbas A., Groszman K., Pazmiño-Hernandez M., Vanegas D.C. et al. Cryoconcentration of flavonoid extract for enhanced biophotovoltaics and pH sensitive thin films. *Biotechnology Progress*. 2018. no. 34. pp. 206–217.

9 Lončarić A., Jozinović A., Jelinić J., Kovač T. et al. Green extraction methods for extraction of polyphenolic compounds from blueberry pomace. *Foods*. 2020. vol. 9. no. 11. 1521. doi: 10.3390/foods9111521

10 Radulescu C., Stihl C., Olteanu R.L., Dulama I.D. et al. Chemometric assessment of spectroscopic techniques and antioxidant activity for *hippophae rhamnoides* L. Extracts obtained by different isolation methods. *Analytical letters*. 2019. vol. 52. no. 15. pp. 2393–2415. doi: 10.1080/00032719.2019.1590379

11 Sharoglazova L.P., Belyakov A.A., Smol'nikova Ya.V., Velichko N.A. et al. Determination of an effective regimen for maceration of berry raw materials of the *rubus* genus. *IOP Conference series: Earth and environmental science*. 2020. 72061. doi: 10.1088/1755–1315/548/7/072061

12 Mironova E., Romanenko E., Sycheva O., Selivanova M. et al. Optimal parameters and modes of extraction of biologically active substances from natural fruit and berry raw materials. *E3S Web of Conferences*. 2020. 04009. doi: 10.1051/e3sconf/202020304009

13 Mirandola M., Salvati M.V., Rodigari C., Appelberg K.S. et al. Cranberry (*Vaccinium macrocarpon*) extract impairs *nairovirus* infection by inhibiting the attachment to target cells. *Pathogens*. 2021. vol. 10. no. 8. 1025.

14 Dienaite L., Pukalskiene M., Pereira C.V., Matias A.A. et al. Valorization of european cranberry bush (*viburnum opulus* L.) berry pomace extracts isolated with pressurized ethanol and water by assessing their phytochemical composition, antioxidant, and antiproliferative activities. *Foods*. 2020. vol. 9. no. 10. 1413.

15 Muñoz-Almagro N., Ruiz-Torralba A., Méndez-Albiñana P., Villamiel M. et al. Berry fruits as source of pectin: Conventional and non-conventional extraction techniques. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2021. no. 186. pp. 962–974.

16 Yang H., Tian T., Wu D., Guo D., Lu J. Prevention and treatment effects of edible berries for three deadly diseases: Cardiovascular disease, cancer and diabetes. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2017. vol. 59. no. 12. pp. 1903–1912.

17 Bakin I.A., Mustafina A.S., Aleksenko L.A., Shkolnikova M.N. Intensification of extraction of phytocomponents from berry raw materials. *IOP Conference series: Earth and environmental science*. 2021. 022066. doi: 10.1088 / 1755–1315 / 640/2/022066

18 Orobinskaya V.N., Permyakov A.V., Kholodova E.N., Galdin E.V. The resource-saving technology of anthocyanins extraction by the method of low-frequency vibration impact. *IOP Conference series: Earth and environmental science*. 2020. 012097. doi: 10.1088/1755–1315/613/1/012097

19 Masota N.E., Heller E., Holzgrabe U., Vogg G. Comparison of extraction efficiency and selectivity between low-temperature pressurized microwave-assisted extraction and prolonged maceration. *Archiv der pharmazie*. 2020. vol. 353. no. 10. 2000147. doi: 10.1002/ardp.202000147

20 Sorokopud A.F., Sorokopud V.V., Plotnikov I.B., Plotnikova L.V. Method of obtaining fruit and berry extracts. Patent RF, no. 2547176, 2015.

Сведения об авторах

Любовь В. Плотникова аспирант, кафедра мехатроники и автоматизации технологических систем, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия, lybanya_09@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8542-2055>

Павел П. Иванов к.т.н., доцент, кафедра мехатроники и автоматизации технологических, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия, ipp7@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8086-3273>

Игорь Б. Плотников к.т.н., доцент, кафедра мехатроники и автоматизации технологических, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия, plotnikov-ib@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0149-1724>

Константин Б. Плотников к.т.н., доцент, кафедра мехатроники и автоматизации технологических, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия, k.b.plotnikov.rf@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-4145-0027>

Евгений Н. Неверов д.т.н., профессор, кафедра техносферная безопасность, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, г. Кемерово, 650000, Россия, neverov42@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3542-786X>

Вклад авторов

Любовь В. Плотникова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, написала рукопись

Павел П. Иванов Константин Б. Плотников Евгений Н. Неверов консультация в ходе исследования

Игорь Б. Плотников провел эксперимент, корректировал рукопись до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Liubov V. Plotnikova postgraduate student, mechatronics and automation of technological systems department, Kemerovo State University, Krasnaya Str., 6 Kemerovo, 650000, Russia, lybanya_09@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8542-2055>

Pavel P. Ivanov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, mechatronics and automation of technological systems department, Kemerovo State University, Krasnaya Str., 6 Kemerovo, 650000, Russia, ipp7@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8086-3273>

Igor B. Plotnikov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, mechatronics and automation of technological systems department, Kemerovo State University, Krasnaya Str., 6 Kemerovo, 650000, Russia, plotnikov-ib@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0149-1724>

Konstantin B. Plotnikov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, mechatronics and automation of technological systems department, Kemerovo State University, Krasnaya Str., 6 Kemerovo, 650000, Russia, k.b.plotnikov.rf@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-4145-0027>

Evgeny N. Neverov Dr. Sci. (Engin.), professor, technosphere safety department, Kemerovo State University, Krasnaya Str., 6 Kemerovo, 650000, Russia, neverov42@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3542-786X>

Contribution

Liubov V. Plotnikova review of the literature on an investigated problem, wrote the manuscript

Pavel P. Ivanov Konstantin B. Plotnikov Evgeny N. Neverov consultation during the study

Igor B. Plotnikov conducted an experiment, correct the manuscript it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 21/07/2021	После редакции 12/08/2021	Принята в печать 30/08/2021
Received 21/07/2021	Accepted in revised 12/08/2021	Accepted 30/08/2021

Исследование реологической модели макаронного теста для аддитивного производства

Сергей А. Бредихин	¹	bredihin2006@yandex.ru	 0000-0002-6898-0389
Александр Н. Мартеха	¹	man6630@rambler.ru	 0000-0002-7380-0477
Юлия Е. Каверина	¹	kaverinayu@mail.ru	 0000-0002-8352-922X

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127550, Россия

Аннотация. Реологические измерения проводились на макаронном тесте из смеси манной крупы и цельнозерновой муки из твердых сортов пшеницы. Для определения реологических характеристик в условиях экструзии и ее отношения к поведению макаронного теста во время обработки изделий объект исследования был экструдирован с помощью капиллярного вискозиметра и лабораторного экструдера. Также были проведены испытания на ползучесть, чтобы проверить возможность пренебрежения упругой составляющей деформации. Было исследовано влияние температуры и степени гидратации на вязкость макаронного теста. Целью этого исследования является определение реологической модели, необходимой для последующего анализа процесса экструзионной 3D –печати макаронного теста. Результаты показали, что тесто для макаронных изделий ведет себя как псевдопластическая жидкость, что можно описать с помощью модели степенного закона. Повышенные уровни гидратации снижали кажущуюся вязкость теста, которая коррелировала с давлением экструзии. Исследования подтвердили вязкоупругое поведение макаронных изделий, но важным наблюдением для целей настоящего исследования является то, что упругая составляющая деформации очень мала по сравнению с условиями текучести. Наблюдалось уменьшение значения коэффициента консистенции с увеличением степени гидратации теста с 30 до 34%. На индекс текучести также влияла влажность теста. Общее значения индекса текучести варьировалось от 0,284 для 30% и 0,404 для 34%, наблюдалось его повышение с увеличением содержания влаги. Разработанная реологическая модель макаронного теста будет использоваться для моделирования поведения потока при печати в 3D-принтере экструзионного типа с помощью технологии вычислительной гидродинамики.

Ключевые слова: реология, экструзия, макаронное тесто, аддитивные технологии

Study of the rheological model of pasta dough for additive manufacturing

Sergey A. Bredihin	¹	bredihin2006@yandex.ru	 0000-0002-6898-0389
Alexander N. Martekha	¹	man6630@rambler.ru	 0000-0002-7380-0477
Yuliya E. Kaverina	¹	kaverinayu@mail.ru	 0000-0002-8352-922X

¹ Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russia

Abstract. Rheological measurements were carried out on pasta dough from a mixture of semolina and whole wheat flour from durum wheat. To determine the rheological characteristics under extrusion conditions and its relation to the behavior of the pasta dough during the processing of products, the object of study was extruded using a capillary viscometer and a laboratory extruder. Creep tests were also carried out to check the possibility of neglecting the elastic component of deformation. The influence of temperature and degree of hydration on the viscosity of pasta dough was investigated. The purpose of this study is to determine the rheological model required for the subsequent analysis of the process of extrusion 3D-printing of pasta dough. The results showed that the pasta dough behaves like a pseudoplastic liquid, which can be described using a power law model. Increased hydration levels reduced the apparent dough viscosity, which correlated with extrusion pressure. Studies have confirmed the viscoelastic behavior of pasta, but an important observation for the purposes of this study is that the elastic component of deformation is very small compared to yield conditions. There was a decrease in the value of the coefficient of consistency with an increase in the degree of hydration of the dough from 30 to 34%. The moisture index of the dough also influenced the flow index. The overall value of the flow index varied from 0.284 for 30% and 0.404 for 34%, it was observed to increase with increasing moisture content. The developed rheological models of pasta dough will be used to simulate the flow behavior when printing in an extrusion-type 3D printer using computational fluid dynamics technology.

Keywords: rheology, extrusion, pasta dough, additive technologies

Введение

Экструзия – один из наиболее универсальных и хорошо зарекомендовавших себя промышленных процессов, используемых сегодня в пищевой промышленности. Он все чаще применяется во всем мире для производства постоянно расширяющегося списка продуктов питания и кормов, включая закуски, крупы,

макаронные изделия, текстурированные растительные белки и корма для животных. Процесс обычно включает преобразование состава на основе пластифицированного биополимера в однородно обработанную вязкоупругую массу, которая подходит для формования.

Процесс экструзии можно разделить на два основных типа. Во-первых, экструдирование

Для цитирования

Бредихин С.А., Мартеха А.Н., Каверина Ю.Е. Исследование реологической модели макаронного теста для аддитивного производства // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 55–60. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-55-60

For citation

Bredihin S.A., Martekha A.N., Kaverina Y.E. Study of the rheological model of pasta dough for additive manufacturing. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 55–60. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-55-60

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

без варки или формование, когда давление, создаваемое шнеком, перемещает материал к формирующей матрице. Во-вторых, варочная экструзия, которая, как следует из названия, включает в себя приготовление сырых ингредиентов за счет комбинированного действия тепла, механического сдвига и давления [1].

Процесс производства макаронных изделий (формовочная экструзия) можно считать устоявшейся технологией. Хотя развитие знаний насчитывает много веков, а промышленные предприятия для непрерывной обработки в основном не изменились, механизмы, задействованные в преобразовании манной крупы в макаронные изделия путем добавления воды и применения механической и тепловой энергии, полностью не исследованы. Более того, взаимосвязь между параметрами обработки и качеством продукции полностью не изучена [2].

Литература по экструзии макаронных изделий весьма ограничена и в основном сосредоточена на сырье, процессе сушки и качестве конечных продуктов [3, 9].

Во многих исследованиях основной целью был выбор наиболее подходящих сортов твердой пшеницы путем оценки их характеристик при переработке растительного сырья или измерения физико-химических изменений, испытываемых компонентами [10].

Самому процессу уделялось очень мало внимания, и исследования по одношнековой экструзии практически ограничивались варкой при экструзии. Лишь совсем недавно процесс экструзии рассматривается в разрезе формования пищевых продуктов при аддитивной технологии [4, 6, 11, 12].

Процесс экструзии в пищевой 3D-печати – это управляемый цифровым способом, роботизированный конструкторский процесс, который позволяет создавать слой за слоем сложные 3D-пищевые объекты. Он начинается с загрузки материала, выдавливания из сопла контролируемым образом, перемещения потока материала по заданному пути и в конечном итоге склеивания нанесенного слоя с образованием когерентной твердой структуры [7, 13].

В процессе экструзии реологические свойства материалов имеют решающее значение для обеспечения надлежащей экструдированности, связывания различных слоев пищевых продуктов вместе и поддержания веса осажденных слоев [8].

Цель работы – получение экспериментальных данных о реологических свойствах макаронного теста с целью разработки модели численного моделирования процесса аддитивного производства макаронных изделий. Понимание такой связи позволяет нам прогнозировать

поведение печати тестовых масс и тем самым лучше проектировать качественные печатные составы и процессы [4, 14, 15].

Материалы и методы

Материалом, использованным в эксперименте, была манная крупа и цельнозерновая мука из твердых сортов пшеницы. На образцах теста, приготовленных в лаборатории, исследовали различное содержание влаги с целью выяснить взаимосвязь между влажностью и поведением теста. Манную крупу смешивали при 25° С с водой при требуемом уровне гидратации в течение 15 минут с использованием бытового миксера. Макаaronное тесто было гидратировано до влажности 30, 32 и 34% и отформовано с использованием лабораторного экструдера, круглые матрицы которого придавали форму спагетти. Для определения влажности использовалась методика ААСС [5].

Перед измерениями все тесто выдерживали в пластиковом корпусе на 20 минут при комнатной температуре.

Испытания на ползучесть проводились на образцах с приложением напряжения сдвига 30 Па в течение 3000 с, так как этого времени было достаточно для достижения состояния постоянной скорости сдвига для последней части испытания. Выбранное напряжение сдвига (ниже критического значения) было основано на совпадении кривых податливости ползучести, полученных при различных напряжениях. Испытания на ползучесть были получены на трех отдельно замешанных кусках теста для каждого образца.

Для измерения реологических свойств макаронного теста использовали капиллярный вискозиметр. Ингредиенты смешивали в течение 1 минуты в смесителе, а затем загружали в вискозиметр, который был предварительно нагрет до 45 °С, температуры, при которой обычно происходит экструзия макаронных изделий. Температура контролировалась тремя нагревателями по всей длине цилиндра, диаметр которого составлял 24 мм, и для его заполнения требовалось около 88 г. материала.

Поршень вискозиметра был приведен в соприкосновение с тестом для стадии предварительной подготовки. Тесту позволили отдохнуть в цилиндре в течение трех минут, чтобы оно расслабилось и уравнилось при температуре 45 °С без значительной потери влаги. Эксперимент проводился путем измерения давления экструзии, необходимого для выдавливания теста при скоростях поршня 21,4; 52,6; 129,8 и 320 мм/мин. После основной температуры реологические измерения проводились при 20; 30 и 40° С.

При обработке теста из манной крупы как чисто вязкого материала к образцам прикладывали увеличивающуюся скорость сдвига и измеряли напряжение сдвига в разное фиксированное время для получения кривой течения.

Результаты и обсуждения

Результаты испытания на ползучесть представлены на рисунке 1, где в качестве меры повторяемости можно видеть, что кривые, относящиеся к разным повторениям, перекрываются в масштабе графика.

Самый первый сегмент кривой, который является наклонным, представляет собой упругую реакцию на импульс силы, а конец кривой представляет установившийся поток. Как уже было замечено в [17], вязкость теста из манной крупы стремится к вязкости при нулевом сдвиге при скоростях сдвига менее 10^{-5} c^{-1} .

Испытание подтвердило вязкоупругое поведение макаронных изделий, но важным наблюдением для целей настоящего исследования является то, что упругая составляющая деформации очень мала по сравнению с условиями текучести. Как следствие, экструзия может быть изучена для инженерных целей со ссылкой на модели чистого вязкого течения.

Кривые текучести теста представлены на рисунке 2 для различных значений температуры. Примечательно, как напряжение сдвига уменьшается при более высоких температурах при той же скорости деформации. Кроме того, при более низкой скорости деформации был достигнут режим установившегося потока.

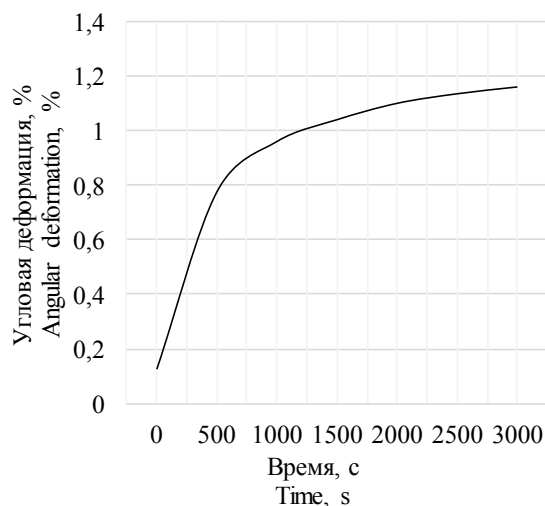


Рисунок 1. Зависимость угловой деформации макаронного теста от времени воздействия

Figure 1. Dependence of the angular deformation of the pasta dough on the exposure time

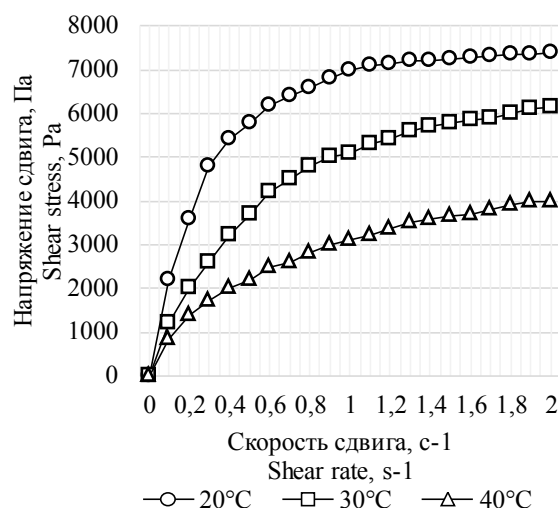


Рисунок 2. Зависимость напряжения от скорости сдвига при различной температуре

Figure 2. Dependence of stress on shear rate at different temperatures

Данные о напряжении сдвига и скорости сдвига, полученные с помощью капиллярного вискозиметра и скорректированные с использованием формулы Рабиновича, были адекватно описаны моделью степенного закона. Форма кривой кажущейся вязкости (рисунок 3), указывает на то, что тесто для макаронных изделий представляет собой псевдопластичную жидкость [9, 16].

Псевдопластическое поведение при сдвиге, наблюдаемое в тесте, объясняется макромолекулярными характеристиками белковых молекул. При низких скоростях сдвига молекулы белка расположены случайным образом, но при высоких скоростях сдвига они выравниваются в направлении сдвига, тем самым снижая вязкость теста [18, 19].

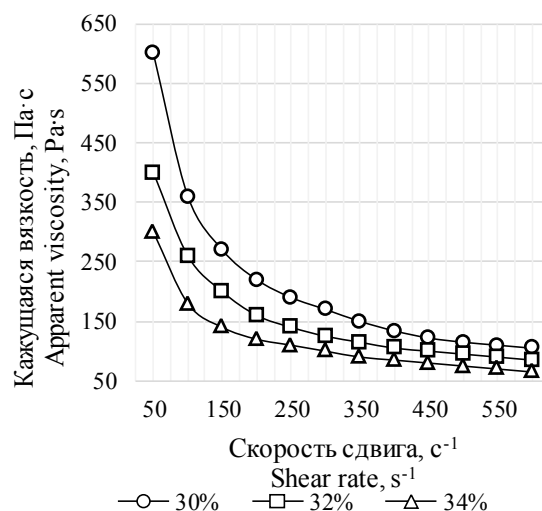


Рисунок 3. Зависимость кажущейся вязкости от скорости сдвига при различной влажности

Figure 3. Dependence of the apparent viscosity on the shear rate at different humidity

Значения коэффициента консистенции, приведенные в модели степенного закона, варьировались в диапазоне от 222,1 кПа сⁿ, для 30%, и 68,2 кПа сⁿ для 34%. Наблюдается уменьшение значения коэффициента консистенции с увеличением степени гидратации теста с 30 до 34%. На индекс текучести также влияла влажность теста. Общее значения индекса текучести варьировалось от 0,284 для 30% и 0,404 для 34%, т. е. наблюдалось его повышение с увеличением содержания влаги.

Коэффициент консистенции и индекс текучести являются параметрами, которые отражают реологические свойства теста при его экструзии в капиллярном вискозиметре. Уменьшенные значения коэффициента консистенции при увеличении влажности теста с 30% до 34% указывают на то, что вода является пластификатором, который уменьшает консистенцию теста и увеличивает его текучесть, облегчая экструзию теста. Индекс текучести – это безразмерное число, которое указывает на уровень неньютоновского поведения теста. Чем дальше, тем больше значение жидкости равно 1, тем более неньютоновское поведение демонстрирует жидкость. Вода является ньютоновской жидкостью, поэтому, как и ожидалось, значения индекса текучести для данной рецептуры теста приближалось к 1 по мере увеличения содержания влаги в тесте.

Истинная скорость сдвига, при которой образцы экструдировались, составляла 41,6 с⁻¹, для 34%, и 90,8 с⁻¹, для 30%. Эти значения содержались в диапазоне скоростей сдвига, при которых тесто экструдировалось в капиллярном вискозиметре, что позволило рассчитать кажущуюся вязкость макаронного теста при помощи моделей, созданных вискозиметром.

Результаты показали, что на кажущуюся вязкость теста для макаронных изделий в значительной степени влияют состав и уровень гидратации теста. Чем выше содержание влаги в тесте, тем ниже кажущаяся вязкость экструдата.

Традиционное тесто для макаронных изделий, состоящее из 100% манной крупы, обычно гидратируется до влажности 32%, и поэтому кажущаяся вязкость этой рецептуры-гидратация теста будет использоваться в качестве контрольного значения, отмеченного на рисунке 4 горизонтальной линией. Согласно рисунку 4, оптимальный уровень гидратации рецептуры смеси манной крупы и цельнозерновой муки из твердых сортов пшеницы для проявления такой же кажущейся вязкости, как у традиционного теста для макаронных изделий, составлял бы от 32 до 34%.

Уменьшение кажущейся вязкости теста при повышении уровня гидратации отражает

пластифицирующее действие воды на реологическое поведение теста в условиях экструзии. Кажущаяся вязкость теста напрямую зависит как от значений коэффициента консистенции, так и от индекса текучести. Поскольку коэффициент консистенции и индекс текучести зависели от уровня гидратации, как обсуждалось ранее, ожидалось, что кажущаяся вязкость теста будет реагировать также.

Отображение значений кажущейся вязкости, показанных на рисунке 4, позволяет визуально сравнить значения кажущейся вязкости от уровня гидратации по отношению к эталонному образцу, где горизонтальная линия указывает на уровень образца при влажности 32%.

Исследуемые образцы показали более высокие значения кажущейся вязкости, чем эталонный образец, даже при 32% гидратации. Фракции отрубей поглощали воду, поэтому им требуется больше воды, чтобы демонстрировать такое же реологическое поведение, как у контрольного образца.

Реологическое поведение, проявляемое тестом в экструдере для макаронных изделий, следовали той же тенденции, что и поведение теста, отображаемое на капиллярном вискозиметре. За счет повышения уровня гидратации тесто стало более податливым и текучим, что уменьшило давление экструзии, необходимое для выдавливания теста.

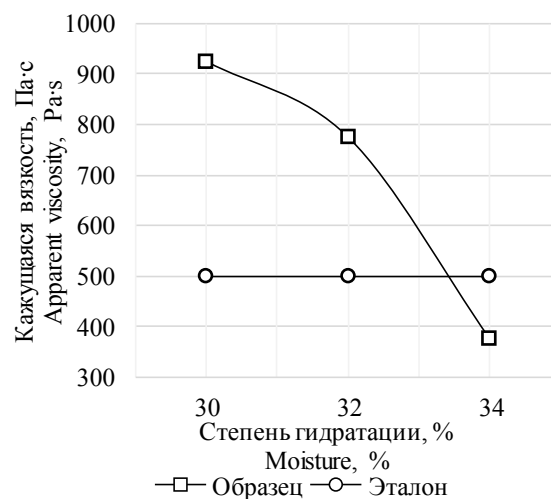


Рисунок 4. Зависимость кажущейся вязкости макаронного теста от степени гидратации

Figure 4. Dependence of the apparent viscosity of the pasta dough on the degree of hydration

В экструдерах для макаронных изделий давление экструзии является результатом взаимодействия скорости шнека, температуры и гидратации муки. Поскольку скорость вращения шнека и температура поддерживались постоянными во время процесса экструзии, изменение значений давления отражает эффект гидратации теста.

Заключение

Поведение теста для макаронных изделий, наблюдаемое во время экструзии макаронных изделий, может быть объяснено реологическими исследованиями, проводимыми с помощью капиллярного вискозиметра. На коэффициент консистенции и показатель текучести, рассчитанные после экструзии теста, сильно повлияли изменения уровня гидратации и рецептура теста. Оценка кажущейся вязкости теста при экструдировании теста в лабораторном экструдере для макаронных изделий может быть определена

благодаря данным, предоставленным капиллярным вискозиметром. Сильная корреляция, обнаруженная между кажущейся вязкостью теста и параметрами экструзии макаронных изделий, указывает на возможность использования экструзионного 3D-принтера для производства макаронных изделий [20].

Разработанная реологическая модель макаронного теста будет использоваться для моделирования поведения потока при печати в 3D-принтере экструзионного типа с помощью технологии вычислительной гидродинамики.

Литература

- 1 Шариков А.Ю., Степанов В.И., Иванов В.В., Поливановская Д.В., Амелякина М.В. Экструдирование смесей пшеницы и выжимок моркови повышенной влажности в технологии продуктов, готовых к употреблению // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 43–49. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-43-49.
- 2 Щекoldина Т.В. Разработка технологических решений производства безглютеновых макаронных изделий на основе киноа (*Chenopodium quinoa* Willd.) // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2019. № 6. С. 56–62.
- 3 Полянкова Н.Э., Жилиева Н.С. Новые технологии при производстве макаронных изделий // Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования. 2020. № 12. С. 122–126. doi:10.36683/2500-249X/2020-12/122-126.
- 4 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
- 5 Прибытков А.В., Овсянников В.Ю., Мартеха А.Н., Торощев В.В. Основные факторы, влияющие на кинетику процесса сушки ферментированного пшеничного сырья // Хранение и переработка сельхозсырья. 2015. № 5. С. 33–35.
- 6 Корреляция реологических свойств с качеством трехмерной печати шоколадной массы / С.А. Бредихин [и др.] // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 111–116. doi:10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.015.
- 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. 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 Sarghini F., Romano A., Masi P. Experimental analysis and numerical simulation of pasta dough extrusion process // Journal of Food Engineering. 2016. V. 176. P. 56–70. doi:10.1016/j.jfoodeng.2015.09.029.
- 10 Romano A., Ferranti P., Gallo V., Masi P. New ingredients and alternatives to durum wheat semolina for a high quality dried pasta // Current Opinion in Food Science. 2021. V. 41. P. 249–259. doi:10.1016/j.cofs.2021.07.005.
- 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., Kem C., Gras S.L., Schutzyer M.A.I., Kohls R. 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 Masbemat L., Berland S., Leverrier C., Moulin G., Michon C., Almeida G. 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 Mishra K., Kohler L., Kummer N., Zimmermann S., Ehrenguber S., Kämpf F., Dufour D., Nyström G., Fischer P., Windhab E.J. Rheology of cocoa butter // Journal of Food Engineering. 2021. V. 305. 110598. doi:10.1016/j.jfoodeng.2021.110598
- 20 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 Sharikov A. Yu., Stepanov V.I., Ivanov V.V., Polivanovskaya D.V., Amelyakina M.A. Extrusion cooking of wet mixtures of wheat flour with carrot bagasse in technology of ready-to-eat products. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 43–49. (In Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-43-49.
- 2 Shchekoldina T.V. Development of technological solutions for the production of gluten-free pasta based on quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) // Technology and merchandising of the innovative foodstuff. 2019. no. 6(59). pp. 56–62. (in Russian).

- 3 Polynkova N.E., Zhiyaeva N.S. New technologies in the production of pasta. Education and science without borders: fundamental and applied research. 2020. no. 12. pp. 122–126. (in Russian). doi:10.36683/2500-249X/2020-12/122-126.
- 4 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
- 5 Pribytkov A.V., Ovsyannikov V. Yu., Martekha A.N., Toroptsev V.V. The main factors affecting the kinetics of the drying process of fermented wheat raw materials. Storage and processing of agricultural raw materials. 2015. no. 5. pp. 33–35. (in Russian).
- 6 Bredihin, S.A., Andreev, V.N., Martekha, A.N. & Berezovskiy, Yu. M. (2021). Correlation between rheological properties and quality three-dimensional printed chocolate mass. Polzunovskiy vestnik, (3), 111–116. (in Russian). doi:10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.015.
- 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. (in Russian). doi:10.21122/1683-6065-2018-4-139-144.
- 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 Sarghini F., Romano A., Masi P. Experimental analysis and numerical simulation of pasta dough extrusion process // Journal of Food Engineering. 2016. vol. 176. pp. 56–70. doi:10.1016/j.jfoodeng.2015.09.029.
- 10 Romano A., Ferranti P., Gallo V., Masi P. New ingredients and alternatives to durum wheat semolina for a high quality dried pasta. Current Opinion in Food Science. 2021. vol. 41. pp. 249–259. doi:10.1016/j.cofs.2021.07.005.
- 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 Wims P., Daffner K., Kem C., Gras S.L., Schutzyer M.A.I., Kohls R. 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 Masbemat L., Berland S., Leverrier C., Moulin G., Michon C., Almeida G. 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., Hemmans 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 Mishra K., Kohler L., Kummer N., Zimmermann S., Ehrenguber S., Kämpf F., Dufour D., Nyström G., Fischer P., Windhab E.J. Rheology of cocoa butter. Journal of Food Engineering. 2021. vol. 305. 110598. doi:10.1016/j.jfoodeng.2021.110598
- 20 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

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>

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>

Юлия Е. Каверина аспирант, кафедра процессов и аппаратов перерабатывающих производств, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127550, Россия, kaverinayu@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8352-922X>

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

Sergey A. Bredihin Dr. Sci. (Engin.), professor, department of processes and apparatus of processing industries, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russia, bredihin2006@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6898-0389>

Alexander N. Martekha Cand. Sci. (Engin.), associate professor, department of processes and apparatus of processing industries, 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>

Yuliya E. Kaverina graduate student, department of processes and apparatus of processing industries, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russia, kaverinayu@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8352-922X>

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 11/07/2021	После редакции 23/07/2021	Принята в печать 03/08/2021
Received 11/07/2021	Accepted in revised 23/07/2021	Accepted 03/08/2021

Подходы к совершенствованию системы контроля качества зерна на элеваторах

Александр А. Рындин ¹	ryndinaa@mgupp.ru	 0000-0001-6861-9297
Алла Н. Стрелюхина ¹	alstrel@rambler.ru	 0000-0001-5352-8165
Юлия А. Сорокина ²	sorokina9101994@ya.ru	 0000-0003-2197-2063

¹ Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе 11, г. Москва, 125080, Россия

² Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Рассмотрен производственный процесс на элеваторных комплексах, одна из основных задач которого формирование партий зерна с заданными показателями качества. Важное место отведено системе контроля физических и химико-биологических показателей зерна, нормируемых ГОСТ 9353–2016: массовая доля белка; количество и качество клейковины; число падения; стекловидность; натура; влажность; содержание сорной и зерновой примеси. Применяемая система контроля, приборное оснащение, методики измерений несовершенны продолжительны по времени и ориентированы на устаревшие приборы, применяемые на элеваторах. Методы лабораторных исследований зерна не позволяют их интегрировать в технический процесс управления современными машинами и аппаратами в «on-line» режиме. Описаны проблемы в определении засоренности, влажности зерна. В результате анализа современного состояния предложены направления совершенствования системы контроля качества зерна. Одним из способов уменьшения времени проведения лабораторного анализа зерна является применение приборов, использующих в своей работе метод БИК-спектроскопии. Инструментальной базой спектрального анализа являются: инфракрасные анализаторы и спектрофотометры. Они позволяют оперативно определять параметры: содержание жира, белка, крахмала, влажность, зольность. К достоинствам инфракрасных анализаторов качества зерна можно отнести: значительное сокращение времени на проведение анализа; существенная экономия энергоресурсов; приборы не требуют применения дорогостоящих расходных материалов и химических реактивов; менее жесткие требования по специальной подготовке предъявляются к обслуживающему персоналу, производящему измерения. Показана сфера применения в мировой практике инфракрасных анализаторов для анализа качества сельхозпродукции, описаны их достоинства.

Ключевые слова: зерно, анализ, элеватор, определение качества, инфракрасные анализаторы, система контроля.

Approaches to improving the grain quality control system at elevators

Aleksandr A. Ryndin ¹	ryndinaa@mgupp.ru	 0000-0001-6861-9297
Alla N. Streljuhina ¹	alstrel@rambler.ru	 0000-0001-5352-8165
Yulia A. Sorokina ²	sorokina9101994@ya.ru	 0000-0003-2197-2063

¹ Moscow State University of Food Production, Volokolamskoe Highway 11, Moscow, 125080, Russia

² Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The production process at elevator complexes is considered, one of the main tasks of which is the formation of batches of grain with specified quality indicators. An important place is given to the control system of physical and chemical-biological indicators of grain, standardized by GOST 9353-2016: mass fraction of protein; quantity and quality of gluten; falling number; vitreousness; nature; humidity; the content of weed and grain impurities. The applied control system, instrumentation, measurement methods are imperfect, long in time and focused on outdated devices, used on elevators. The methods of laboratory studies of grain do not allow them to be integrated into the technical process of controlling modern machines and devices in the "on-line" mode. Problems in determining grain debris and moisture content are described. As a result of the analysis of the current state, directions for improving the grain quality control system are proposed. One of the ways to reduce the time for laboratory analysis of grain is the use of devices that use the method of NIR spectroscopy in their work. The instrumental base of spectral analysis is infrared analyzers and spectrophotometers. They allow you to quickly determine the parameters: fat, protein, starch, moisture content, ash content. The advantages of infrared analyzers of grain quality include: a significant reduction in the time for analysis; significant energy savings; devices do not require the use of expensive consumables and chemicals; less stringent requirements for special training are imposed on service personnel performing measurements. The scope of application in world practice of infrared analyzers for analyzing the quality of agricultural products is shown, their advantages are described.

Keywords: seed, analysis, elevator, definition of quality, infrared analyzers, control system.

Для цитирования

Рындин А.А., Стрелюхина А.Н. Сорокина Ю.А. Подходы к совершенствованию системы контроля качества зерна на элеваторах // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 61–67. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-61-67

For citation

Ryndin A.A., Streljuhina A.N., Sorokina Yu.A. Approaches to improving the grain quality control system at elevators. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 61–67. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-61-67

Введение

Основное предназначение элеваторов (хлебоприемных предприятий) заключается в приеме большого количества зерна с различными физическими и химико-биологическими свойствами, формирование из него однородных партий с заданными показателями качества и обеспечение его сохранности определенный период времени.

Классический производственный процесс на элеваторных комплексах России состоит из:

- приемки зерна, распределения его по силосам (банкам) в зависимости от сорта и основных технологических показателей (классу, засоренности, влажности, общей стекловидности и т. п.);

- предварительной и основной очистки зерна от всех типов примесей, в том числе и сорных, линейные размеры и аэродинамические свойства, которых отличаются от зерновок основной культуры;

- тепловой сушки зерна, как способа, позволяющего обеспечить лучшую сохранность путем корректировки физических и химико-биологических свойств;

- формирования зерновых партии с заданными физическими и химико-биологическими свойствами (классу, засоренностью, влажностью, общей стекловидностью и т. п.), отвечающих требованиям, предъявляемым покупателями, и в зависимости от дальнейшего использования;

- отгрузки сформированной зерновой партии в транспортное средство с целью ее доставки покупателю, (предприятию) для дальнейшей переработки [1–5].

Процесс приема зерна сопровождается определением ряда физических и химико-биологических показателей его качества.

Лаборатории элеваторов определяют физические и химико-биологические показатели качества поступающего зерна в каждом транспортном средстве, что в свою очередь снижает скорость приема зерна и приводит к простоем транспортных средств.

Процедура приемки зерна, поступающего на элеваторы, регламентируется ГОСТ 13586.3–83 [6].

Данный документ определяет правила приема зерна, начиная от правильности оформления сопроводительных документов

на поступающую партию зерна, до веса пробы, забираемой для последующего проведения лабораторных исследований по подтверждению физических и химико-биологических показателей, и формирования среднесуточной пробы поступившего на элеватор зерна от всех поставщиков.

В ГОСТ 13586.3–83 содержится перечень оборудования, используемого для забора пробы и формирования из нее навесок для дальнейшего проведения лабораторных исследований. В данный перечень входят: пробоотборники механические и щупы различных конструкций, исключающие травмирование зерна; весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,01 г. по ГОСТ 24104–88; весы с пределом взвешивания до 20 кг по ГОСТ 29329–92; ковши вместимостью не менее 200 см³; делители; планки деревянные; совки; емкости для проб и навесок.

В соответствии с ГОСТ 9353–2016 «Пшеница. Технические условия», в поступившей на элеватор партии зерна пшеницы мягких и твердых сортов определяют следующие показатели: массовую долю белка; количество клейковины; качество клейковины; число падения; стекловидность; натуру; влажность; сорную и зерновую примеси. Значения нормируемых показателей приведены в таблице 1.

Продолжительность проведения лабораторного исследования взятой, из одного транспортного средства, пробы зерна, на соответствие вышеуказанных показателей составляет от 30 минут до 1 часа. Длительность проведения исследований вызвана следующими причинами:

- временем доставки исследуемого образца в лабораторию;
- необходимостью подготовки проб;
- большим количеством ручных операций;
- отсутствием возможности определения нескольких показателей с использованием одного прибора [7–12].

Это приводит к простоем транспортных средств, доставляющих зерно на элеватор.

В основной массе технология исследования качества поступающего на элеваторы зерна не соответствует современным требованиям, поскольку предусматривает использование устаревших методов и оборудования.

Таблица 1.

Показатели качества пшеницы

Table 1.

Wheat quality indicators

Наименование показателя Indicator name	Характеристика и ограничительная норма для мягкой пшеницы класса Characteristics and restrictive norm for soft wheat of the class					Характеристика и ограничительная норма для твердой пшеницы класса Characteristics and restrictive norm for durum wheat of the class				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Массовая доля белка, в пересчете на сухое вещество, %, не менее Mass fraction of protein, in terms of dry matter,%, not less	14,5	13,5	12,0	10,0	Не ограни- чивается Not limited to	13,5	12,5	11,5	10,0	Не ограни- чивается Not limited to
Количество клейковины, %, не менее Amount of gluten, %, not less	32,0	28,0	23,0	18,0		28,0	25,0	22,0	18,0	
Качество клейковины, не ниже: группы, ед. ИДК Gluten quality, not lower: groups, IDC units	43–77		18–102			18–102				
Число падения, с, не менее Number of drops, s, not less than	200		150	80		200		150	80	
Стекловидность, %, не менее Vitreous content,%, not less	60		40	Не ограничивается Not limited to		85		70	Не ограничивается Not limited to	
Натура, г/л, не менее Nature, g / l, not less	750		730	710	Не ограничивается Not limited to	770	745		710	Не ограничивается Not limited to
Влажность, %, не более Humidity,%, max	14,0					14,0				
Сорная примесь, %, не более Weed impurity,%, no more:	2,0			5,0		2,0			5,0	
в том числе: including:										
минеральная примесь mineral impurity	0,3			1		0,3			1	
в числе минеральной примеси: галька among the mineral admixture: pebbles	0,1					0,1				
испорченные зерна spoiled grains	1,0					0,2				
Зерновая примесь, %, не более Grain impurity,%, no more	5,0			15,0		5,0			15,0	

Проведенный анализ показывает, методики оценки качества зерна, используемые лабораториями на элеваторах, требуют изменений и корректировок. Причины такого вывода, следующие:

1. Показатели засоренности зерна вычисляются путем определения соотношения веса

примесей, содержащихся в исследуемом образце к весу основной зерновой культуры [13, 14].

Разделение исследуемого объема на примеси и основную культуру осуществляется вручную (путем визуального обнаружения примесей и их извлечения) и с помощью лабораторных сит (решет) с различными формами и

размерами отверстий. Для определения засоренности поступившего зерна используют навеску в 50 г. и на ее основе делают заключение о содержании примесей в партии весом от 20 до 60 тонн.

Используют и анализатор засоренности зерна У1-ЕАЗ, позволяющий без участия человека разделить исследуемый объем (1 кг) зерна на фракции и примеси, а затем путем их взвешивания определить требуемые показатели. Однако данные исследования занимают не менее 30 минут с учетом времени, необходимого на доставку исследуемого образца в лабораторию.

Данный способ определения засоренности зерна, как и ручной не позволяет определить засоренность всей партии исследуемого зернового продукта с высокой степенью достоверности, не говоря о возможности использования полученных данных для управления процессом формирования зерновой партии с заданными показателями.

2. Показатели влажности зерна определяют, взвесив исследуемый объем продукта до и после высушивания. Главный недостаток этого способа заключается в том, что он требует больших временных затрат, на анализ каждого исследуемого образца необходимо от 2 до 3 часов.

Метод Сарториуса является усовершенствованием классического способа определения влажности зерна и для проведения анализа требуется всего 20–30 минут, включая пробоподготовку, однако он менее точен. Метод Сарториуса лег в основу ускоренного метода измерения содержания влаги «НОН-Express», предложенного немецкой компанией «Heckmann comparu». Этот метод позволяет всего за три-пять минут с высокой точностью определить содержание влаги в зерне, однако требует больших временных затрат, связанных с предварительным автоматическим или ручным взятием образцов для исследования.

Одним из способов уменьшения времени проведения лабораторного анализа поступающего зерна на элеватор, является применение приборов, использующих в своей работе метод БИК-спектроскопии. Приборы, работающие на основе данного метода, нашли свое применение во многих странах мира и используются для оперативного (экспрессного) анализа показателей качества зерна. Практически все зарубежные элеваторы оснащены лабораторными приборами, работающими на принципе спектрального анализа в ближней инфракрасной (БИК) области [15–20].

Инструментальной базой спектрального анализа являются специальные приборы: инфракрасные анализаторы и спектрофотометры.

В мировой практике инфракрасные анализаторы широко используются для анализа качества сельхозпродукции:

- зерна (пшеницы, ячменя, ржи, тритикале);
- масличных культур (рапса, сои, подсолнечника, льна);
- продуктов их переработки (жмыхов и шротов);
- комбикормов;
- сухого молока и т. д.

Современные инфракрасные анализаторы качества зерна позволяют оперативно определять следующие параметры: жир, белок, влажность, клетчатку, крахмал, зольность и т. п.

К достоинствам инфракрасных анализаторов качества зерна можно отнести:

- значительное сокращение времени на проведение анализа;
- существенная экономия энергоресурсов;
- приборы не требуют применения дорогостоящих расходных материалов и химических реактивов;
- менее жесткие требования по специальной подготовке предъявляются к обслуживающему персоналу, производящему измерения (по сравнению с их коллегами, осуществляющими традиционные лабораторные методы анализа).

Для контроля качества зерна метод БИК-спектроскопии введен в число официально принятых во многих странах, вот некоторые из них:

— Метод БИК-спектроскопии определения белка. Метод 39–10, одобренный Американской ассоциацией химиков зерна (ACC approved method 39–10). Область применения – пшеница всех классов;

— Методика анализа зерна и зернопродуктов методом спектроскопии отражения в БИК-области (NIR). Рекомендация ICC № 202 (International Association for Cereal Science and Technology – Международное общество по химии зерна). Область применения – определение белка и влаги в размолотом зерне и зернопродуктах;

— Официальный метод FOSFA. Federation of Oils, Seed and Fat Association – Федерация производителей масел, семян и жиров. Область применения – одновременное определение содержания жира, влаги и летучих веществ, протеина в бобах сои.

В Российской Федерации действуют государственные и межгосударственные стандарты, позволяющие использовать ИК-анализаторы и спектрофотометры для определения ряда показателей:

- ГОСТ Р 50817–95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области.

- ГОСТ Р 50852–96. Комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырой золы, кальция и фосфора с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области.

- ГОСТ Р 53600–2009. Семена масличные, жмыхи и шроты. Определение влаги, жира, протеина и клетчатки методом спектроскопии в ближней инфракрасной области.

- ГОСТ 32040–2012. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области.

- ГОСТ 32041–2012. Комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырой золы, кальция и фосфора с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области.

- ГОСТ 33749–2014. Семена масличные, жмыхи и шроты. Определение влаги, жира, протеина и клетчатки методом спектроскопии в ближней инфракрасной области.

Не смотря на использование инфракрасных анализаторов и спектрофотометров, в качестве лабораторного оборудования, на комбикормовых заводах России, их использование на элеваторах затруднительно, по причине отсутствия нормативных документов, регламентирующих их применение.

Недостатки инфракрасных анализаторов качества зерна:

- отсутствие нормативных документов, позволяющих использовать инфракрасные анализаторы для определения качества зерна;

- временные затраты на доставку исследуемого образца в лабораторию;

- отсутствие возможности использования полученных показателей качества сырья для управления процессом формирования партий зерна с заданными свойствами.

Таким образом можно сделать следующие выводы:

- проводимые на элеваторах исследования по определению физических и химико-биологических показателей зерна являются статичными (не в потоке), требуют больших временных затрат, их значения относительными, так как получаются методом усреднения полученных результатов;

- для формирования однородной зерновой партии, с заданными физическими и химико-биологическими показателями, осуществляется большое количество однотипных лабораторных исследований, в сочетании с технологическими операциями, позволяющими достичь нужного результата;

- применяемые на элеваторах методы лабораторных исследований зерна не позволяют их интегрировать в технический процесс управления современными машинами и аппаратами в «on-line» режиме;

- на элеваторах отсутствует возможность непрерывного определения требуемых физических и химико-биологических показателей зерна, позволяющих принимать решение о дальнейших технологических операциях, выборе необходимых для этого машин и аппаратов и установке на них оптимальных режимов работ.

Заключение

Существующий на элеваторах технологический процесс требует усовершенствования в плане изменения подходов к проведению исследований по определению физических и химико-биологических показателей зерна.

Ведутся работы, направленные на изменение сложившегося технологического процесса на элеваторах, внедрения новых методов определения физических и химико-биологических показателей зерна, путем применения инфракрасных анализаторов и спектрофотометров.

Литература

- 1 Shewayrga H., Sopade P.A., Jordan D.R., Godwin I.D. Characterisation of grain quality in diverse sorghum germplasm using a Rapid Visco- Analyzer and near infrared reflectance spectroscopy // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2012. V. 92. №. 7. P. 1402-1410. doi: 10.1002/jsfa.4714
- 2 Assadzadeh S., Walker C.K., McDonald L.S., Maharjan P. et al. Multi-task deep learning of near infrared spectra for improved grain quality trait predictions // Journal of Near Infrared Spectroscopy. 2020. V. 28. №. 5-6. P. 275-286. doi: 10.1177/0967033520939318
- 3 Pojić M., Mastilović J., Majcen N. The application of near infrared spectroscopy in wheat quality control // Infrared Spectroscopy–Life and Biomedical Sciences, Theophanides, T.(ed.), Rijeka, Croatia: Intech Publisher. 2012. P. 167-184.
- 4 Montes J.M., Technow F., Bohlinger B., Becker K. Grain quality determination by means of near infrared spectroscopy in *Jatropha curcas* L // Industrial crops and products. 2013. V. 43. P. 301-305. doi: 10.1016/j.indcrop.2012.06.054
- 5 Manley M., McGoverin C.M., Snyders F., Muller N. et al. Prediction of Triticale Grain Quality Properties, Based on Both Chemical and Indirectly Measured Reference Methods, Using Near- Infrared Spectroscopy // Cereal Chemistry. 2013. V. 90. №. 6. P. 540-545. doi: 10.1094/CCHEM-02-13-0021-R
- 6 ГОСТ Р 13585.3 – 83 Зерно. Правила приемки и методы отбора проб. М.: Стандартинформ, 2009. 12 с.
- 7 Фейденгольд В.Б., Темирбекова С.А. Лабораторное оборудование для контроля качества зерна и продуктов его переработки; 3-е изд., перераб и доп. Москва: ДеЛи плюс, 2014. 247 с.

- 8 Butardo V. M., Sreenivasulu N., Juliano B. O. Improving rice grain quality: State-of-the-art and future prospects // *Rice Grain Quality*. 2019. P. 19-55. doi: 10.1007/978-1-4939-8914-0_2
- 9 Мелешкина Е.П., Методическое и приборное обеспечение современных производственно-технологических лабораторий предприятий хранения и переработки зерна // *Современные методы, средства и нормативы в области оценки качества зерна и зернопродуктов: сборник материалов 13-й Всероссийской научно-практической конференции (06–10 июня 2016 г., г. Анапа)*. КФ ФГБНУ «ВНИИЗ», Анапа, 2016. С. 10–14.
- 10 Мелешкина Е.П. Современные требования к производственно-технологическим лабораториям предприятий хранения и переработки зерна // *Хлебопродукты*. 2012. № 5. С. 42–45
- 11 Вобликов Е.М. Технология элеваторной промышленности. 2010. 384 с.
- 12 Злочевский В.Л., Борисов А.П. Исследование прочностных свойств зерновых материалов. 2017. 180 с.
- 13 ГОСТ 30483–97 Зерно. Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей; содержания мелких зерен и крупности; содержания зерен пшеницы, поврежденных клопом-черепашкой; содержание металломагнитной примеси. М.: Стандартинформ, 2009. 21 с.
- 14 Мелешкина Е.П. Некоторые вопросы определения в зерне вредных примесей, начиная с июля 2018 // *Хлебопродукты*. 2018. № 9. С. 16–17.
- 15 Hernandez-Martinez M., Gallardo-Velazquez T., Osorio-Revilla G. et al. Prediction of total fat, fatty acid composition and nutritional parameters in fish fillets using MID FTIR spectroscopy and chemometrics // *Food Science and Technology*. 2013. V. 52(1). P. 12–20. 26. doi: 10.1016/j.lwt.2013.01.001
- 16 Yuen S.N., Choi S.M., Phillips D.L. et al. Raman and FTIR spectroscopic study of carboxymethylated non-starch polysaccharides // *Food Chemistry*. 2009. V. 114(3). P. 1091–1098. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.10.053
- 17 Anjos O., Graca M., Campos P. et al. Application of FTIR-ATR spectroscopy to the quantification of sugar in honey // *Food Chemistry*. 2015. V. 169. P. 218–223. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.07.138
- 18 Buning-Pfaue H. Analysis of water in food by near infrared spectroscopy // *Food Chemistry*. 2003. V. 82(1). P. 107–115. doi: 10.1016/S0308-8146(02)00583-6
- 19 Meng X., Sedman J., Van De Voort F.R. Improving the determination of moisture in edible oils by FTIR spectroscopy using acetonitrile extraction // *Food Chemistry*. 2012. V. 135(2). P. 722–729. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.05.008
- 20 Reder M., Koczon P., Wirkowska M. et al. The application of FT-MIR spectroscopy for the evaluation of energy value, fat content, and fatty acid composition in selected organic oat products // *Food Analytical Methods*. 2014. V. 7(3). P. 547–55. doi: 10.1007/s12161-013-9652-2

References

- 1 Shewayrga H., Sopade P.A., Jordan D.R., Godwin I.D. Characterisation of grain quality in diverse sorghum germplasm using a Rapid Visco- Analyzer and near infrared reflectance spectroscopy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2012. vol. 92. no. 7. pp. 1402-1410. doi: 10.1002/jsfa.4714
- 2 Assadzadeh S., Walker C.K., McDonald L.S., Maharjan P. et al. Multi-task deep learning of near infrared spectra for improved grain quality trait predictions. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*. 2020. vol. 28. no. 5-6. pp. 275-286. doi: 10.1177/0967033520939318
- 3 Pojić M., Mastilović J., Majcen N. The application of near infrared spectroscopy in wheat quality control. *Infrared Spectroscopy—Life and Biomedical Sciences, Theophanides, T.(ed.)*, Rijeka, Croatia: Intech Publisher. 2012. pp. 167-184.
- 4 Montes J.M., Technow F., Bohlinger B., Becker K. Grain quality determination by means of near infrared spectroscopy in *Jatropha curcas* L. *Industrial crops and products*. 2013. vol. 43. pp. 301-305. doi: 10.1016/j.indcrop.2012.06.054
- 5 Manley M., McGoverin C.M., Snyders F., Muller N. et al. Prediction of Triticale Grain Quality Properties, Based on Both Chemical and Indirectly Measured Reference Methods, Using Near- Infrared Spectroscopy. *Cereal Chemistry*. 2013. vol. 90. no. 6. pp. 540-545. doi: 10.1094/CCHEM-02-13-0021-R
- 6 ГОСТ R 13585.3 - 83 Grain. Acceptance rules and sampling methods. Moscow, Standartinform, 2009. 12 p. (in Russian).
- 7 Feidengold V.B., Temirbekova S.A. Laboratory equipment for quality control of grain and grain products. Moscow, DeLi plus, 2014. 247 p. (in Russian).
- 8 Butardo V. M., Sreenivasulu N., Juliano B. O. Improving rice grain quality: State-of-the-art and future prospects. *Rice Grain Quality*. 2019. pp. 19-55. doi: 10.1007/978-1-4939-8914-0_2
- 9 Мелешкина Е.П., Methodological and instrumental support of modern production and technological laboratories of grain storage and processing enterprises. Modern methods, means and standards in the field of assessing the quality of grain and grain products: collection of materials of the 13th All-Russian scientific and practical conference (06-10 June 2016, Anapa). KФ FGBNU "VNIIZ", Anapa, 2016. pp. 10-14. (in Russian).
- 10 Meleshkina E.P. Modern requirements for production and technological laboratories of grain storage and processing enterprises. *Khleboпродукты*. 2012. no. 5. pp. 42–45. (in Russian).
- 11 Voblikov E.M. Elevator industry technology. 2010. 384 p. (in Russian).
- 12 Zlochevsky V.L., Borisov A.P. Study of the strength properties of grain materials. 2017. 180 p. (in Russian).
- 13 ГОСТ 30483–97 Grain. Methods for determining the total and fractional content of trash and grain impurities; content of small grains and size; the content of wheat grains damaged by a bug-turtle; the content of the metal-magnetic impurity. Moscow, Standartinform, 2009. 21 p. (in Russian).
- 14 Meleshkina E.P. Some issues of determining harmful impurities in grain, starting from July 2018. *Khleboпродукты*. 2018. no. 9. pp. 16-17. (in Russian).
- 15 Hernandez-Martinez M., Gallardo-Velazquez T., Osorio-Revilla G. et al. Prediction of total fat, fatty acid composition and nutritional parameters in fish fillets using MID FTIR spectroscopy and chemometrics. *Food Science and Technology*. 2013. vol. 52(1). pp. 12–20. 26. doi: 10.1016/j.lwt.2013.01.001

- 16 Yuen S.N., Choi S.M., Phillips D.L. et al. Raman and FTIR spectroscopic study of carboxymethylated non-starch polysaccharides. *Food Chemistry*. 2009. vol. 114(3). pp. 1091–1098. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.10.053
- 17 Anjos O., Graca M., Campos P. et al. Application of FTIR-ATR spectroscopy to the quantification of sugar in honey. *Food Chemistry*. 2015. vol. 169. pp. 218–223. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.07.138
- 18 Buning-Pfaue H. Analysis of water in food by near infrared spectroscopy. *Food Chemistry*. 2003. vol. 82(1). pp. 107–115. doi: 10.1016/S0308-8146(02)00583-6
- 19 Meng X., Sedman J., Van De Voort F.R. Improving the determination of moisture in edible oils by FTIR spectroscopy using acetonitrile extraction. *Food Chemistry*. 2012. vol. 135(2). pp. 722–729. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.05.008
- 20 Reder M., Koczon P., Wirkowska M. et al. The application of FT-MIR spectroscopy for the evaluation of energy value, fat content, and fatty acid composition in selected organic oat products. *Food Analytical Methods*. 2014. vol. 7(3). pp. 547–55. doi: 10.1007/s12161-013-9652-2

Сведения об авторах

Александр А. Рындин к.т.н., доцент, кафедра технологии броидильных 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>

Алла Н. Стрелюхина д.т.н., профессор, кафедра инженерии процессов, аппаратов, холодильной техники и технологий, Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе 11, г. Москва, 125080, Россия, alstrel@rambler.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-5352-8165>

Юлия А. Сорокина магистр, кафедра управления, организации производства и отраслевой экономики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, sorokina9101994@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-2197-2063>

Вклад авторов

Александр А. Рындин обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провел эксперимент, выполнил расчёты
Алла Н. Стрелюхина обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты
Юлия А. Сорокина консультация в ходе исследования

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

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>

Alla N. Streljuhina Dr. Sci. (Engin.), professor, engineering of processes, apparatuses, refrigeration, and technology department, Moscow State University of Food Production, Volokolamskoe Highway 11, Moscow, 125080, Russia, alstrel@rambler.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-5352-8165>

Yulia A. Sorokina master student, management, organization of production and sectoral economics department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, sorokina9101994@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-2197-2063>

Contribution

Aleksandr A. Ryndin review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations
Alla N. Streljuhina review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations
Yulia A. Sorokina consultation during the study

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 23/07/2021	После редакции 10/08/2021	Принята в печать 30/08/2021
Received 23/07/2021	Accepted in revised 10/08/2021	Accepted 30/08/2021

Биологически активные добавки и их влияние на организм студента

Вера Н. Еременко	¹	vera_er_ko@mail.ru	 0000-0001-5439-6168
Виктор А. Питкин	¹	irvik25@mail.ru	 0000-0001-6356-6501
Ольга В. Синько	¹	olgasinko73@ya.ru	 0000-0001-8784-7279
Виталий В. Дорошенко	²	ref_doroshenko@mail.ru	 0000-0001-9670-7817
Егор А. Ольховатов	³	olhovatov_e@inbox.ru	 0000-0002-5226-0109

¹ Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Россия

² Кубанский государственный университет, ул. Ставропольская, 149, г. Краснодар, 350040, Россия

³ Кубанский государственный аграрный университет, ул. Калинина, 13, г. Краснодар, 350044, Россия

Аннотация. Наш огромный мир растет и развивается во всевозможных направлениях. Человек становится намного требовательнее к условиям, которые его окружают, а также и к самому себе. На данный момент общество еще и ощутило на себе влияние пандемии коронавируса (COVID-19), что также выбивает человека из привычной колеи. Но что же остается практически неизменным в нашей жизни? На этот вопрос мы можем ответить, что это наше тело. Какие бы внешние изменения не происходили, но пока нас относят к роду «люди», а также к виду «человек разумный», большинство всех физико-химических процессов в нашем организме протекают всё также, как и сотни лет назад. Мы потребляем необходимые компоненты пищи, которые требуют наше тело, производим энергию и за счёт неё живем. Но сколько бы у человека не было «перед носом» информации, которую он мог бы освоить и, хотя бы, жить по принципу «не навреди самому себе», он всегда будет стремиться отыскать пути наименьшего сопротивления. В данной статье речь пойдет о спортивных пищевых добавках. Мы не зря проговорили ряд моментов в абзаце выше. Дело в том, что в век информационных технологий, люди становятся привязанными к внешности, а лидирующие позиции у них занимают в большинстве успешные личности, которые постоянно должны держать себя в форме. Стремление, бывает, порождает необходимость. Мы уверены, что большинство статистики по заболеваниям ЖКТ и ЦНС связаны именно с неправильными принципами внедрения в рацион тех или иных продуктов, а иногда даже полное их исключение (случаи анорексии). Вопрос спортивных пищевых добавок взбудоражил нас после обращения одной из студенток с фразой: «Я начала занятия в тренажерном зале. Какие спортивные добавки мне нужно принимать, чтобы прийти в форму?». Конечно же, у нас уже голова кругом идет даже при едином воспоминании о данном вопросе, но мы подробно разберемся с ним в данной статье. Нашей целью является донести читателям: что такое спортивные добавки, зачем они нужны, как влияют на организм и «с чем их едят»?

Ключевые слова: спорт, спортивные добавки, питание, тренировочный процесс, метаболизм, катаболизм, анаболизм, аминокислоты, белок, энергия

Biologically active supplements and their effect on the human body

Vera N. Eremenko	¹	vera_er_ko@mail.ru	 0000-0001-5439-6168
Viktor A. Pitkin	¹	irvik25@mail.ru	 0000-0001-6356-6501
Olga V. Sinko	¹	olgasinko73@ya.ru	 0000-0001-8784-7279
Vitali V. Doroshenko	²	ref_doroshenko@mail.ru	 0000-0001-9670-7817
Egor A. Olkhovатов	³	olhovatov_e@inbox.ru	 0000-0002-5226-0109

¹ Kuban State Technological University, Moskovskaya street, 2 Krasnodar, 350072, Russia

² Kuban State University, Stavropolskaya street, 149, Krasnodar, 350040, Russia

³ Kuban State Agrarian University, Kalinina street, 13, Krasnodar, 350044

Abstract. Our vast world is growing and developing in all sorts of ways. A person becomes much more demanding to the conditions that surround him, as well as to himself. But what remains virtually unchanged in our lives? To this question, we can answer that this is our body. Whatever external changes occur, but as long as we are referred to the genus "people", as well as to the species "intelligent man", most of all physical and chemical processes in our body are still the same as hundreds of years ago. We consume the necessary components of food that our body requires, produce energy, and live off it. But no matter how much information a person has "in front of his nose" that he could master and, at least, live on the principle of "do not harm yourself", he will always seek to find ways of least resistance. This article will focus on sports supplements. We did not say a number of points in the paragraph above for nothing. The fact is that in the age of information technology, people become attached to appearance, and the leading positions are occupied by most successful individuals who constantly have to keep themselves in shape. The desire sometimes begets ill-considered. We are sure that most of the statistics on diseases of the gastrointestinal tract and Central nervous system are associated with incorrect principles of introduction of certain products into the diet, and sometimes even their complete exclusion (cases of anorexia). The question of sports food supplements stirred us up after one of the students addressed us with the phrase: "I started classes in the gym. What sports supplements do I need to take to get in shape?". Of course, we are already dizzy even with a single memory of this issue, but we will deal with it in detail in this article. Our goal is to convey to readers: what are sports supplements, why they are needed, how they affect the body and "what they are eaten with"?

Keywords: sports, sports supplements, nutrition, training process, metabolism, catabolism, anabolism, amino acids, protein, energy

Для цитирования

Еременко В.Н., Питкин В.А., Синько О.В., Дорошенко В.В., Ольховатов Е.А. Биологически активные добавки и их влияние на организм студента // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 68–72. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-68-72

For citation

Eremenko V.N., Pitkin V.A., Sinko O.V., Doroshenko V.V., Olkhovатов E.A. Biologically active supplements and their effect on the human body. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 68–72. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-68-72

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

Введение

Первое с чего стоит начать рассматривать любой вопрос – это его сущность и основные понятия его составных частей. Что же такое спортивные пищевые добавки или, в общем употреблении, спортивное питание?

Спортивное питание (спортпит) – это особая группа пищевых добавок, выпускающаяся преимущественно для людей, ведущих активный образ жизни, занимающихся спортом и фитнесом и профессиональных спортсменов, при подготовке к соревнованиям [1].

Это самое распространенное определение спортивного питания. Правильно ли оно сформулировано? На этот вопрос можно ответить лишь субъективно каждому, ведь на удивление информация в доступных каждому источниках очень скудна, и необходимо скрупулёзно подходить к изучению данного вопроса. Наше мнение, как людей, привязанных к спорту, заключается и в детальном разборе самих спортивных пищевых добавок. Самые известные на данный момент в обществе это: протеин, гейнер, L-карнитин, ВСАА и креатин. Начнем разбор каждого из представленных выше спортивных добавок.

Протеин – это спортивная добавка, которая сделана на основе белковых смесей [2]. В пищеварительном тракте протеин расщепляется ферментами до аминокислот, которые всасываются в кровь и затем используются мышцами и другими тканями. На данный момент существует 3 распространенные вида «спортивного» протеина: казеиновый или медленный белок, сывороточный или быстрый белок и комплексный белок [3].

Гейнер – это класс спортивного питания, представляющий собой белково-углеводные смеси. Главная функция гейнера – увеличение массы тела и быстрое восполнение энергетических запасов [2].

L-карнитин – это естественное вещество, родственное витаминам группы В, выполняет в организме ряд важных функций, не является жиросжигателем, а является транспортером жировой ткани в митохондрии мышц, где при аэробных нагрузках эта жировая ткань превращается в энергию [4].

ВСАА – это комплекс, состоящий из трех незаменимых аминокислот: лейцин, изолейцин, валин; основной материал для построения новых мышц, эти незаменимые аминокислоты составляют 35 % всех аминокислот в мышцах и принимают важное участие в процессах анаболизма и восстановления, обладают антикатаболическим действием [5].

Креатин – это азотсодержащая карбоновая кислота, которая участвует в энергетическом обмене в мышечных и нервных клетках. В мире бодибилдинга креатин широко используется как спортивная добавка для увеличения силы, мышечной массы и кратковременной анаэробной выносливости [6].

Из всех определений и сопутствующих процессов в организме при приеме этих спортивных пищевых добавок следует, что они предназначены для профессиональных спортсменов. Люди, ведущие активный образ жизни, но профессионально не привязанные к спорту, могут спокойно получать те или иные вещества из продуктов питания (рыба, мясо, орехи, морепродукты, субпродукты и т. д.), которые будут обеспечивать их организм тем же строительным материалом.

Вы спросите: «зачем тогда тренерам и спортсменам спортивные добавки?». Давайте представим ситуацию. Вы – тренер. У вас ежедневно проходит как минимум 4 часа непрерывных тренировок. Это ваша работа, которая заставляет вас держать себя в форме и соблюдать режим, при этом еще и питаться нужно сбалансировано и рационально. Как выполнять все рабочие требования и оставаться здоровым? Здесь на помощь приходит спортивное питание, которое не нужно готовить и на которое нет больших затрат времени. Оно также ускоряет процессы восстановления организма после длительных физических нагрузок, которые присутствуют у «спортивных профессионалов» [7].

Это один из примеров, когда необходимо использование спортпита.

Методы

Для изучения статистики данного вопроса среди интересующего нас контингента людей, мы провели опрос среди студентов нашего университета. В котором содержался ряд вопросов:

1. Какие виды спортивных пищевых добавок или спортпита вы знаете?

2. По вашему мнению, когда нужно вводить в свой рацион спортивные пищевые добавки?

3. Случалось ли у вас прибегать к использованию спортпита? Если да, то в каких случаях?

Благодаря опросу мы вывели следующую статистику:

1) большинство наших студентов знакомы с основными видами спортивных пищевых добавок;

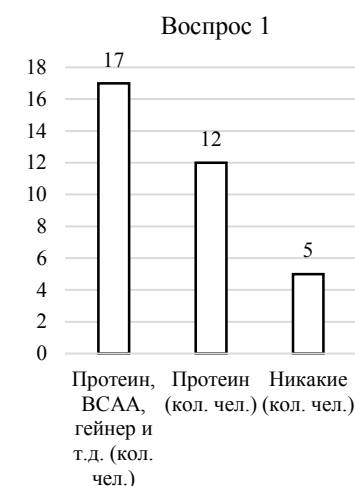
2) большинство опрошенных считают нормальным – применение спортпита в любительском спорте;

3) есть студенты, которые считают, что эти пищевые добавки способствуют похудению;

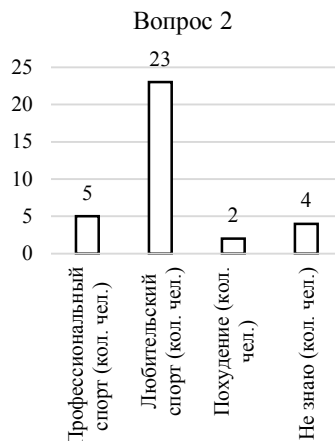
4) большинство студентов, при этом, никогда не включали в свой рацион питания спортивные пищевые добавки.

Результаты и обсуждение

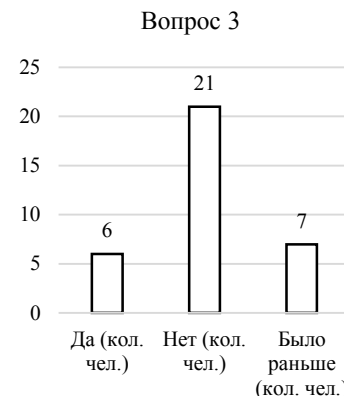
Из опроса следует, что большинство опрошенных не имеют полного представления о назначении и порядке применения спортпита. Это происходит, в большей степени, из-за навязанного маркетологами мнения об «их пользе» и «волшебном действии».



Protein, BCAA, Gainer, etc.



Professional sports Amateur sports Weight loss Don't know



Yes No It used to be

А теперь стоит разобраться как же действуют спортивные пищевые добавки на организм человека. Мы рассмотрим 2 ситуации: а) человек не тренируется и принимает спортпит; б) человек тренируется и принимает спортпит.

Все спортивные добавки направлены на конкретный результат от их приема, но в зависимости от активности человека и будет проявляться их действие, независимо от употребляемого компонента. Таким образом в ситуации А человек не прибегает к интенсивному тренировочному процессу [8], что приводит к накоплению и перенасыщению организма строительными веществами [9] (белок, аминокислоты и др.) при приеме спортивных пищевых добавок. Визуально это отражается в первую очередь на составе тканей тела и гормональном уровне человека [10]. Вероятнее всего, как в любом избытке веществ, организм начинает увеличивать свои объемы в весе, накоплении жировой ткани, что также приводит к резким перепадам инсулина [11]. Как результат: человек не добивается планируемого результата от «волшебных» добавок, разочаровывается и, чаще всего, страдают психологические процессы и здоровье в целом. В ситуации Б всё более благоприятно. Весь перечисленный выше спортпит будет «показывать» своему пользователю определенные результаты, которые также будут зависеть от тяжести нагрузки.

Интенсивная нагрузка порождает относительно быстрый результат, умеренные нагрузки, соответственно, более медленный результат. Но тем не менее, в отличие от ситуации А, он хотя бы присутствует. Также необходимо учитывать, что все результаты временны – пока вы принимаете эти спортивные добавки, результат может достигнуть своего максимума, но никогда не изменит физиологию строения вашего тела [12].

Заключение

Наше мнение заключается в следующем: любой спортивный результат можно поддерживать натуральным питанием, и он также не будет визуально отличаться от того, который был достигнут спортивными пищевыми добавками. При этом индивидуальные особенности организма при сбалансированном и рациональном питании не дадут сбой в организме, не вызовут побочные эффекты, избыток или дефицит тех или иных элементов [10]. Не испытывайте боязнь при обращении к диетологам, нутрициологам и профессиональным тренерам, которые смогут помочь вам подобрать путь по оздоровлению и поддержанию формы вашего тела без применения специальных добавок. В вопросе питания очень много теорий и мнений, которые все антагонисты между собой. Мы советуем изучать себя и своё тело, знать особенности своего организма и владеть

не только индивидуальными знаниями, но также всесторонне подходить к вопросу и формировать собственное мнение. Каждое адекватное решение будет считаться верным, ведь это ваш организм, и вы вправе делать с ним то, что

посчитаете нужным. Ну, и конечно же, желаем всем здоровья и благополучия в такое нелегкое для мира время – время борьбы с серьезным вирусом. Помните, что иммунитет также зависит и от вашего подхода к потреблению пищи.

Литература

- 1 Макгрегор Р. Спортивное питание: Что есть до, во время и после тренировок. М.: Альпина Паблишер, 2016. 304 с.
- 2 Jovanov P., Đorđić V., Obradović B., Barak O. et al. Prevalence, knowledge and attitudes towards using sports supplements among young athletes // Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2019. V. 16. №. 1. P. 1-9. doi: 10.1186/s12970-019-0294-7
- 3 Naderi A., De Oliveira E.P., Ziegenfuss T.N., Willems M.E. Timing, optimal dose and intake duration of dietary supplements with evidence-based use in sports nutrition // Journal of exercise nutrition & biochemistry. 2016. V. 20. №. 4. P. 1. doi: 10.20463/jenb.2016.0031
- 4 Caraballo I., Domínguez R., Guerra-Hernandez E.J., Sánchez-Oliver A.J. Analysis of sports supplements consumption in young Spanish elite dinghy sailors // Nutrients. 2020. V. 12. №. 4. P. 993. doi: 10.3390/nu12040993
- 5 Mueller K., Hingst J. The athlete's guide to sports supplements. Human Kinetics, 2013.
- 6 Schönfeldt H.C., Hall N., Pretorius B. 12th IFDC 2017 Special Issue–High protein sports supplements: Protein quality and label compliance // Journal of Food Composition and Analysis. 2019. V. 83. P. 103293. doi: 10.1016/j.jfca.2019.103293
- 7 Петров М.Н. Современный бодибилдинг. Минск: Харвест, 2016. 240 с.
- 8 Еременко В.Н., Уразов И.Я., Питкин В.А., Мисюрина А.Д. Виды физических нагрузок и их интенсивность. М.: РИИЦ, 2021.
- 9 Малимоненко П.С., Еременко В.Н. Специфика питания и занятий физической культурой при синусовой брадикардии. М.: РИИЦ, 2021.
- 10 Еременко В.Н., Левченко А.А. Влияние физических упражнений на умственную производительность студентов. М.: РИИЦ, 2020.
- 11 Келлер Л. Совершенное тело: Энциклопедия бодибилдинга; пер. с англ. М.: «Астрель», 2007. 416 с.
- 12 Еременко В.Н. Положительные и отрицательные аспекты биодобавок в спорте. М.: РИИЦ, 2017.
- 13 Maughan R.J., Shirreffs S.M. Nutrition for sports performance: issues and opportunities // Proceedings of the Nutrition Society. 2012. V. 71. №. 1. P. 112-119. doi:10.1017/S0029665111003211
- 14 Cholewa J., Trexler E., Lima-Soares F., de Araújo Pessôa K. et al. Effects of dietary sports supplements on metabolite accumulation, vasodilation and cellular swelling in relation to muscle hypertrophy: A focus on “secondary” physiological determinants // Nutrition. 2019. V. 60. P. 241-251. doi: 10.1016/j.nut.2018.10.011
- 15 Kerkick C.M., Wilborn C.D., Roberts M.D., Smith-Ryan A. et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations // Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2018. V. 15. №. 1. P. 1-57. doi: 10.1186/s12970-018-0242-y
- 16 Desbrow B., Slater G., Cox G. R. Sports nutrition for the recreational athlete // Australian journal of general practice. 2020. V. 49. №. 1/2. P. 17-22.
- 17 Красина И.Б., Бродовая Е.В. Современные исследования спортивного питания // Современные проблемы науки и образования. 2017. №. 5. С. 58-58.
- 18 Заварухина С.А., Звягина Е.В., Латышин Я.В. Виды и особенности влияния на уровень физической работоспособности спортивных добавок // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. 2019. №. 4 (15).
- 19 Сагина О.А., Кухаренко М.Ю. Новые методы использования спортивных добавок // Генезис экономических и социальных проблем субъектов рыночного хозяйства в России. 2019. №. 13. С. 102-106.
- 20 Харченко А.А., Яловенко О.В. Актуальность использования и особенности применения спортивного питания // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. Т. 6. №. 4. С. 149-154.

References

- 1 McGregor R. Sports nutrition: What to eat before, during and after exercise. Moscow, Alpina Publisher, 2016. 304 p. (in Russian).
- 2 Jovanov P., Đorđić V., Obradović B., Barak O. et al. Prevalence, knowledge and attitudes towards using sports supplements among young athletes. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2019. vol. 16. no. 1. pp. 1-9. doi: 10.1186/s12970-019-0294-7
- 3 Naderi A., De Oliveira E.P., Ziegenfuss T.N., Willems M.E. Timing, optimal dose and intake duration of dietary supplements with evidence-based use in sports nutrition. Journal of exercise nutrition & biochemistry. 2016. vol. 20. no. 4. pp. 1. doi: 10.20463/jenb.2016.0031
- 4 Caraballo I., Domínguez R., Guerra-Hernandez E.J., Sánchez-Oliver A.J. Analysis of sports supplements consumption in young Spanish elite dinghy sailors. Nutrients. 2020. vol. 12. no. 4. pp. 993. doi: 10.3390/nu12040993
- 5 Mueller K., Hingst J. The athlete's guide to sports supplements. Human Kinetics, 2013.
- 6 Schönfeldt H.C., Hall N., Pretorius B. 12th IFDC 2017 Special Issue–High protein sports supplements: Protein quality and label compliance. Journal of Food Composition and Analysis. 2019. vol. 83. pp. 103293. doi: 10.1016/j.jfca.2019.103293
- 7 Petrov M.N. Modern bodybuilding. Minsk, Harvest, 2016. 240 p. (in Russian).
- 8 Eremenko V.N., Urazov I.Ya., Pitkin V.A., Misyurina A.D. Types of physical activity and their intensity. Moscow, RSCI, 2021. (in Russian).

- 9 Malimonenko P.S., Eremenko V.N. Specificity of nutrition and physical education in sinus bradycardia. Moscow, RSCI, 2021. (in Russian).
- 10 Eremenko V.N., Levchenko A.A. The effect of physical exercise on the mental performance of students. Moscow, RSCI, 2020. (in Russian).
- 11 Keller L. The Perfect Body: The Encyclopedia of Bodybuilding. Moscow, "Astrel", 2007. 416 p. (in Russian).
- 12 Eremenko V.N. Positive and negative aspects of dietary supplements in sports. Moscow, RSCI, 2017. (in Russian).
- 13 Maughan R.J., Shirreffs S.M. Nutrition for sports performance: issues and opportunities. *Proceedings of the Nutrition Society*. 2012. vol. 71. no. 1. pp. 112-119. doi:10.1017/S0029665111003211
- 14 Cholewa J., Trexler E., Lima-Soares F., de Araújo Pessoa K. et al. Effects of dietary sports supplements on metabolite accumulation, vasodilation and cellular swelling in relation to muscle hypertrophy: A focus on "secondary" physiological determinants. *Nutrition*. 2019. vol. 60. pp. 241-251. doi: 10.1016/j.nut.2018.10.011
- 15 Kerkick C.M., Wilborn C.D., Roberts M.D., Smith-Ryan A. et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2018. vol. 15. no. 1. pp. 1-57. doi: 10.1186/s12970-018-0242-y
- 16 Desbrow B., Slater G., Cox G. R. Sports nutrition for the recreational athlete. *Australian journal of general practice*. 2020. vol. 49. no. 1/2. pp. 17-22.
- 17 Krasina I.B., Brodovaya E.V. Modern research of sports nutrition. *Modern problems of science and education*. 2017. no. 5. pp. 58-58. (in Russian).
- 18 Zavarukhina S.A., Zvyagina E.V., Latushin Ya.V. Types and features of the influence of sports supplements on the level of physical performance. *Human health, theory and methods of physical culture and sports*. 2019. no. 4 (15). (in Russian).
- 19 Sagina O.A., Kukharensko M.Yu. New methods of using sports supplements. *Genesis of economic and social problems of market economy entities in Russia*. 2019. no. 13. pp. 102-106. (in Russian).
- 20 Kharchenko A.A., Yalovenko O.V. The relevance of the use and features of the use of sports nutrition // *Modern trends in the development of science and technology*. 2016. vol. 6. no. 4. pp. 149-154. (in Russian).

Сведения об авторах

Вера Н. Еременко ст. преподаватель, кафедра физического воспитания и спорта, Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Россия, vera_er_ko@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5439-6168>

Виктор А. Питкин ст. 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>

Ольга В. Синько преподаватель, кафедра физического воспитания и спорта, Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Россия, olgasinko73@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8784-7279>

Виталий В. Дорошенко к.п.н., доцент, кафедра физического воспитания, Кубанский государственный университет, ул. Ставропольская, 149, г. Краснодар, 350040, ref_doroshenko@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-9670-7817>

Егор А. Ольховатов к.т.н., доцент, кафедра технологии хранения и переработки растениеводческой продукции, Кубанский государственный аграрный университет, ул. Калинина, 13, г. Краснодар, 350044, Россия, olhovatov_e@inbox.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5226-0109>

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

Vera N. Eremenko senior lecturer, physical education and sports department, Kuban State Technological University, Moskovskaya street, 2, Krasnodar, 350072, Russia, vera_er_ko@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5439-6168>

Viktor A. Pitkin senior lecturer, physical education and sports department, Kuban State Technological University, Kuban State Technological University, irvik25@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6356-6501>

Olga V. Sinko lecturer, physical education and sports department, Kuban State Technological University, Kuban State Technological University, olgasinko73@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8784-7279>

Vitali V. Doroshenko Cand. Sci. (Ped.), physical education department, Kuban State Technological University, Stavropol'skaya street, Krasnodar, 350040, ref_doroshenko@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-9670-7817>

Egor A. Olkhovатов Cand. Sci. (Engin.), technology of storage and processing of crop products department, Kuban State Agrarian University, Kalinina street, 13, Krasndar, 350044, olhovatov_e@inbox.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5226-0109>

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 15/07/2021	После редакции 09/08/2021	Принята в печать 31/08/2021
Received 15/07/2021	Accepted in revised 09/08/2021	Accepted 31/08/2021

Изучение реологических свойств кефирного продукта

Ольга И. Долматова¹olgadolmatova@rambler.ru  0000-0002-4450-8856Алина В. Красноженова¹meatech@yandex.ru¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Кефир является лидирующим продуктом потребления среди группы кисломолочных напитков. Кефирные продукты не являются исключением. Кисломолочные продукты содержат аминокислоты, молочнокислые бактерии, витамины, макро- и микроэлементы. Усваиваемость кисломолочных продуктов выше, чем у молока. Указанную группу продуктов можно потреблять людям, имеющим непереносимость лактозы. Научные исследования в молочной отрасли позволяют создавать продукты высокого качества за счет улучшения их рецептуры, обогащения растительными компонентами. При производстве кефирного продукта используют бактериальную культуру концентрированную заквасочную «Profiline» KF 40.11 D Golden Line и шрот из тыквенных семян. Шрот содержит около 50 % белка, 20 % клетчатки, пищевые волокна, витамины и другие компоненты. Он имеет высокую степень гидратации, что благоприятно сказывается при правильно выбранной дозировке на консистенции продукта, в состав которого входит. Выработаны образцы кефирных продуктов с добавлением растительного компонента. Массовую долю вносимого компонента шрота тыквенных семян определяли экспериментальным путем. Установлена оптимальная дозировка шрота в составе кефирного продукта. Продукт имел кисломолочный с характерным ароматом шрота вкус и запах, однородную консистенцию с включением частиц шрота, белый цвет с включениями частиц шрота горчичного цвета, массовую долю жира 3,2 %. Изучены данные показателей синерезиса в кисломолочных напитках в зависимости от времени. Опытным путем доказано улучшение реологических свойств продукта.

Ключевые слова: синерезис, реологические свойства, кисломолочные напитки, кефирный продукт, семена тыквы, шрот

Study of the rheological properties of a kefir product

Olga I. Dolmatova¹olgadolmatova@rambler.ru  0000-0002-4450-8856Alina V. Krasnozhenova¹meatech@yandex.ru¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. Kefir is the leading consumer product among the group of fermented milk drinks. Kefir products are no exception. Fermented milk products contain amino acids, lactic acid bacteria, vitamins, macro- and microelements. The digestibility of fermented milk products is higher than that of milk. The specified group of products can be consumed by people with lactose intolerance. Scientific research in the dairy industry makes it possible to create high quality products by improving their formulation, enriching them with plant components. In the production of kefir product, a concentrated starter culture "Profiline" KF 40.11 D Golden Line and pumpkin seed meal are used. Pumpkin seed meal contains about 50% protein, 20% fiber, dietary fiber, vitamins and other components. It has a high degree of hydration, which, if the dosage is correctly selected, has a beneficial effect on the consistency of the product it contains. Samples of kefir products with the addition of a vegetable component have been developed. The mass fraction of the added component of pumpkin seed meal was determined experimentally. The optimal dosage of meal in the kefir product has been established. The product had a fermented milk taste and smell with a characteristic aroma of meal, uniform consistency with the inclusion of meal particles, white color with inclusions of mustard-colored meal particles, fat mass fraction of 3.2%. The analysis of the syneresis of the developed samples has been carried out. The improvement of the rheological properties of the product has been experimentally proven.

Keywords: syneresis, rheological properties, fermented milk drinks, kefir product, pumpkin seeds, meal

Введение

Кефир является лидирующим продуктом потребления среди группы кисломолочных напитков [1, 2]. Кефирные продукты не являются исключением.

Кисломолочные продукты содержат аминокислоты, молочнокислые бактерии, витамины, макро- и микроэлементы. Усваиваемость кисломолочных продуктов выше, чем у молока. Указанную группу продуктов можно потреблять людям, имеющим непереносимость лактозы. Таким образом, кисломолочные продукты являются полезными продуктами питания [3–7].

Современные представления в области рационального питания основаны на ограничении продуктов животного происхождения, а предпочтение в большей степени отдается продуктам растительного происхождения. Избыточное потребление продуктов с высоким содержанием жира и холестерина, наряду с факторами окружающей среды, приводят к целому ряду серьезных хронических болезней. Все это вызывает необходимость разработки новых молочных продуктов, восполняющих дефицит необходимых организму пищевых веществ [8–12].

Для цитирования

Долматова О.И., Красноженова А.В. Изучение реологических свойств кефирного продукта // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 73–77. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-73-77

For citation

Dolmatova O.I., Krasnozhenova A.V. Study of the rheological properties of a kefir product. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 73–77. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-73-77

Научные исследования в молочной отрасли позволяют создавать продукты высокого качества за счет улучшения их рецептуры, обогащения растительными компонентами [13–20].

В последнее десятилетие особенно популярными стали напитки-завтраки, которые представляют собой вязкий продукт, рекомендуемый как замена завтрака.

Одними из наиболее популярных компонентов, вносимых с целью обогащения молочных продуктов, улучшения его реологических показателей являются семена и продукт их переработки – шрот.

Шрот семян тыквы активно используют в хлебопечении с целью обогащения продуктов биологически активными веществами.

Материалы и методы

Объекты исследования: молоко цельное, молоко обезжиренное, закваска, тыквенный шрот, кефирный продукт.

В работе предложено использовать в качестве рецептурного компонента шрот семян тыквы. Он содержит 40–50% белка, 20% клетчатки, пищевые волокна, витамины и другие компоненты. Имеет высокую степень гидратации, что благоприятно сказывается при правильно выбранной дозировке на консистенции продукта. Отличительной положительной стороной применения шрота в продуктах питания является небольшая занимаемая площадь на складских площадях предприятия.

При производстве кефирного продукта используют бактериальную культуру концентрированную заквасочную, Profiline[®] KF 40.11 D Golden Line.

Оценку качества молочного сырья и готового продукта проводили в соответствии с требованиями ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции». Синерезис определяли фильтрационным методом.

Результаты и обсуждение

Выработаны образцы кефирных продуктов с добавлением растительного компонента.

Массовую долю вносимого компонента шрота тыквенных семян определяли экспериментальным путем. Выработано пять образцов кисломолочного напитка обогащенных шротом в количестве: 1 образец – кефирный продукт с внесением шрота в количестве 2%; 2 образец – кефирный продукт с внесением шрота в количестве 3%; 3 образец – кефирный продукт с внесением шрота в количестве 4%; 4 образец – кефирный продукт с внесением шрота в количестве 5%; 5 образец – кефирный продукт с внесением шрота в количестве 6%. Образцом сравнения был кефир без добавок (рисунок 1).



Рисунок 1. Внешний вид кефира и кефирных продуктов

Figure 1. Appearance of kefir and kefir products

Опытным путем установлена оптимальная дозировка шрота 5% (4 образец).

Показатели качества кефирного продукта приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Показатели качества кефирного продукта

Table 1.

Indicators of the quality of a kefir product

Показатель Index	Характеристика Characteristic
Консистенция Consistency	Однородная, с частицами шрота Homogeneous, with meal particles
Вкус и запах Taste and smell	Чистый кисломолочный, с выраженным привкусом пастеризации, с характерным ароматом шрота Pure fermented milk, with a pronounced taste of pasteurization, with a characteristic aroma of meal
Цвет Colour	Белый с включениями частиц шрота горчичного цвета White with inclusions of mustard-colored meal particles
Массовая доля жира, % Mass fraction of fat, %	3,2
Титруемая кислотность, °Т Titratable acidity, °Т	78
Количество молочнокислых бактерий, КОЕ/см ³ The number of lactic acid bacteria	2×10^7

Кисломолочный напиток является структурированной дисперсной системой. Внесение дополнительных компонентов в продукт влияет на его консистенцию.

Изучены данные показателей синерезиса в кисломолочных напитках в зависимости от времени.

Общий объем отделившейся сыворотки в изучаемых образцах составил: кефир –

$60 \pm 1 \text{ см}^3$; образец № 1 – $59 \pm 1 \text{ см}^3$; образец № 2 – $49 \pm 1 \text{ см}^3$; № 3 – $48 \pm 1 \text{ см}^3$; образец № 4 – $44 \pm 1 \text{ см}^3$; образец № 5 – $43 \pm 1 \text{ см}^3$.

Установлена прочная связь со сгустком в образцах продуктов № 4 и № 5.

На рисунке 2 приведены данные интенсивности синерезиса, % от общего объема сыворотки в исследуемых образцах в зависимости от времени.

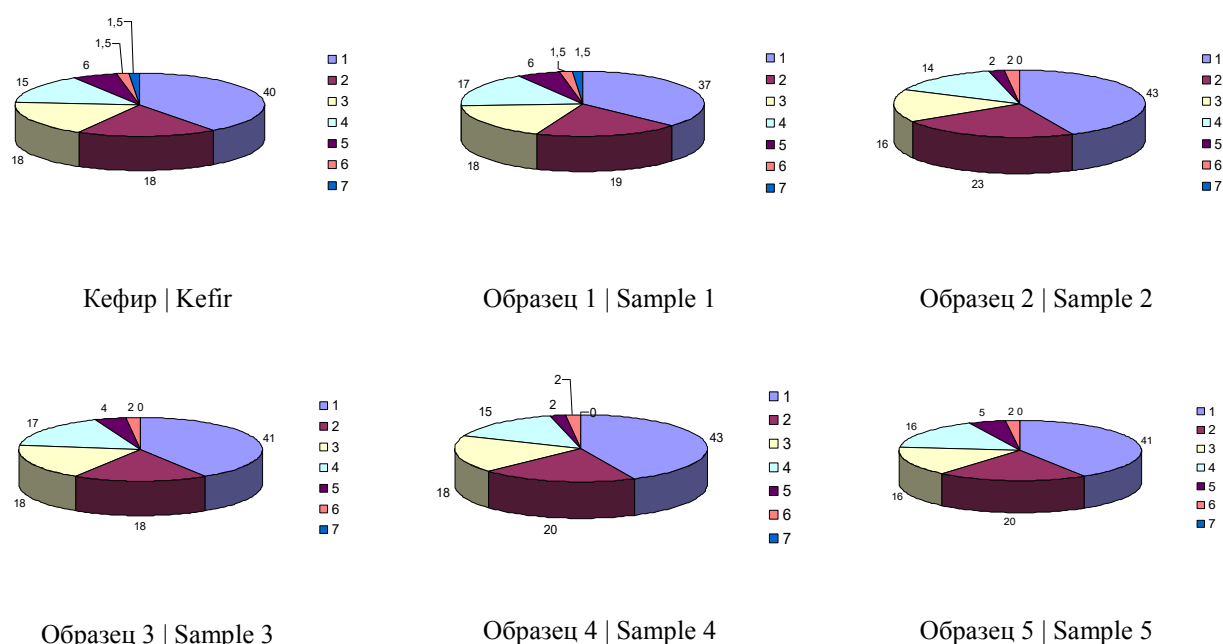


Рисунок 2. Интенсивность синерезиса в кефирных продуктах, %: 1 – 15 мин; 2 – 30 мин; 3 – 1 ч; 4 – 2 ч; 5 – 3 ч; 6 – 4 ч; 7 – 5 ч

Figure 2. Intensity of syneresis in fermented milk products, %: 1 – 15 min; 2 – 30 min; 3 – 1 h; 4 – 2 h; 5 – 3 h; 6 – 4 h; 7 – 5 h

Синерезис в большей степени проходил в первый час: в образцах выделилось от 74 до 82% от ее объема за 5 ч синерезиса. За последующий час синерезиса количество сыворотки составило 14–17%. Затем интенсивность выделения сыворотки через 1 ч уменьшилась до 2–6%. Прирост сыворотки на 3 – 4 ч составил в среднем 1,5 – 2%.

В свежеработанных образцах кефирных продуктов вязкость была выше по сравнению с контрольным образцом. В процессе хранения

наблюдали значительное повышение вязкости в экспериментальных образцах.

Заключение

Определены показатели качества кефирного продукта.

Проведен анализ синерезиса и показателя вязкости выработанных образцов.

Опытным путем доказано улучшение реологических свойств продукта за счет дополнительного внесения в него шрота семян тыквы.

Литература

- 1 Анисимов С.В., Сычева О.В. Настоящий кефир – пейте на здоровье! // Молочная промышленность. 2019. № 12. С. 40–41.
- 2 Булганина С.В., Лебедева Т.Е., Мявлина Н.Ж., Яшкова Н.В. Исследование факторов спроса потребителей на рынке кисломолочной продукции // Московский экономический журнал. 2020. № 1 С. 370–375.
- 3 Контарева В.Ю., Крючкова В.В. Исследование влияния обогащенных кефирных продуктов на развитие энтеробактерий // Техника и технология пищевых производств. 2017.
- 4 Rosa D., Dias M., Grześkowiak Ł, Reis S. et al. Milk kefir: Nutritional, microbiological and health benefits // Nutrition Research Reviews. 2017. V. 30. № 1. P. 82–96. doi:10.1017/S0954422416000275
- 5 Farag M.A., Jomaa S.A., Abd El-Wahed A.R., El-Seedi H. The Many Faces of Kefir Fermented Dairy Products: Quality Characteristics, Flavour Chemistry, Nutritional Value, Health Benefits, and Safety // Nutrients. 2020. V. 12. P. 346. doi: 10.3390/nu12020346
- 6 Gut A.M., Vasiljevic T., Yeager T., Donkor O.N. Antimicrobial properties of traditional kefir: An in vitro screening for antagonistic effect on Salmonella Typhimurium and Salmonella Arizonae // International Dairy Journal. 2022. V. 124. P. 105180. doi: 10.1016/j.idairyj.2021.105180
- 7 Gut A.M., Vasiljevic T., Yeager T., Donkor O.N. Kefir characteristics and antibacterial properties-potential applications in control of enteric bacterial infection // International Dairy Journal. 2021. P. 105021. doi: 10.1016/j.idairyj.2021.105021
- 8 Баранова Е.А., Дадым А.С. Способы улучшения качества производства кефирного продукта с внесением растительных компонентов // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2019. № 21. С. 235–237.
- 9 Залисская Е.В. Сравнение методов определения антиоксидантной активности в продукте, выработанном на закваске природной ассоциации микроорганизмов // Пищевая промышленность. 2021. № 5. С. 8–12.

- 10 Kim D.H., Jeong D., Song K.Y., Seo K.H. Comparison of traditional and backslopping methods for kefir fermentation based on physicochemical and microbiological characteristics // LWT. 2018. V. 97. P. 503-507. doi: 10.1016/j.lwt.2018.07.023
- 11 Egea M.B., dos Santos D.C., de Oliveira Filho J.G., da Costa Ores J. et al. A review of nondairy kefir products: their characteristics and potential human health benefits // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2020. doi: 10.1080/10408398.2020.1844140.
- 12 Pourbaba H., Anvar A.A., Pourahmad R., Ahari H. Increase in conjugated linoleic acid content and improvement in microbial and physicochemical properties of a novel kefir stored at refrigerated temperature using complementary probiotics and prebiotic // Food Science and Technology. 2021. V. 41. P. 254-266. doi: 10.1590/fst.61520
- 13 Голубева Л.В., Долматова О.И., Иванцова М.И. Кисломолочный продукт функционального назначения // Вестник ВГУИТ. 2016. № 2 (68). С. 148–152. doi: 10.20914/2310-1202-2016-2-148-152
- 14 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.
- 15 Chernopolskaya 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.
- 16 Гаврилина А.Д., Шелагинова И.Р., Зобкова З.С. Кисломолочные продукты как составляющая функционального питания // Молочная промышленность. 2019. № 2. С. 44.
- 17 Rodionova N.S., Popov E.S., Pozhidaeva E.A., Ryaskina L.O. et al. Mathematical modeling of heat treatment processes conserving biological activity of plant bioresources // Journal of Physics: Conference Series. 2018. V. 1015. P. 032107.
- 18 Перевертова О. Кефир: новации на основе классики // Переработка молока. 2019. № 11 (241). С. 40–41.
- 19 Рахманов Р.С., Трошин В.В., Блинова Т.В. Кефир, обогащенный хитозановым комплексом // Переработка молока. 2018. № 4 (222). С. 40–41.
- 20 Галиахметова А. А., Тригуб В. В. Кефирный напиток «Кедровица» // Физика. Технологии. Инновации (ФТИ-2020). 2020. С. 54-57.

References

- 1 Anisimov S.V., Sycheva O.V. Real kefir - drink to your health! Dairy industry. 2019. no. 12. pp. 40–41. (in Russian).
- 2 Bulganina S.V., Lebedeva T.E., Myavlina N.Zh., Yashkova N.V. Research of consumer demand factors on the market of fermented milk products. Moscow economic journal. 2020. no. 1 pp. 370–375. (in Russian).
- 3 Kontareva V.Yu., Kryuchkova V.V. Investigation of the effect of fortified kefir products on the development of enterobacteriaceae. Technics and technology of food production. 2017. (in Russian).
- 4 Rosa D., Dias M., Grześkowiak Ł., Reis S. et al. Milk kefir: Nutritional, microbiological and health benefits. Nutrition Research Reviews. 2017. vol. 30. no. 1. pp. 82–96. doi:10.1017/S0954422416000275
- 5 Farag M.A., Jomaa S.A., Abd El-Wahed A.R., El-Seedi H. The Many Faces of Kefir Fermented Dairy Products: Quality Characteristics, Flavour Chemistry, Nutritional Value, Health Benefits, and Safety. Nutrients. 2020. vol. 12. pp. 346. doi: 10.3390/nu12020346
- 6 Gut A.M., Vasiljevic T., Yeager T., Donkor O.N. Antimicrobial properties of traditional kefir: An in vitro screening for antagonistic effect on Salmonella Typhimurium and Salmonella Arizonae. International Dairy Journal. 2022. vol. 124. pp. 105180. doi: 10.1016/j.idairyj.2021.105180
- 7 Gut A.M., Vasiljevic T., Yeager T., Donkor O.N. Kefir characteristics and antibacterial properties-potential applications in control of enteric bacterial infection. International Dairy Journal. 2021. pp. 105021. doi: 10.1016/j.idairyj.2021.105021
- 8 Baranova E.A., Dadym A.S. Methods for improving the quality of production of a kefir product with the introduction of plant components. Actual problems of improving the technology of production and processing of agricultural products. 2019. no. 21. pp. 235–237. (in Russian).
- 9 Zalisskaya E.V. Comparison of methods for determining antioxidant activity in a product developed on the ferment of a natural association of microorganisms. Food Industry. 2021. no. 5. pp. 8–12. (in Russian).
- 10 Kim D.H., Jeong D., Song K.Y., Seo K.H. Comparison of traditional and backslopping methods for kefir fermentation based on physicochemical and microbiological characteristics. LWT. 2018. vol. 97. pp. 503-507. doi: 10.1016/j.lwt.2018.07.023
- 11 Egea M.B., dos Santos D.C., de Oliveira Filho J.G., da Costa Ores J. et al. A review of nondairy kefir products: their characteristics and potential human health benefits. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2020. doi: 10.1080/10408398.2020.1844140.
- 12 Pourbaba H., Anvar A.A., Pourahmad R., Ahari H. Increase in conjugated linoleic acid content and improvement in microbial and physicochemical properties of a novel kefir stored at refrigerated temperature using complementary probiotics and prebiotic. Food Science and Technology. 2021. vol. 41. pp. 254-266. doi: 10.1590/fst.61520
- 13 Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Ivantsova M.I. Functional fermented milk product. Proceedings of VSUET. 2016. no. 2 (68). pp. 148-152. doi: 10.20914 / 2310-1202-2016-2-148-152 (in Russian).
- 14 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).
- 15 Chernopolskaya 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.
- 16 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).

17 Rodionova N.S., Popov E.S., Pozhidaeva E.A., Ryaskina L.O. et al. Mathematical modeling of heat treatment processes conserving biological activity of plant bioresources. Journal of Physics; Conference Series. 2018. vol. 1015. pp. 032107.

18 Perevertova O. Kefir: innovations based on the classics. Processing of milk. 2019. no. 11 (241). pp. 40–41. (in Russian).

19 Rakhmanov R.S., Troshin V.V., Blinova T.V. Kefir enriched with chitosan complex. Milk processing. 2018. no. 4 (222). pp. 40–41. (in Russian).

20 Galiakhmetova AA, Trigub VV Kefir drink "Kedrovitsa". Physics. Technologies. Innovations (FTI-2020). 2020. pp. 54-57. (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>

Алина В. Красноженова студент, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, meatech@yandex.ru

Вклад авторов

Ольга И. Долматова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Алина В. Красноженова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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>

Alina V. Krasnozhnova student, animal origin products technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, meatech@yandex.ru

Contribution

Olga I. Dolmatova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Alina V. Krasnozhnova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 08/07/2021	После редакции 02/08/2021	Принята в печать 23/08/2021
Received 08/07/2021	Accepted in revised 02/08/2021	Accepted 23/08/2021

Сокращение объемов пищевых отходов за счет использования биозащитных культур

Максим М. Данылив¹max-dan@yandex.ru 0000-0002-2835-6792Елена И. Мельникова¹melnikova@molvest.ru 0000-0002-3474-2534Елизавета А. Уварова²¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия² ПАО «Молочный комбинат «Воронежский», 45 Стрелковой дивизии, 259, г. Воронеж, 394016, Россия

Аннотация. В настоящее время во всем мире около 30 % произведенных пищевых продуктов отправляются в пищевые отходы, что отрицательно сказывается на экологической обстановке путем загрязнения окружающей среды. Цель работы – поиск различных вариантов сокращения объема производства пищевых отходов, образующихся при производстве таких молочных продуктов, как йогурт, кефир и сметана, также изучение мнения ритейлеров и производителей, насколько выгодно продление сроков годности и установления влияния сроков годности на количество пищевых отходов. В работе проведен анализ розничного рынка молочных продуктов г. Воронежа с целью определения основных производителей молочных продуктов, который определил шесть ведущих производителей. В ходе проведения маркетинговых исследований рынка молочных продуктов (сметана, йогурт, творог) определили, что наиболее широкий ассортимент продукции представлен в торговых сетях «Ашан», «Лента», «О'кей», «Перекресток», «Пятерочка». Для снижения уровня порчи молочных продуктов в работе предложено применением биозащитных культур компании Хр. Хансен. Культуры FreshQ® от Chr. Hansen состоят из различных традиционных молочнокислых бактерий, которые подавляют нежелательные дрожжи и плесень в кисломолочных продуктах. Такой эффект достигается за счет активного участия в процессе естественного брожения. Культуры добавляются вместе с обычными заквасочными культурами во время производства кисломолочных продуктов. Примерный экономический расчет стоимости отходов молочной промышленности показал, что снижение списаний пищевых отходов на 0,5 % в торговых сетях позволит экономить до 10 млн. р. в сутки.

Ключевые слова: пищевые отходы, порча пищевых продуктов, биозащитные культуры, йогурт, сметана, молочные продукты

Reducing food waste through bioprotective crops

Maksim M. Danyliv¹max-dan@yandex.ru 0000-0002-2835-6792Elena I. Melnikova¹melnikova@molvest.ru 0000-0002-3474-2534Elizaveta A. Yvarova²¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia² JSC Dairy plant "Voronezhsky", 45 Strelkovoj Divizii str., 259, Voronezh, 394016, Russia

Abstract. Currently, around 30% of food produced worldwide is sent to food waste, which adversely affects the environmental situation by polluting the environment. The purpose of the work is to find various options for reducing the production of food waste generated in the production of dairy products such as yogurt, kefir and sour cream, as well as to study the opinion of retailers and manufacturers, how profitable it is to extend the shelf life and establish the impact of shelf life on the amount of food waste. The analysis of the retail market of dairy products of Voronezh was carried out in order to determine the main producers of dairy products, which identified six leading producers. During the marketing research of the dairy products market (sour cream, yogurt, cottage cheese), it was determined that the widest range of products was presented in the retail chains Ashan, Lenta, O'Key, Perekrystok, Pyaterochka. To reduce the level of damage to dairy products in the work, it is proposed to use bioprotective crops of the company X. Hansen. Cultures FreshQ® from Chr. Hansen consists of various traditional lactic acid bacteria that suppress unwanted yeast and mold in fermented milk products. This effect is achieved by actively participating in the process of natural fermentation. Cultures are added together with conventional starter cultures during the production of fermented milk products. An approximate economic calculation of the cost of dairy waste showed that a decrease in write-offs by 0.5% in retail chains will save up to 10 million rubles per day.

Keywords: food waste, food spoilage, bioprotective crops, yogurt, sour cream, dairy products

Введение

Ежегодно 1,3 миллиардов тонн продовольствия, около трети всего произведенного, теряется. Если бы глобальные объемы пищевых отходов и потерь были сокращены всего на 25%, этого продовольствия было бы достаточно для того, чтобы накормить более 800 миллионов людей, которые в настоящее время страдают от голода и недоедания. Кроме того, порча

пищевых продуктов также приводит к множеству отрицательных воздействий на окружающую среду, включая избыточные выбросы парниковых газов и неэффективное использование водных и земельных ресурсов.

В одной из первых существенных попыток количественно оценить масштабы и причины глобального сокращения пищевых отходов и потерь, Всемирная организация по продовольствию (2011) определила три проблемных

Для цитирования

Данылив М.М., Мельникова Е.И., Уварова Е.А. Сокращение объемов пищевых отходов за счет использования биозащитных культур // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 78–85. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-78-79

For citation

Danyliv M.M., Melnikova E.I., Yvarova E.A. Reducing food waste through bioprotective crops. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 78–85. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-78-85

вопроса, на которые приходится наибольшая доля глобальных отходов. Один из них заключается в необходимости сокращения потерь пищевых продуктов при потреблении мяса и свежих молочных продуктов в развитых странах [1].

В последние годы были опубликованы различные исследования антагонистического воздействия микробных культур (молочнокислых бактерий, каталазоположительных кокков, плесени) на порчу и патогенные бактерии в мясе и мясных продуктах, молоке и молочных продуктах, рыбе и рыбных продуктах [2–5]. Культуры, проявляющие эти желаемые эффекты, называются «биозащитными культурами». Есть надежда, что «биозащита» (или «биоконсервация») с использованием отобранных пищевых микроорганизмов или их метаболитов может помочь в разработке молочных продуктов с меньшим содержанием соли, жира и химических консервантов без снижения их безопасности, и стабильности и с минимальными влиянием на органолептические показатели [6–8].

Для сохранения качества и ценности мясных продуктов за счет использования молочнокислых бактерий проведены ряд исследований в России и за рубежом [9–20].

Под потерями и порчей пищевой продукции (ППП) понимается уменьшение количества или снижение качества продовольствия на всем протяжении продовольственной товаропроводящей цепочки. Потери пищевой продукции – снижение количества или качества пищевой продукции в результате решений и действий участников продовольственной товаропроводящей цепочки от этапа производства и далее, за исключением предприятий розничной торговли, служб общественного питания и потребителей. Порча пищевой продукции – снижение количества или качества пищевой продукции в результате решений и действий предприятий розничной торговли, служб общественного питания и потребителей.

Продовольственная безопасность обеспечивается, когда все люди всегда имеют физический и экономический доступ к достаточному по объему, безопасному и питательному продовольствию для удовлетворения своих потребностей в полноценном питании в соответствии со своими предпочтениями для активной и здоровой жизни.

Последовательные этапы от момента производства продуктов питания до момента их поступления к потребителю. В ней выделяются следующие этапы: производство сельскохозяйственных культур, продуктов животноводства, аквакультуры, морской аквакультуры и рыболовства и сбор урожая / убой / вылов;

операции после сбора урожая / убои / вылова, например очистка, контроль качества, сортировка, хранение; перевозка; первичная и вторичная переработка; оптовая и розничная торговля; потребление домохозяйствами и использование службами общественного питания. В случае промышленного рыболовства этап "производство" соответствует этапу "до вылова".

Индекс потерь пищевой продукции (индекс потерь) оценивает объемы потерь пищевой продукции с этапа производства и далее до поступления в розничную торговлю (не включая этот этап). Индекс позволяет отследить изменения процентной доли потерь по потребительской корзине из 10 основных товаров в разбивке по странам и в сравнении с базовым периодом.

Уменьшение массы продовольствия, предназначенного для потребления человеком, в результате его изъятия из продовольственной товаропроводящей цепочки вследствие решений и действий поставщиков продовольствия в цепочке.

Поскольку озабоченность по поводу глобальной продовольственной безопасности продолжает расти, вопрос сокращения пищевых отходов и потерь стал наиболее актуальным для мировых политиков, производителей и гражданского общества. Ежегодно 1,3 миллиардов тонн продовольствия, около трети всего произведенного, теряется. Если бы глобальные объемы пищевых отходов и потерь были сокращены всего на 25%, этого продовольствия было бы достаточно для того, чтобы накормить более 800 миллионов людей, которые в настоящее время страдают от голода и недоедания. Кроме того, порча пищевых продуктов также приводит к множеству отрицательных воздействий на окружающую среду, включая избыточные выбросы парниковых газов и неэффективное использование водных и земельных ресурсов. Если бы пищевые отходы были страной, она была бы третьей по выбросам парниковых газов после США и Китая.

Более 8% потерь приходится на этап сельскохозяйственного производства; примерно столько же теряется в процессе переработки. На этапе реализации (в рознице) объем потерь составляет около 5%. Наибольшие потери, почти 12%, образуются на этапе потребления, в домохозяйствах.

Анализируя состав пищевых отходов, можно выделить топ-3 категорий продуктов питания, дающих наибольший объем:

Зерновые продукты (хлебобулочные и макаронные изделия, мука) занимают первое место в пищевых отходах домохозяйств (62%) и третье место в пищевых отходах оптовых и розничных компаний (12%).

Молочные продукты (молоко, кефир, йогурт, сыр, творог) – наоборот, лидеры в оптово-розничных отходах (47%) и № 5 в отходах потребления (5%).

Картофель замыкает тройку: 15% в потребительских отходах и 11% в производственных отходах.

Полное устранение потерь только в этих 3-х категориях позволило бы сократить долю пищевых отходов в домохозяйствах на 82%, а в оптово-розничных отходах – на 70%. 17 млн тонн пищевых отходов – это не только источник 2,4 млн тонн метана и других газов, образующихся на свалках, но и значительные финансовые потери.

Стоимость этих продуктов оценивается более чем в 1,6 трлн руб. Эта цифра эквивалентна 12% оборота розничной торговли продуктами питания в России. Спасение данного объема продовольствия позволило бы прокормить 30 млн человек, то есть больше, чем количество живущих за чертой бедности в России.

Компания Chr. Hansen разрабатывает пищевые культуры для самых разных групп продуктов питания, в данном исследовании особое внимание уделяется применению культур биозащиты, которые создаются компанией Chr. Hansen для предотвращения порчи скоропортящихся продуктов. Применительно к настоящему исследованию мы определяем биозащитные культуры как "молочнокислые бактерии, добавляемые в пищевые продукты для контроля флоры без значительного изменения их сенсорных свойств". В зависимости от рассматриваемой категории продуктов биозащитные культуры обычно имеют две основные функции: 1) улучшение качества сдерживанием роста бактерий, вызывающих порчу, и 2) повышение безопасности путем ингибирования и снижения роста патогенов.

Целью нашей работы является проведение исследований по поиску различных вариантов сокращения объема производства пищевых отходов, образующихся на молокоперерабатывающих предприятиях при производстве молочных продуктов, в частности йогурта, творога и сметаны, для достижения других целей, включая обеспечение продовольственной безопасности и улучшение питания, рациональное использование молока-сырья и других ресурсов производства, снижение потерь и отходов готовой продукции, сокращение выбросов парниковых газов, уменьшение нагрузки на водные и земельные ресурсы, а также повышение продуктивности и обеспечение экономического роста.

Основными задачами работы является сокращение отходов ритейлерами и производителями при изучении взаимосвязи «применение защитных культур – сокращение отходов – экономический эффект» для каждого участника цепочки, включая конечного потребителя; выявление возможных стимулов к сокращению отходов для каждого участника, образующего эти отходы; обзор инициатив (включая законодательных) местных властей по снижению объема пищевых отходов; продление сроков годности при использовании биозащитных культур.

С целью анализа розничного рынка молочных продуктов г. Воронежа было проведено маркетинговое исследование для получения информации о ценах и ассортименте в точках розничной торговли по ассортиментным группам, пищевой и биологической ценности, нормативных документах по которым произведена представленная продукция.

Метод исследования: сплошная перепись торговой витрины. Для мониторинга была сформирована репрезентативная выборка розничных торговых точек города Воронежа в количестве 20% от общего количества, в соответствие со структурой, по типам торговых точек и административных районов города – торговые центры «Ашан», «Карусель», «Лента», «Линия», «Магнит», «Метро», «Окей», «Перекресток», «Пятерочка», «Центрторг».

По результатам исследования, основными производителями молочных продуктов, в частности сметаны, йогурта и творога, представленные в г. Воронеже являются ООО «Данон Трейд», АО «ВИММ-БИЛЛЬ-ДАНН», ПАО «Молочный Комбинат Воронежский»/ Молвест, ООО "Лебедянь-молоко", ООО «Савушкин Продукт» и др. (таблица 1).

В ходе проведения маркетинговых исследований рынка молочных продуктов (сметана, йогурт, творог) определили, что наиболее широкий ассортимент продукции представлен в торговых сетях «Ашан», «Лента», «О`кей», «Перекресток», «Пятерочка» (таблица 2).

Наиболее широко производители молочной продукции в рассматриваемых сегментах представлены в торговых сетях «Ашан», «Лента», «Метро», «О`кей», «Перекресток», «Пятерочка», среди них определены наиболее часто встречающиеся в трех сегментах – ООО «Данон Трейд», АО «ВИММ-БИЛЛЬ-ДАНН», ПАО «Молочный Комбинат Воронежский»/ Молвест, ООО "Лебедянь-молоко", ООО «Савушкин Продукт» (таблица 3).

Таблица 1.

Распределение молочной продукции
по количеству единиц на полке

Table 1.

Distribution of dairy products by number of units
on the shelf

	Йогурт Yogurt	Сметана Sour cream	Творог/десерт Cottage cheese	Итого total
Ашан Auchan	102	33	50	185
Карусель (X5) Carousel (X5)	45	32	39	116
Лента Таре	111	34	76	221
Линия Line	49	20	31	100
Магнит Magnet	79	19	33	131
Метро Metro	75	33	34	142
О`кей O`key	60	47	53	160
Перекресток (X5) Intersection (X5)	62	29	56	147
Пятерочка (X5) Pyaterochka (X5)	98	19	51	168
Центрторг Centrtorg	25	12	25	62

Таблица 2.

Количество представленных производителей
по каждой ассортиментной полке (из них
во всех трех сегментах)

Table 2.

Number of manufacturers represented for each
assortment shelf (of which in all three segments)

	Йогурт Yogurt	Сметана Sour cream	Творог/десерт Cottage cheese	Итого total
Ашан Auchan	26 (6)	17 (6)	32 (6)	75
Карусель (X5) Carousel (X5)	8 (6)	11 (6)	12 (6)	31
Лента Таре	15 (8)	14 (8)	20 (8)	49
Линия Line	13 (8)	12 (8)	11 (8)	36
Магнит Magnet	11 (4)	8 (4)	8 (4)	27
Метро Metro	13 (6)	14 (6)	21 (6)	48
О`кей O`key	20 (7)	16 (7)	17 (7)	53
Перекресток (X5) Intersection (X5)	18 (4)	10 (4)	26 (4)	54
Пятерочка (X5) Pyaterochka (X5)	9 (5)	9 (5)	11 (5)	29
Центрторг Centrtorg	6 (2)	7 (2)	11 (2)	24

Таблица 3.

Ведущие производители в трех сегментах

Table 3.

Leading manufacturers in three segments

	ООО «Данон Трейд» Danon Trade LLC	АО «ВИММ- БИЛЛЬ-ДАНН» VIMM-BILL- DANN JSC	ПАО «Молочный Комбинат Воронежский» Молвест PJSC "Dairy Plant Voronezh" / Molvest	ООО "Лебедянь- молоко" LLC Lebedyan-Milk	ООО «Савушкин Продукт» LLC Savushkin Product
Ашан Auchan	+	+	+	+	+
Карусель (X5) Carousel (X5)	+	+	+	+	+
Лента Таре	+	+	+	-	+
Линия Line	+	+	+	+	-
Магнит Magnet	+	+	+	+	-
Метро Metro	+	+	-	+	-
О`кей   O`key	+	+	+	+	+
Перекресток (X5) Intersection (X5)	+	+	-	-	+
Пятерочка (X5) Pyaterochka (X5)	+	+	+	+	-
Центрторг Centrtorg	+	-	+	-	-

Анализируя, полученные данные, определены следующие торговые сети, в которых наиболее широко представлены молочные продукты из рассматриваемых сегментов: «Ашан», «Лента», «О`кей», «Перекресток» (отсутствует ПАО «Молочный Комбинат Воронежский»/ Молвест), «Пятерочка».

На следующем этапе работы нами будут проведены исследования в части изучения мнения ритейлеров и производителей,

насколько выгодно продление сроков годности и установления влияния сроков годности на количество пищевых отходов, разработки схемы совместного использования выгод, установленной между производителями молочных продуктов и ритейлерами и разработки рекомендаций по оптимальному распределению дополнительных дней хранения в цепочке «производство-транспорт-ритейл-дом».

Биозащита – один из бизнес-маяков стратегии Nature's no. 1, принятой компанией Chr. Hansen. За последний год рост продаж этой продуктовой категории составил 30% с оптимистичным прогнозом их дальнейшего роста. На рынке биозащитные культуры представлены следующими препаратами: FreshQ 2 – 100 U для йогурта; FreshQ 4 – 100 U для сливочного сыра, сыра, фета. Состав защитной культуры: *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus rhamnosus*. Дозировка: ок. 10 ед. / 100 литров молока. Место хранения: в морозильной камере при – 18 °С.

Культуры FreshQ® от Chr. Hansen состоят из различных традиционных молочнокислых бактерий, которые подавляют нежелательные дрожжи и плесень в кисломолочных продуктах. Такой эффект достигается за счет активного участия в процессе естественного брожения. Культуры добавляются вместе с обычными заквасочными культурами во время производства кисломолочных продуктов.

FreshQ® (*Lactobacillus rhamnosus*) – это комбинация натуральных молочнокислых бактерий и бактерий, которые подавляют рост нежелательных дрожжей и плесеней в молочнокислых

продуктах. Эффект имеет место за счет активного участия в природной ферментации.

Использование этих биозащитных культур является дополнительной степенью защиты к программе гарантии качества.

Анализ экономической эффективности сокращения отходов осуществлялся на данных объема рынка молочных продуктов России за 2020 год: сметаны – 532,0 тыс. т.; йогурта – 808,0 тыс. т.; творога – 493,1 тыс. т.

Виды упаковки и сроки хранения: сметана (пластиковый стакан) – при температуре от +2 °С до +6 °С – 14–35 сут.; йогурт (все виды) (пластиковый стакан, пластиковая бутылка) – при температуре от +2°С до +6°С – 30–45 сут., 10–21 сут.; творог (Пластиковый стакан, пакет) – при температуре от +2°С до +6°С – 14–21 сут., 30–40 сут.

Ежедневная выручка районного супермаркета с собственным производством от 300 до 500 тысяч рублей. Сумма "списания" колеблется от 20 до 30 тысяч рублей в сутки. Рассчитана примерная экономическая эффективность от применения защитных культур, результаты расчетов представлены в таблице 4.

Таблица 4.
Примерный экономический расчет стоимости отходов молочной промышленности по видам

Table 4.

Approximate economic calculation of dairy wastes cost by types

Наименование продукции Product name	Объем, тыс. тонн Volume, thousand tons	Ср. цена, р/кг Wed. price, p/kg	Всего товарной продукции, млрд. р. Total merchandise products, billion rubles.	Списание, % Write-off, %	Сумма затрат на списание, млрд. р. The amount of write-off costs, billion, r.	Списание в сутки, млн. р Write-off per day, million p
Сметана Sour cream	523	638.44	333 904.12	3.0	10 017.12	27.44
				2.5	8 347.60	22.87
				2.5	6 678.08	18.30
				2.0	5 008.56	13.72
				1.5	3 339.04	9.15
Йогурт Yogurt	808	217.11	175 424.88	3.0	5 262.75	14.42
				2.5	4 385.62	12.02
				2.5	3 508.50	9.61
				2.0	2 631.37	7.21
				1.5	1 754.25	4.81
Творог / Cottage cheese	493,1	352.57	173 852.27	3.0	5 215.57	14.29
				2.5	4 346.31	11.91
				2.5	3 477.05	9.53
				2.0	2 607.78	7.14
				1.5	1 738.52	4.76
			683 181.27	3.0	20 495.44	56.15
				2.5	17 079.53	46.79
				2.5	13 663.63	37.43
				2.0	10 247.72	28.08
				1.5	6 831.81	18.72

Анализ экономической эффективности сокращения отходов от производства молочных продуктов заключается в нескольких шагах. Хотя литература на тему пищевых отходов и потерь и накапливается, ее содержание все еще

имеет слабое обоснование ввиду значительных расхождений в определениях и подходах к измерениям, а также учитывая существенное различие в качестве данных, собранных в разных странах. Таким образом, оценка

отходов молочных продуктов не может быть проведена на основании данных только из одного источника, для анализа требуется информация из нескольких источников.

По типу отходов при производстве молочных продуктов все отходы разделяются на производственные отходы и отходы в связи с возвратами йогурта со складов ритейлеров.

Что касается производственных отходов, Дж. Берлин и У. Зонессон в своем исследовании, проведенном в 2008 году, причинами отправления продуктов в отходы определяют изменения в составе, очистку, неудовлетворительные результаты лабораторных испытаний, а также отбраковку тары. Очистка должна производиться после замены основы, например после производства продуктов с содержанием ревеня, после производства продуктов с содержанием ванили, а также в конце рабочего дня. Промывка проводится после производства продуктов с содержанием тропических фруктов (смеси из ананаса, манго, персика и маракуйи), бузины или меда, которые предположительно могут вызывать проявление аллергических реакций. Кроме того, может использоваться принцип проталкивания, то есть менее окрашенные продукты производятся перед более интенсивно окрашенными.

Таким образом, все три операции – очистка, промывка и/или проталкивание – связаны с частотой и последовательностью производства партий продуктов, а это значит, что если количество производственных партий сокращается, то уменьшается и объем отходов в молочном производстве. В исследовании Дж. Берлина и У. Зонессона (2008) показывается, что оптимизация последовательности серийного производства при условии увеличения партий значительно сокращает объемы отходов.

Поскольку отгрузка более крупных партий может быть обеспечена за счет продления срока хранения, использование пищевых культур FreshQ® может привести к сокращению объемов отходов аналогично результатам, достигнутым на шведских молочных заводах. Таким образом, более длительный срок хранения позволяет производителям молочных продуктов сократить количество производственных партий и, как следствие, увеличить их объем. Это объясняется тем, что от всех производителей требуется поставка молочных продуктов на склады ритейлеров с определенным количеством доступных

дней хранения. Чтобы обеспечить указанное количество доступных дней, производители молочных продуктов должны работать с определенным количеством производственных партий в неделю, а именно три партии продуктов в неделю. Однако при продлении срока годности йогурта, производители молочных продуктов могут сократить количество производственных партий в неделю и по-прежнему поставлять йогурт с необходимым количеством доступных дней хранения на склады ритейлеров. Таким образом, большие объемы производственных партий позволяют сократить объемы отходов за счет более низкой периодичности производства, являющейся основной причиной отходов. Объемы отходов по причине возврата продуктов со складов ритейлеров очень сильно различаются для различных производителей молочных продуктов. Некоторые из опрошенных производителей отмечают, что такие отходы составляют значительную долю общего количества отходов, в время как по информации других производителей, такие отходы не имеют места, или их доля очень мала. Таким образом, провести точную оценку довольно трудно, поэтому предположительно объем таких отходов был определен как колеблющийся в диапазоне от 0,1% до 2,0% общего объема производства, что соответствует процентным величинам, указанным в ходе опросов и полученным из имеющихся ненаучных источников. При этом полученные результаты оценки характеризуются высокой степенью погрешности, и это сказывается на выводах, которые сделаны по результатам исследования, поскольку процент возврата влияет на распределение поощрительных стимулов между производителями и ритейлерами молочных продуктов.

Заключение

Для снижения уровня порчи молочных продуктов в работе предложено применением биозащитных культур компании Хр. Хансен. Новое поколение культур FreshQ было выбрано для обеспечения устойчивых, стабильных результатов без нежелательного воздействия на вкус и текстуру, что приводит к оптимальному сроку хранения, повышению устойчивости по всей цепочке создания стоимости и превосходной свежести, на которую могут рассчитывать клиенты и их потребители.

Литература

- 1 Ким В.В., Галактионова Е.А., Антонец К.В. Продовольственные потери и пищевые отходы на потребительском рынке РФ // IACJ. 2020. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prodovolstvennyye-poteri-i-pischevye-othody-na-potrebitelskom-rynke-rf>
- 2 Ли Х. и др. Возможное использование *Lactobacillus casei* AST18 в качестве биозащитной культуры в йогурте // Контроль пищевых продуктов. 2013. Т. 34. №. 2. С. 675-680.

- 3 Базарнова Ю. и др. Биохимический состав и качество сельдевых пресервов с добавлением биозащитных культур. 2020.
- 4 Лачанин И. и др. Оценка противогрибковой активности *Lactobacillus* и *Pediococcus* spp. для использования в качестве биозащитных культур в молочных продуктах // Всемирный журнал микробиологии и биотехнологии. 2017. Т. 33. №. 10. С. 1-8.
- 5 Скульская И.В., Цисарык О.И. Изменения белковых веществ брынзы под влиянием частичной замены поваренной соли хлоридом калия // Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. 2016. №. 1. С. 40-45.
- 6 Siedler S., Rau M.H., Bidstrup S., Vento J.M. et al. Competitive exclusion is a major bioprotective mechanism of lactobacilli against fungal spoilage in fermented milk products // *Applied and environmental microbiology*. 2020. V. 86. №. 7. P. e02312-19.
- 7 Delavenne E., Ismail R., Pawtowski A., Mounier J. et al. Assessment of lactobacilli strains as yogurt bioprotective cultures // *Food Control*. 2013. V. 30. №. 1. P. 206-213. doi: 10.1016/j.foodcont.2012.06.043
- 8 Salas M.L., Mounier J., Maillard M.B., Valence F. et al. Identification and quantification of natural compounds produced by antifungal bioprotective cultures in dairy products // *Food chemistry*. 2019. V. 301. P. 125260. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125260
- 9 Ben Said L., Gaudreau H., Dallaire L., Tessier M. et al. Bioprotective culture: A new generation of food additives for the preservation of food quality and safety // *Industrial biotechnology*. 2019. V. 15. №. 3. P. 138-147. doi: 10.1089/ind.2019.29175.lbs
- 10 Comi G., Andyanto D., Manzano M., Iacumin L. *Lactococcus lactis* and *Lactobacillus sakei* as bio-protective culture to eliminate *Leuconostoc mesenteroides* spoilage and improve the shelf life and sensorial characteristics of commercial cooked bacon // *Food microbiology*. 2016. V. 58. P. 16-22. doi: 10.1016/j.fm.2016.03.001
- 11 Сербя Е.М. Оверченко М.Б., Игнатова Н.И., Тажибова П.Ю. Пищевая биотехнология SITOLOGY // Биотехнология: Состояние и перспективы развития. 2019. Т. 25. С. 492.
- 12 Файзуллина Р.А., Самороднова Е.А., Федотова О.Б. Кисломолочные продукты в питании детей раннего возраста: эволюция от традиционных к функциональным // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2019. Т. 64. №. 4.
- 13 Базарнова Ю.Г., Озерова О.А., Кораблёва Н.С. Разработка технологии пресервов из сельдей с использованием биозащитных культур // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2019. Т. 8. №. 3. С. 139-145.
- 14 Бучилина А.С., Волокитина Е.Н. Продолжительность процесса сквашивания и развитие микроорганизмов порчи при использовании биозащитных культур в технологии йогурта // Сборник трудов VII Конгресса молодых ученых. 2018. С. 181-183.
- 15 Свириденко Г.М., Сорокина Н.П. Защитные культуры при производстве ферментируемых молочных продуктов // Переработка молока. 2019. №. 6. С. 10-13.
- 16 Бучилина А.С., Волокитина Е.Н., Гунькова П.И. Влияние биозащитной культуры на срок хранения кисломолочного продукта // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. 2018. С. 257-259.
- 17 To H.T.A., Chhetri V., Settachaimongkon S., Prakitchaiwattana C. Stress tolerance-Bacillus with a wide spectrum bacteriocin as an alternative approach for food bio-protective culture production // *Food Control*. 2021. P. 108598. doi: 10.1016/j.foodcont.2021.108598
- 18 Singh V.P. Recent approaches in food bio-preservation-a review // *Open veterinary journal*. 2018. V. 8. №. 1. P. 104-111. doi: 10.4314/ovj.v8i1.16
- 19 Tropcheva R., Nikolova D., Evstatieva Y., Danova S. Antifungal activity and identification of *Lactobacilli*, isolated from traditional dairy product "katak" // *Anaerobe*. 2014. V. 28. P. 78-84. doi: 10.1016/j.anaerobe.2014.05.010
- 20 Bassi D., Gazzola S., Sattin E., Dal Bello F. et al. Lactic acid bacteria adjunct cultures exert a mitigation effect against spoilage microbiota in fresh cheese // *Microorganisms*. 2020. V. 8. №. 8. P. 1199. doi: 10.3390/microorganisms8081199

References

- 1 Kim V.V., Galaktionova E.A., Antonevich K.V. Food losses and food waste in the consumer market of the Russian Federation. *IACJ*. 2020. no. 4. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/prodovolstvennye-poteri-i-pischevye-othody-napotrebitelskom-rynke-rf> (in Russian).
- 2 Lee H. et al. Possible use of *Lactobacillus casei* AST18 as a bioprotective culture in yogurt. *Food control*. 2013. vol. 34. no. 2. pp. 675-680. (in Russian).
- 3 Bazarnova Yu. et al. Biochemical composition and quality of herring preserves with the addition of bioprotective crops. 2020. (in Russian).
- 4 Lachanin I. et al. Assessment of the antifungal activity of *Lactobacillus* and *Pediococcus* spp. for use as bioprotective crops in dairy products. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2017. vol. 33. no. 10. pp. 1-8. (in Russian).
- 5 Skulska I.V., Tsaryk O.I. Changes in protein substances of feta cheese under the influence of partial replacement of sodium chloride with potassium chloride. *Bulletin of the Mogilev State University of Food*. 2016. no. 1. pp. 40-45. (in Russian).
- 6 Siedler S., Rau M.H., Bidstrup S., Vento J.M. et al. Competitive exclusion is a major bioprotective mechanism of lactobacilli against fungal spoilage in fermented milk products. *Applied and environmental microbiology*. 2020. vol. 86. no. 7. pp. e02312-19.
- 7 Delavenne E., Ismail R., Pawtowski A., Mounier J. et al. Assessment of lactobacilli strains as yogurt bioprotective cultures. *Food Control*. 2013. vol. 30. no. 1. pp. 206-213. doi: 10.1016/j.foodcont.2012.06.043
- 8 Salas M.L., Mounier J., Maillard M.B., Valence F. et al. Identification and quantification of natural compounds produced by antifungal bioprotective cultures in dairy products. *Food chemistry*. 2019. vol. 301. pp. 125260. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125260
- 9 Ben Said L., Gaudreau H., Dallaire L., Tessier M. et al. Bioprotective culture: A new generation of food additives for the preservation of food quality and safety. *Industrial biotechnology*. 2019. vol. 15. no. 3. pp. 138-147. doi: 10.1089/ind.2019.29175.lbs
- 10 Comi G., Andyanto D., Manzano M., Iacumin L. *Lactococcus lactis* and *Lactobacillus sakei* as bio-protective culture to eliminate *Leuconostoc mesenteroides* spoilage and improve the shelf life and sensorial characteristics of commercial cooked bacon. *Food microbiology*. 2016. vol. 58. pp. 16-22. doi: 10.1016/j.fm.2016.03.001

- 11 Serba E.M., Overchenko M.B., Ignatova N.I., Tadjibova P.Yu. Food biotechnology SITOLOGY. Biotechnology: State and development prospects. 2019. vol. 25. pp. 492. (in Russian).
- 12 Faizullina R.A., Samorodnova E.A., Fedotova O.B. Fermented milk products in the nutrition of young children: evolution from traditional to functional. Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics. 2019. vol. 64. no. 4. (in Russian).
- 13 Bazarnova Yu.G., Ozerova O.A., Korableva N.S. Development of technology for herring preserves using bioprotective crops. XXI century: results of the past and problems of the present plus. 2019. vol. 8. no. 3. pp. 139-145. (in Russian).
- 14 Buchilina A.S., Volokitina E.N. The duration of the fermentation process and the development of spoilage microorganisms when using bioprotective cultures in yoghurt technology. Proceedings of the VII Congress of young scientists. 2018. pp. 181-183. (in Russian).
- 15 Sviridenko G.M., Sorokina N.P. Protective cultures in the production of fermentable dairy products. Processing of milk. 2019. no. 6. pp. 10-13. (in Russian).
- 16 Buchilina A.S., Volokitina E.N., Gun'kova P.I. Influence of bioprotective culture on the shelf life of a fermented milk product. Almanac of scientific works of young scientists of ITMO University. 2018. pp. 257-259. (in Russian).
- 17 To H.T.A., Chhetri V., Settachaimongkon S., Prakitchaiwattana C. Stress tolerance-Bacillus with a wide spectrum bacteriocin as an alternative approach for food bio-protective culture production. Food Control. 2021. pp. 108598. doi: 10.1016/j.foodcont.2021.108598
- 18 Singh V.P. Recent approaches in food bio-preservation-a review. Open veterinary journal. 2018. vol. 8. no. 1. pp. 104-111. doi: 10.4314/ovj.v8i1.16
- 19 Tropcheva R., Nikolova D., Evstatieva Y., Danova S. Antifungal activity and identification of Lactobacilli, isolated from traditional dairy product "katak". Anaerobe. 2014. vol. 28. pp. 78-84. doi: 10.1016/j.anaerobe.2014.05.010
- 20 Bassi D., Gazzola S., Sattin E., Dal Bello F. et al. Lactic acid bacteria adjunct cultures exert a mitigation effect against spoilage microbiota in fresh cheese. Microorganisms. 2020. vol. 8. no. 8. pp. 1199. doi: 10.3390/microorganisms8081199

Сведения об авторах

Максим М. Данылиев к.т.н., доцент, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, max-dan@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-2835-6792>

Елена И. Мельникова д.т.н., профессор, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, melnikova@molvest.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-3474-2534>

Елизавета А. Уварова ПАО «Молочный комбинат «Воронежский», ул. 45 Стрелковой дивизии, г. Воронеж, 394016, Россия

Information about authors

Maksim M. Danyliv Cand. Sci. (Engin.), associate professor, animal products technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, max-dan@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2835-6792>

Elena I. Melnikova Dr. Sci. (Engin.), professor, animal products technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, melnikova@molvest.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3474-2534>

Elizaveta A. Yvarova JSC Dairy plant "Voronezhsky", 45 Strelkovoj Divizii str., 259, Voronezh, 394016, 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 15/07/2021	После редакции 09/08/2021	Принята в печать 02/09/2021
Received 15/07/2021	Accepted in revised 09/08/2021	Accepted 02/09/2021

Функциональные свойства гречневой крупы

Ирина Ш. Дзахмишева¹irina_dz@list.ru

ID 0000-0002-7324-5338

Мадина Б. Хоконова¹dinakbgsha77@mail.ru

ID 0000-0003-2791-311X

¹ Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, пр. Ленина, 1в., г. Нальчик, 360030, Россия

Аннотация. В научной статье определена значимость гречневой крупы в решении проблемы формирования и сохранения здоровья населения. Одной из функциональных свойств пищевой клетчатки (волокон) гречневой крупы является влагоудерживающая способность и связывание катионов, благодаря которому правильно функционирует пищеварительный тракт. Гречка является отличным источником растительного белка. Белки гречихи хорошо усваиваются организмом человека. Гречневый белок содержит до двенадцати аминокислот, которые обеспечивают энергию, а также отвечают за увеличение мышечной массы. В аминокислотный состав гречневой крупы входят триптофан, треонин и лизин, которые необходимы организму человека для процессов метаболизма, влияют на выработку гормонов и правильное функционирование всех органов. Гречневая крупа содержит большое количество микроэлементов и минералов. самая большая доля микроэлементов в гречке приходится на железо, марганец и цинк, которые хорошо усваиваются организмом человека. Железо в организме человека содержится в гемоглобине крови, пятая часть – в печени, костном мозге и мышцах, еще столько же участвует в синтезе клеточных ферментов. Гречневая крупа входит в перечень продуктов питания первой необходимости. В её состав входят и органические кислоты – лимонная, шавелевая, малеиновая, яблочная, витамины группы В, РР, Р (рутин), причем в лучшем, более сбалансированном соотношении, чем в других зерновых. Богата гречка липотропными веществами, которые защищают клетки печени от жирового перерождения, поэтому гречка особенно показана при сахарном диабете, сердечно-сосудистых заболеваниях, патологии гепатобилиарной системы, атеросклерозе. Много в гречихе фолиевой кислоты (она стимулирует кроветворение, повышает выносливость и сопротивляемость организма ко многим болезням). Гречневая крупа является здоровой пищей, обладает функциональными свойствами, содержит диетические ингредиенты, оказывает благотворное влияние на физиологические функции человеческого организма, поддерживает и укрепляет здоровье, улучшают качество жизни.

Ключевые слова: гречневая крупа, функциональные свойства, аминокислоты, минеральные вещества, белки

Functional properties of buckwheat granule

Irina Sh. Dzakhmisheva¹irina_dz@list.ru

ID 0000-0002-7324-5338

Madina B. Khokonova¹dinakbgsha77@mail.ru

ID 0000-0003-2791-311X

¹ Kabardino-Balkarian State Agricultural University of V.M. Kokov, Lenin Ave., 1 of century, Nalchik, 360030, Russia

Abstract. The scientific article defines the importance of buckwheat in solving the problem of forming and maintaining the health of the population. One of the functional properties of the dietary fiber (fiber) of buckwheat is its water-holding capacity and cation binding, due to which the digestive tract functions correctly. Buckwheat is an excellent source of vegetable protein. Proteins – buckwheat are well absorbed by the human body. Buckwheat protein contains up to twelve amino acids, which provide energy and are also responsible for increasing muscle mass. The amino acid composition of buckwheat includes tryptophan, threonine and lysine, which are necessary for the human body for metabolic processes, affect the production of hormones and the proper functioning of all organs. Buckwheat contains a large amount of trace elements and minerals. the largest share of trace elements in buckwheat is iron, manganese and zinc, which are well absorbed by the human body. Iron in the human body is contained in blood hemoglobin, a fifth is in the liver, bone marrow and muscles, and the same amount is involved in the synthesis of cellular enzymes. Buckwheat is included in the list of essential foodstuffs. It also includes organic acids – citric, oxalic, maleic, malic, vitamins of group B, PP, P (rutin), and in a better, more balanced ratio than in other cereals. Buckwheat is rich in lipotropic substances that protect liver cells from fatty degeneration, therefore buckwheat is especially indicated for diabetes mellitus, cardiovascular diseases, pathology of the hepatobiliary system, atherosclerosis. There is a lot of folic acid in buckwheat (it stimulates hematopoiesis, increases the body's endurance and resistance to many diseases). Buckwheat is a healthy food, has functional properties, contains dietary ingredients, has a beneficial effect on the physiological functions of the human body, maintains and strengthens health, and improves the quality of life.

Keywords: buckwheat, functional properties, amino acids, minerals, proteins

Введение

Проблема формирования и сохранения здоровья населения отражена в Государственной политике РФ в области здорового питания (распоряжение Правительства РФ от 25.10.2010 г. № 1873-р) и Комплексной программе развития биотехнологий в РФ на период до 2020 года (распоряжение Правительства РФ от 24.04.2012 г. № 1853п-П8).

Зерновые продукты играют важную роль в полноценном и здоровом питании человека, поскольку они являются источниками энергии, макро- и микроэлементов, доступных для всех групп населения. Здоровое развитие организма осуществляется за счет биохимических реакций с участием белков, попадающих в организм с пищей.

Одним из видов крупяных культур является гречиха или гречневая крупа ядрица.

Для цитирования

Дзахмишева И.Ш., Хоконова М.Б. Функциональные свойства гречневой крупы // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 86–91. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-86-91

For citation

Dzakhmisheva I.Sh., Khokonova M.B. Functional properties of buckwheat granule. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 86–91. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-86-91

Гречка – злаковая культура, которая отличается мягкостью, хорошими вкусовыми качествами и калорийностью. При изготовлении крупы ядрицы сопутствуют такие продукты как крупа продел и отходы в виде мучки и лузги. Из зерна гречихи получают также шлифованную смоленскую крупу различной крупности, используемую в диетическом питании детей и блинную муку.

Значимость гречневой крупы в рационе питания трудно переоценить. Известная народная поговорка: «Гречневая каша – матушка наша, а хлебец ржаной – отец наш родной» [1] свидетельствует о том, что издавна гречневая каша, наряду с ржаным хлебом, была главным продуктом питания. Еще во времена Суворова в народе бытовала поговорка: «Не страшен мороз, что на дворе трещит, коли гречневая каша в печи стоит» [2], т. е. гречневая каша была и остается едой богатырской, солдатской.

Японская научная академия определила гречневую крупу как функциональную пищу необходимую для предупреждения диабета, сердечно-сосудистых заболеваний, гипертонии, остеопороза и рака [3].

По мнению российских диетологов, гречневая крупа отличается высокой биологической, пищевой и энергетической ценностью благодаря своему химическому составу. Гречневая крупа содержит железо, кобальт, калий, фосфор, йод, мед, цинк, бор и другие микроэлементы, а также ценные, легко растворимые и усваиваемые белки, благодаря чему обладает высокими диетическими свойствами [4].

Цель работы – обобщение функциональных свойств гречневой крупы.

Методы

В научной статье использованы, монографический метод, метод аминокислотного сора, сравнительный метод состава незаменимых аминокислот белка гречневой крупы с соответствующим аминокислотным составом так называемого гипотетического (идеального) белка.

Результаты и обсуждение

Одним из функциональных свойств пищевых волокон (клетчатки) гречихи является его способность удерживать воду и связывать катионы, что обеспечивает правильное функционирование пищеварительной системы [5]. Из рисунка 1 видно, что самое высокое содержание клетчатки в гречневой скорлупе [18], а самое низкое — в цельной и дробленой гречневой крупе. В отрубях преобладают фракции лигнина и целлюлозы, а в измельченной крупе –

гемицеллюлозы [14]. Обжаривание зерен гречихи приводит к увеличению содержания пищевых волокон всех фракций.

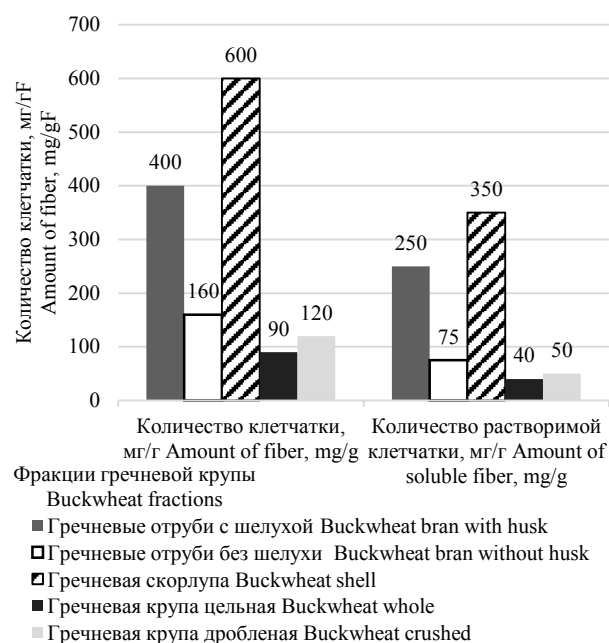


Рисунок 1. Содержание пищевых волокон в зависимости от фракции гречневой крупы

Figure 1. The content of dietary fiber depending on the fraction of buckwheat

Гречневая клетчатка необходима для профилактики заболеваний, связанных с диетой, таких как ожирение, атеросклероз и рак толстой кишки. Клетчатка гречихи уплотняет желудок, дает быстрое чувство сытости и помогает похудеть. Недостаток клетчатки может привести к запорам, геморрою, высокому уровню холестерина и сахара в крови. Избыток клетчатки может привести к непроходимости кишечника, диарее и т. п. Гречневая клетчатка не содержит фитиновой кислоты, а значит не снижает биодоступность кальция, магния, цинка и других минералов.

В диетологии пищевые волокна классифицируются на растворимые и нерастворимые. Значительная часть гречневой клетчатки растворима. Растворимые некрахмальные полисахариды в гречихе включают ксилан, маннозу, галактозу и глюкуроновую кислоту, которые сконцентрированы в отрубях и ядрах [15]. Одной из наиболее важных характеристик водорастворимых некрахмальных полисахаридов в гречихе является их очень высокая молекулярная масса и их способность образовывать очень вязкие растворы при растворении в воде. Из-за высокой вязкости растворимой клетчатки (клетчатки) она замедляет опорожнение желудка, снижает всасывание некоторых питательных веществ и увеличивает время прохождения через тонкий кишечник, замедляя всасывание глюкозы.

Нерастворимые пищевые волокна способны связывать воду в кишечнике; усиливать раздражающее действие пищи, приводя к стимуляции опорожнения кишечника и более быстрому прохождению пищи; адсорбировать и выводить из организма токсичные вещества; связывать кислоты, адсорбировать стерилы и снижать уровень холестерина, а также участвуют в предотвращении кариеса [12]. Это их свойство обычно используется для предотвращения или лечения запоров.

Гречка – отличный источник растительного белка. Белки гречки хорошо усваиваются организмом человека. Гречневый белок содержит до двенадцати аминокислот, которые обеспечивают энергию, а также отвечают за увеличение мышечной массы [6, 20].

Пищевой белок состоит из определенной аминокислотной последовательности, который является строительным блоком человеческого тела для синтеза собственных незаменимых белков: белки-ферменты, белки-гормоны, сократительные белки, защитные, иммунные [7]. Белки – это структурная и функциональная основа жизни каждого живого организма [17]. Они обеспечивают рост, развитие и нормальное течение обменных процессов в организме. Белки гречихи хорошо усваиваются организмом человека. Водорастворимые белки (альбумины) составляют 58% общего их количества, а соле-растворимые (глобулины и др.) 28%. В быстрорастворивающейся крупе белков меньше, что связано с термической денатурацией этих фракций в процессе производства. По количеству ценных аминокислот белки гречихи приближаются к белкам животного происхождения что определяет питательную ценность крупы.

Аминокислотный состав гречки (рисунок 2) содержит триптофан, треонин и лизин, которые необходимы человеческому организму для обменных процессов, влияют на выработку гормонов и правильное функционирование всех органов [8]. Например, триптофан важен для производства витамина В3 (ниацина), который жизненно необходим мозгу для выработки серотонина (гормона радости и счастья). Триптофан также, способствует высвобождению гормонов роста и помогает подавлять аппетит. Дефицит триптофан может вызвать депрессию. Треонин способствует росту и эффективному функционированию мышечных волокон, а также необходим для производства пищеварительных ферментов и иммунных белков. Лизин участвует в производстве коллагена, который является структурным элементом восстановления всех поврежденных тканей, включая кожу, внутренние органы и т. д. Недостаток этой

аминокислоты приводит к снижению уровня выработки белка, повышенной утомляемости, общей слабости и снижению мышечной массы. Метионин – это незаменимая серосодержащая аминокислота, содержащаяся в белках. Он используется организмом для синтеза адреналина, холина, цистеина и других веществ, необходимых организму. Метионин снижает уровень холестерина в крови и увеличивает содержание фосфолипидов, участвует в активации иммунной системы, помогает выводить токсины из организма; улучшает регенеративную способность печени и почек; очищает организм от шлаков и свободных радикалов; предотвращает заболевания кожи и ногтей; предотвращает скопление лишнего жира; укрепляет силу, повышает общий голос тела. Фенилаланин относится к группе незаменимых аминокислот. Это строительный блок для производства белков, таких как инсулин, папаин и меланин. Он также способствует выведению продуктов метаболизма в печени и почках. Он также играет важную роль в улучшении секреторной функции поджелудочной железы.

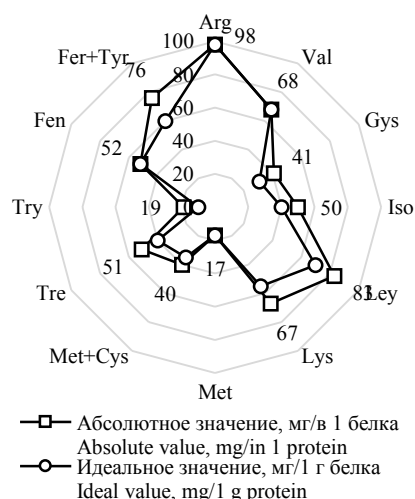


Рисунок 2. Аминокислотный состав гречневой крупы

Figure 2. Amino acid composition of buckwheat

Соотношение аргинин/лизин/метионин/глицин в гречневой ядрице ниже, чем у большинства других растительных белков. Ближайшим аналогом можно считать белок сои, который является сильным гипохолестеремическим «препаратом», и снижает уровень холестерина в крови. Согласно мнению Т.Л. Киселевой [9] именно такое соотношение аминокислот способствует снижению уровня холестерина (чем оно ниже, тем сильнее снижается холестерин). Некоторые исследователи связывают его с низкой усвояемостью гречневого белка и даже с характеристиками гречневой клетчатки. По мнению ряда

ученых гречневый белок оказывает защитное действие против рака толстой кишки у крыс за счет уменьшения клеточной пролиферации [9–10].

Гречневая крупа входит в перечень продуктов питания первой необходимости. В её состав входят и органические кислоты – лимонная, щавелевая, малеиновая, яблочная, витамины группы В, РР, Р (рутин), причем в лучшем, более сбалансированном соотношении, чем в других зерновых. Богата гречка липотропными веществами, которые защищают клетки печени от жирового перерождения, поэтому гречка особенно показана при сахарном диабете, сердечно-сосудистых заболеваниях, патологии гепатобилиарной системы, атеросклерозе. Много в гречихе фолиевой кислоты (она стимулирует кроветворение, повышает выносливость и сопротивляемость организма ко многим болезням). Кроме того, гречка богата железом и полезна при анемии. По содержанию жира из всех круп, употребляемых в пищу, гречневая уступает только овсяной и пшенице, а по содержанию белка превышает все зерновые и уступает только бобовым [11, 13, 16].

Гречневая крупа содержит большое количество микроэлементов и минералов (таблица 1).

Из таблицы видно, что самая большая доля микроэлементов в гречке приходится на железо, марганец и цинк, которые хорошо усваиваются организмом человека. Железо содержится в гемоглобине крови в организме человека, пятая часть – в печени, костном мозге и мышцах, и такое же количество участвует в синтезе клеточных ферментов. Марганец необходим для функционирования нервной системы, он участвует в регуляции липидного и углеводного обмена, метаболизма тироксина (гормона щитовидной железы) и необходим для образования красных кровяных телец и повышения уровня гемоглобина. Без этого минерала повышается вероятность развития различных патологий у эмбрионов и детей раннего возраста, снижается иммунитет, появляется риск сердечно-сосудистых заболеваний и онкологических заболеваний. Цинк – второй

по важности элемент для человеческого организма после железа. Участвует в синтезе жиров, углеводов и белков. Он служит основой для гормонов, лейкоцитов и антител. Без цинка не обходится ни один метаболический процесс в организме. Недостаток этого микроэлемента приводит к серьезным изменениям, страдают все системы – пищеварительная, репродуктивная, нервная, костная, дыхательная, гормональная, нервная. По содержанию цинка в гречневой крупе столько же, сколько в курином мясе, марганца – в шпинате и семенах тыквы и железа – в говяжьей печени.

Таблица 1.
Содержание микроэлементов в 100 г,
мкг гречневой крупы

Table 1.
The content of trace elements in 100 g,
µg of buckwheat

Микроэлемент Microelement	Содержание в 100г, мкг Content in 100 g, mcg
Al	33.3
B	350
V	170
Fe	6700
I	3.3
Co	3.1
Li	4.2
Mn	1560
Cu	640
Zn	2050
Ml	34.5
Ni	10
Rb	53
Se	6
St	305
Ti	35
F	25
Ch	3
Zr	35

Заключение

Гречневая крупа является здоровой пищей, обладает функциональными свойствами, содержит диетические ингредиенты, оказывает благотворное влияние на физиологические функции человеческого организма, поддерживает и укрепляет здоровье, улучшают качество жизни.

Литература

- 1 Забровский А.П. Хлеб всему голова // Традиционная культура в современном мире. История еды и традиции питания народов мира. 2015. С. 123–131.
- 2 Ширко П.А., Кукшинов П.Г., Рыжков С.Н. Эффективность совместного применения регуляторов роста растений и микроудобрений микростим при возделывании гречихи в условиях восточной части БЕЛАРУСИ // Земледелие и селекция в Беларуси. 2020. № 56. С. 187–194.
- 3 Ставропольский Ю.В., Муталимов А.Э. Новые продукты питания функционального назначения в Японии // Безопасность и качество товаров. 2019. С. 249–251.
- 4 Сайтова М.Э. Использование гречневой муки при производстве функциональных продуктов // Хлебопродукты. 2017. № 12. С. 38–39.
- 5 Захарова Л.М., Абушахманова Л.В. Функционально-технологические свойства клетчатки // Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления (Вестник ВСГУТУ). 2018. № 2. С. 70.

- 6 Троценко А.С. и др. Проблемы и перспективы использования гречихи в пищевой биотехнологии // Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. 2010. № 2.
- 7 Бобков С.В. и др. Биохимическая характеристика белков семян современных сортов гречихи // Земледелие. 2015. № 5.
- 8 Марьин В.А., Верещагин А.Л., Бычин Н.В. Оценка качества гречневой крупы ядрица из проросшего зерна // Хлебопродукты. 2013. № 8. С. 49–51.
- 9 Киселева Т.Л., Киселева М.А. Гречиха с позиции традиционной медицины и современных научных представлений: пищевые, энергетические и лечебно-профилактические свойства. Аллергологические риски // Традиционная медицина. 2016. № 3 (46) 2016. С. 16–41.
- 10 Каганов Б.С. и др. Роль питания в профилактике и лечении онкологических заболеваний // Вестник интенсивной терапии. 2009. № 1. С. 49–59.
- 11 Агапкин А.М. Об особенностях пищевой ценности, производстве и продаже гречневой крупы // Евразийское научное объединение. 2017. Т. 2. № 3. С. 169–174.
- 12 Дзахмишева И.Ш., Дзахмишева З.А. Функциональные пищевые продукты геродиетического назначения // Фундаментальные исследования. 2014. № 9-9. С. 2048-2051.
- 13 Meng X., Liu F., Xiao Y., Cao J. et al. Alterations in physicochemical and functional properties of buckwheat straw insoluble dietary fiber by alkaline hydrogen peroxide treatment // Food chemistry: X. 2019. V. 3. P. 100029. doi: 10.1016/j.fochx.2019.100029
- 14 Kasar C., Thanushree M.P., Gupta S., Inamdar A.A. Milled fractions of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) from the Himalayan regions: Grain characteristics, functional properties and nutrient composition // Journal of Food Science and Technology. 2021. V. 58. № 10. P. 3871-3881. doi: 10.1007/s13197-020-04848-x
- 15 Shruti P., Amudha S., Kahkasha F. Effect of hydrothermal treatment on the nutritional and functional properties of husked and dehusked buckwheat // Journal of Food Processing and Technology. 2015. V. 6. № 7.
- 16 Dong J.L., Yang M., Shen R.L., Zhai Y.F. et al. Effects of thermal processing on the structural and functional properties of soluble dietary fiber from whole grain oats // Food Science and Technology International. 2019. V. 25. № 4. P. 282-294. doi: 10.1177/1082013218817705
- 17 Huda M.N., Lu S., Jahan T., Ding M. et al. Treasure from garden: Bioactive compounds of buckwheat // Food chemistry. 2021. V. 335. P. 127653. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127653
- 18 Grewal R.B. Comparative Study of Functional Properties of Amaranth and Buckwheat Flour // IAHRW International Journal of Social Sciences Review. 2018. V. 6. № 1. P. 16-18.
- 19 Korpacheva S., Serasutdinova K., Lomovsky I., Chugunova O. Technological aspects of obtaining melanin and powder from buckwheat hull and their use in food technology // E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2021. V. 296. P. 07007. doi: 10.1051/e3sconf/202129607007
- 20 Zhu F. Buckwheat proteins and peptides: Biological functions and food applications // Trends in Food Science & Technology. 2021. doi: 10.1016/j.tifs.2021.01.081

References

- 1 Zabrovsky A.P. Bread is the head of everything. Traditional culture in the modern world. History of food and food traditions of the peoples of the world. 2015. pp. 123-131. (in Russian).
- 2 Shirko P.A., Kukshinov P.G., Ryzhkov S.N. The effectiveness of the combined use of plant growth regulators and microfertilizers microstim in the cultivation of buckwheat in the eastern part of BELARUS. Agriculture and breeding in Belarus. 2020. no. 56. pp. 187-194. (in Russian).
- 3 Stavropolsky Yu.V., Mutalimov A.E. New functional food products in Japan. Safety and quality of goods. 2019. pp. 249–251. (in Russian).
- 4 Saitova M.E. The use of buckwheat flour in the production of functional products. Khleboprodukty. 2017. no. 12. pp. 38–39. (in Russian).
- 5 Zakharova L.M., Abushakhmanova L.V. Functional and technological properties of cellulose. East Siberian State University of Technology and Management (Bulletin of VSGUTU). 2018. no. 2. pp. 70. (in Russian).
- 6 Trotsenko A.S. et al. Problems and prospects of using buckwheat in food biotechnology. News of the Far Eastern Federal University. Economics and Management. 2010. no. 2. (in Russian).
- 7 Bobkov S.V. et al. Biochemical characteristics of seed proteins of modern buckwheat varieties. Agriculture. 2015. no. 5. (in Russian).
- 8 Maryin V.A., Vereshchagin A.L., Bychin N.V. Assessment of the quality of unground buckwheat from sprouted grain. Khleboprodukty. 2013. no. 8. pp. 49–51. (in Russian).
- 9 Kiseleva T.L., Kiseleva M.A. Buckwheat from the standpoint of traditional medicine and modern scientific concepts: nutritional, energy and therapeutic and prophylactic properties. Allergic risks. Traditional medicine. 2016. no. 3 (46). pp. 16–41. (in Russian).
- 10 Kaganov B.S. et al. The role of nutrition in the prevention and treatment of cancer. Bulletin of intensive therapy. 2009. no. 1. pp. 49–59. (in Russian).
- 11 Agapkin A.M. On the features of nutritional value, production and sale of buckwheat. Eurasian Scientific Association. 2017. vol. 2. no. 3. pp. 169–174. (in Russian).
- 12 Dzakhmisheva I.Sh., Dzakhmisheva Z.A. Functional food products for gerodietic purposes. Fundamental research. 2014. no. 9-9. pp. 2048-2051. (in Russian).
- 13 Meng X., Liu F., Xiao Y., Cao J. et al. Alterations in physicochemical and functional properties of buckwheat straw insoluble dietary fiber by alkaline hydrogen peroxide treatment. Food chemistry: X. 2019. vol. 3. pp. 100029. doi: 10.1016/j.fochx.2019.100029

- 14 Kasar C., Thanushree M.P., Gupta S., Inamdar A.A. Milled fractions of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) from the Himalayan regions: Grain characteristics, functional properties and nutrient composition. *Journal of Food Science and Technology*. 2021. vol. 58. no. 10. pp. 3871-3881. doi: 10.1007/s13197-020-04848-x
- 15 Shruti P., Amudha S., Kahkasha F. Effect of hydrothermal treatment on the nutritional and functional properties of husked and dehusked buckwheat. *Journal of Food Processing and Technology*. 2015. vol. 6. no. 7.
- 16 Dong J.L., Yang M., Shen R.L., Zhai Y.F. et al. Effects of thermal processing on the structural and functional properties of soluble dietary fiber from whole grain oats. *Food Science and Technology International*. 2019. vol. 25. no. 4. pp. 282-294. doi: 10.1177/1082013218817705
- 17 Huda M.N., Lu S., Jahan T., Ding M. et al. Treasure from garden: Bioactive compounds of buckwheat. *Food chemistry*. 2021. vol. 335. pp. 127653. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127653
- 18 Grewal R.B. Comparative Study of Functional Properties of Amaranth and Buckwheat Flour. *IAHRW International Journal of Social Sciences Review*. 2018. vol. 6. no. 1. pp. 16-18.
- 19 Korpacheva S., Serasutdinova K., Lomovsky I., Chugunova O. Technological aspects of obtaining melanin and powder from buckwheat hull and their use in food technology. *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, 2021. vol. 296. pp. 07007. doi: 10.1051/e3sconf/202129607007
- 20 Zhu F. Buckwheat proteins and peptides: Biological functions and food applications. *Trends in Food Science & Technology*. 2021. doi: 10.1016/j.tifs.2021.01.081

21 Сведения об авторах

Ирина Ш. Дзахмишева д.э.н., профессор, кафедра товароведения, туризма и права, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, пр-т Ленина, 1в, г. Нальчик, 360030, Россия, irina_dz@list.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7324-5338>

Мадина Б. Хоконова д.с.-х.н., профессор, кафедра технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, пр. Ленина, 1в, г. Нальчик, 360030, Россия, dinakbgsha77@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2791-311X>

Вклад авторов

Ирина Ш. Дзахмишева написала рукопись, редактировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат
Мадина Б. Хоконова консультация в ходе исследования, обзор литературных источников по исследуемой проблеме

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Irina Sh. Dzakhmisheva Dr Sci (Econ.), commodity science, tourism and law department, Kabardino-Balkarian State Agricultural University of V.M. Kokov, Lenin Ave, 1 v, Nalchik, 360030, Russia, irina_dz@list.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7324-5338>

Madina B. Khokonova Dr. Sci. (Agric.), professor, technology production and processing of agricultural product department, Kabardino-Balkarian State Agricultural University of V.M. Kokov, Lenin Ave., 1v of century, Nalchik, 360030, Russia, dinakbgsha77@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2791-311X>

Contribution

Irina Sh. Dzakhmisheva wrote the manuscript, corrected it before submitting it to the editor and is responsible
Madina B. Khokonova consultation during research review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 06/07/2021	После редакции 02/08/2021	Принята в печать 18/08/2021
Received 06/07/2021	Accepted in revised 02/08/2021	Accepted 18/08/2021

Функциональный продукт здорового питания из голозерного овсаАлена В. Сумина^{1,2}alenasumina@list.ru 0000-0002-0466-6833Вадим И. Полонский^{2,3}vadim.polonskiy@mail.ru 0000-0002-7183-0912¹ Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, ул. Ленина, 90, г. Абакан, 655017, Россия² Красноярский государственный аграрный университет, пр.-т Мира, 90, г. Красноярск 660049, Россия³ Сибирский федеральный университет, пр.-т Свободный, 79, г. Красноярск, 660041, Россия

Аннотация. Целью настоящего исследования является сравнительный анализ функциональной ценности зерновых продуктов, полученных из пленчатой и голозерной форм овса. В качестве объекта исследования использовали зерно образцов овса, выращенное на территории Бейского района Республики Хакасия. В зерновом сырье оценивали пленчатость зерна, содержание в нем белка, жира, кальция и фосфора. Определяли суммарное содержание антиоксидантов (ССА) с помощью экстрагирования проб горячей бидистиллированной водой. Измерение величины ССА выполняли с помощью прибора «Цвет Яуза-01-АА». В качестве образца сравнения использовали галловую кислоту. Из зерна изготавливали пищевой продукт путем его обжаривания и измельчения (технология 1) либо измельчения и последующего обжаривания (технология 2). В полученном зерновом продукте измеряли величину ССА и визуально регистрировали ряд его органолептических характеристик. В результате было установлено, что в голозерных образцах овса содержание белка, жира и макроэлементов было соответственно выше на 45; 36; 23; 40% по сравнению с пленчатыми формами, а уровень ССА отличался незначительно. Зерновой продукт, изготовленный на основе голозерного овса, обладал более высокими питательными и функциональными свойствами, в процессе его изготовления образовывалось значительно меньшее количество отходов. Технологии 1 и 2 дали практически одинаковый результат. Предлагаемый продукт решает задачу получения сухого зернового питательного функционального ингредиента на основе зерна голозерного овса, обладающего более выраженными лечебно-профилактическими свойствами, длительным сроком хранения, невысокой стоимостью и являющегося доступным для всех возрастных категорий и слоев потребителей.

Ключевые слова: овес, пленчатый, голозерный, термообработка, белок, жир, кальций, фосфор, антиоксиданты, органолептические характеристики

Functional healthy food product from naked oatsAlena V. Sumina^{1,2}alenasumina@list.ru 0000-0002-0466-6833Vadim I. Polonskiy^{2,3}vadim.polonskiy@mail.ru 0000-0002-7183-0912¹ Khakass State University, Lenina st., 90, Abakan, 655017, Russia² Krasnoyarsk State Agrarian University, Mira ave., 90, Krasnoyarsk, 660049, Russia³ Siberian Federal University, Svobodnyy ave., 79, Krasnoyarsk, 660041, Russia

Abstract. The aim of this study is a comparative analysis of the functional value of cereal products obtained from hulled and naked forms of oats. The object of the study was the grain of oat samples grown on the territory of the Beysky district of the Republic of Khakassia. In grain raw materials, the filminess of grain, the content of protein, fat, calcium and phosphorus in it was assessed. The total content of antioxidants (CCA) was determined by extracting samples with hot bidistilled water. The measurement of the CCA value was carried out using a Tsvet Yauza-01-AA device. Gallic acid was used as a reference sample. A food product was made from grain by roasting and grinding (technology 1) or grinding and subsequent roasting (technology 2). In the obtained cereal product, the CCA value was measured and a number of its organoleptic characteristics were visually recorded. As a result, it was found that in naked oat samples the content of protein, fat and macronutrients was, respectively, 45; 36; 23; 40% higher in comparison with the membranous forms, and the level of SSA differed insignificantly. A grain product made on the basis of naked oats had higher nutritional and functional properties; in the process of its production, a much smaller amount of waste was formed. Technology 1 and 2 gave almost the same results. The proposed product solves the problem of obtaining a dry cereal nutritious functional ingredient based on the grain of naked oats, which has more pronounced medicinal and prophylactic properties, a long shelf life, low cost and is available for all age categories and strata of consumers.)

Keywords: oats, hulled, naked, heat treatment, protein, fat, calcium, phosphorus, antioxidants, organoleptic characteristics

Введение

В «Стратегии повышения качества пищевых продуктов в Российской Федерации до 2030 года» [1] существенное внимание уделено так называемым функциональным продуктам питания. Задача получения функциональных продуктов здорового питания, обладающих лечебно-профилактическими свойствами и доступных для всех возрастных категорий и экономических слоев потребителей, является весьма актуальной. Как известно, возникновение

многих болезней у человека связывается с развитием в клетках окислительного стресса. Поэтому для профилактики различных заболеваний сегодня в пищевой индустрии наблюдается заметный интерес к применению ингредиентов с повышенным содержанием антиоксидантов [2, 3].

Цельнозерновые крупы являются хорошим источником таких химических соединений: витамина Е, фолиевой кислоты, фенольных соединений, каротиноидов, фитиновой кислоты, ряда микроэлементов, которые имеют значительный антиоксидантный потенциал. Зерно овса

Для цитирования

Сумина А.В., Полонский В.И. Функциональный продукт здорового питания из голозерного овса // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 92–97. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-92-97

For citation

Sumina A.V., Polonskiy V.I. Functional healthy food product from naked oats. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 92–97. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-92-97

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

по качеству белка, содержанию витаминов, минеральных веществ и пищевых волокон относится к наиболее ценному крупяному сырью. В нем содержатся почти все витамины группы В, аминокислоты, в том числе незаменимые (валин, триптофан и другие), макро- и микроэлементы. Овес входит в число лидеров среди всех зерновых культур по содержанию жиров и растворимых полисахаридов бета-глюканов. Продукты из зерна овса способствуют снижению кровяного давления и уровня сахара в крови, обладает общеукрепляющим действием для всего организма человека [4, 5].

Установлено, что ограничивающим фактором в использовании многих натуральных компонентов в функциональном питании является их относительно небольшой срок и особые условия хранения. Данное условие не относится к зерну, кроме того за счет термической обработки основного ингредиента – дробленого зерна овса можно увеличить длительность хранения и сроки годности функционального продукта. При этом его физико-химические и органолептические показатели улучшаются.

В литературе описаны способы производства сухих зерновых продуктов, заключающиеся в приготовления смеси, содержащей зерновую основу и композицию лекарственных растений. В качестве зерновой основы используется зерно пшеницы, ячменя, овса или риса, которое подвергается термообработке и измельчению [6] либо которое вначале измельчается, а затем подвергается термообработке [7]. К достоинству этих подходов относится то, что они позволяют получить сухие зерновые продукты с выраженными профилактическими и диетическими свойствами, к недостаткам способов следует отнести присутствие в конечном продукте жестких наружных пленок зерна, которые представляют собой целлюлозную массу, не обладающую питательными свойствами, а также необходимость использования нескольких видов лекарственных растений (курильский чай, крапива, тимьян, боярышник).

Показано, что голозерные сорта овса лишены значительного балласта – внешних пленок, на долю которых в зависимости от генотипа и условий выращивания, приходится до 27% от общей массы зерна [5]. Поэтому теоретически выход готового пищевого продукта, изготовленного на основе голозерного овса, способен увеличиться на четверть в сравнении с аналогичным показателем для его пленчатой формы.

Цель работы – сравнительный анализ функциональной ценности зерновых продуктов, полученных из пленчатой и голозерной формы овса.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования использовали зерно пленчатого и голозерного образцов овса, выращенное на территории Бейского района Республики Хакасия. Далее изготавливали пищевой продукт по технологии № 1 либо технологии № 2. Согласно первой зерно обжаривали в течение 5 минут при температуре 240 °С и измельчали до частиц со средним размером около 0,5 мм, как описано в литературе [6]. По технологии № 2 зерно вначале измельчали, а затем обжаривали в течение 3 минут при температуре 240 °С [7].

В лабораторных условиях проводили сравнительный анализ физико-химических показателей исходного зернового сырья для получения овсяного функционального продукта. Пленчатость зерна определяли по ГОСТ 10843–76 [8], содержание белка измеряли согласно ГОСТ 10846–91 [9], содержание жира находили по ГОСТ 13496.15–97 [10], содержание кальция и фосфора определяли соответственно ГОСТ 26570–95 [11] и ГОСТ 26657–97 [12]. Кроме того, определяли суммарное содержание антиоксидантов (ССА) с помощью экстрагирования проб горячей бидистиллированной водой. Измерение величины ССА выполняли с помощью прибора «Цвет Яуза-01-АА» по методике, описанной в [13]. В качестве образца сравнения использовали галловую кислоту.

Повторность определения указанных физико-химических показателей трехкратная. Статистическую обработку данных проводили с помощью стандартных компьютерных программ Microsoft Excel. Достоверность результатов оценивали при $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение

Результаты выполненных физико-химических анализов зерна обеих форм овса представлены в таблице 1. Можно видеть, что растительное сырье из голозерного зерна овса имело существенно более высокие значения всех показателей за исключением уровня ССА. Превышение по содержанию белка, жира, кальция и фосфора составило соответственно на: 45, 36, 23, 40%. С позиций пищевой и функциональной ценности полученные данные однозначно позволяют говорить о более полноценном составе зерна голозерного овса. В литературе показано существенное преимущество голозерных форм овса по сравнению с пленчатыми в содержании белка [14], масла [15,16], ряда микроэлементов [17], жирных и органических кислот [18].

При этом найдено, что уровни β -глюканов у голозерных форм овса были ниже таковой у пленчатых образцов [19]. Сегодня выделены образцы голозерного овса с повышенными и стабильными показателями содержания протеина, крахмала, амилозы, жира, отдельных жирных кислот и β -глюканов [20].

Далее на основе растительного сырья, описанного в табл. 1, изготавливали пищевой продукт с помощью двух вариантов технологий, отличающихся последовательностью выполнения этапов термообработки и измельчения. По технологии № 1 [6] зерно овса подвергалось термической обработке до золотистого

(светло-коричневого) цвета и характерного запаха жареного зерна. Затем обжаренные зерна измельчали в вальцовом станке до размера частиц в пределах 0,25–0,5 мм. Второй вариант изготовления зернового продукта проходил в иной последовательности: чистое сухое зерно сначала измельчали, а затем обжаривали в течение 3-х минут при температуре 240 °С до появления указанного выше цвета и запаха [7]. Зерновые овсяные продукты, изготовленные по двум технологиям, оценивали на основании физико-химических показателей. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 1.

Физико-химические характеристики зерна пленчатого и голозерного овса, используемого для получения сухого зернового продукта (расчеты на сухую биомассу)

Table 1.

Physicochemical characteristics of the grain of hulled and naked oats used to obtain a dry grain product (calculated on dry biomass)

Образец Sample	Параметр Characteristic					
	Пленчатость, % Filminess, %	Содержание Content				ССА, мг/100г TCA, mg/100 g
		Белок, % Protein, %	Жир, % Fat, %	Са, г/кг Ca, g/kg	Р, г/кг P, g/kg	
Пленчатый овес Chalky oats	24,1±1,1*	11,3±0,4*	4,7±0,15*	2,2±0,1*	3,8±0,17*	45,2±1,7
Голозерный овес Naked oats	—	16,4±0,6	6,4±0,2	2,7±0,1	5,3±0,15	46,3±1,4

Примечание: в таблице представлена средняя арифметическая величина и ошибка средней; * значения в строках различаются существенно между собой в пределах каждой колонки по t-критерию при $p \leq 0,05$.
Note: the table shows the arithmetic mean and the error of the average; * the values in the rows differ significantly within each column according to the t criterion at $p \leq 0.05$.

Таблица 2.

Выход готового зернового продукта, полученного на основе пленчатого и голозерного овса, и его физико-химическая характеристика (расчет на сухую массу)

Table 2.

The yield of the finished grain product, obtained on the basis of hulled and naked oats, and its physicochemical characteristics (calculated on a dry weight basis)

Зерновой продукт на основе Cereal product based on	Технология № 1 Technology № 1			Технология № 2 Technology № 2		
	Выход продукта, % Product yield, %	Объемный вес продукта, г/л Volumetric weight of the product, g/l	ССА, мг/100 г. TCA, mg/100 g	Выход продукта, % Product yield, %	Объемный вес продукта, г/л Volumetric weight of the product, g/l	ССА, мг/100 г. TCA, mg/100 g
Пленчатого зерна Chalky grain	69,3±2,1*	378±4,6*	41,7±1,7	67,4±3,6*	365±6,9*	42,4±1,9
Голозерного зерна Naked grain	92,1±4,9	535±8,1	45,9±1,1	91,7±3,8	571±6,3	45,9±1,7

Примечание: в таблице представлена средняя арифметическая величина и ошибка средней; в пределах каждой колонки значения в строках со знаком * различаются существенно между собой по t-критерию при $p \leq 0,05$
Note: the table shows the arithmetic mean and the error of the average; within each column, the values in the rows with the * sign differ significantly from each other by the t criterion at $p \leq 0.05$.

Таблица 3.

Органолептические характеристики зернового продукта, изготовленного на основе голозерного зерна овса

Table 2.

Organoleptic characteristics of a grain product made on the basis of naked oat grain

Параметр Parameter	Технология № 1 Technology № 1	Технология № 2 Technology № 2	Метод проведения Method of carrying out
Цвет Colour	Светло-коричневый, неоднородный, с вкраплением более темных частиц раздробленного зерна Light brown, non-uniform, interspersed with darker particles of crushed grain	Кремовый с желтым оттенком Creamy yellow	Визуально Visually
Блеск Shine	Отсутствует, готовый продукт имеет матовую поверхность None, the finished product has a matte surface		
Текстура (внешний вид) Texture (appearance)	Относительно однородный. Крупные (0,3–0,5 мм) частицы раздробленного эндосперма и алейронового слоя равномерно распределены по всей массе готового продукта Relatively homogeneous. Large (0.3–0.5 mm) particles of crushed endosperm and aleurone layer are evenly distributed throughout the entire mass of the finished product		
Запах Smell	Жареного зерна с ореховыми нотками Roasted grains with nutty notes		Дегустация Tasting
Вкус Taste	Сладковатый, без горечи Sweetish, without bitterness		

Можно видеть наличие существенных различий в массовых показателях зерновых продуктов, полученных из пленчатой и голозерной форм овса. По всей вероятности, более высокие значения объемного веса продукта, полученного на основе голозерного сырья, говорит о включении в большей степени эндосперма в случае с голозерным овсом, и отрубей при использовании пленчатой формы овса. Основываясь на полученных экспериментальных данных, можно заключить, что для приготовления зернового продукта использовать сырье из голозерного овса гораздо выгоднее по сравнению с пленчатым. Отметим, что за счет снижения количества отходов (наружных пленок зерна) при изготовлении зернового продукта экономическая эффективность процесса увеличивается более чем на 20%. При анализе функциональных свойств овсяного продукта по величине ССА, было установлено, что тенденция превышения голозерных форм над пленчатыми овсами сохранялась, но статистически это доказать не удалось. Подчеркнем, что влияние технологии (различий в последовательности этапов термообработки и измельчения) на указанные показатели продукта практически отсутствовало.

Для сравнения параметров зернового продукта, изготовленного по двум разным технологиям, на основе голозерного зерна овса были выполнены определения ряда органолептических характеристик. Полученные данные представлены в таблице 3. Можно видеть, что по органолептическим показателям в зерновом продукте, изготовленном по технологиям № 1 и № 2, существенных отличий выявлено не было. Исключение составил параметр цвет продукта,

который был неоднородным с вкраплением более темных частиц раздробленного зерна. Зарегистрированные результаты свидетельствуют, что для изготовления зернового продукта имеются практически равные возможности использования обеих технологий. Все же на основании цвета продукта предпочтение целесообразнее отдать технологии № 2. Традиционно аналогичные зерновые продукты изготавливаются из более распространенного пленчатого сырья, такого как ячмень или пшеница.

Заключение

Исходя из результатов проведенного исследования, можно предложить зерновой продукт на основе голозерного овса, преимуществом которого являются следующие параметры: сниженное количество отходов в процессе изготовления продукта, более высокие питательные и функциональные его свойства. Данный продукт можно использовать в пищу либо как самостоятельное блюдо при добавлении молока, сока, ягод, фруктов и даже овощей, либо как компонент при изготовлении других блюд для повышения их функциональности, в частности при добавлении к изделиям из пшеничной муки. Продукт, изготовленный по предлагаемому способу, может быть дополнительно обогащен лекарственными растениями: высушенными и измельченными листьями, цветками, фруктами, ягодами, орехами. Выполненное исследование решает задачу получения сухого зернового питательного функционального ингредиента на основе зерна голозерного овса, обладающего более выраженными лечебно-профилактическими свойствами, длительным сроком хранения, невысокой стоимостью и доступностью для всех возрастных категорий и слоев потребителей.

Литература

- 1 Об утверждении Стратегии повышения качества пищевых продуктов в Российской Федерации до 2030 года. Распоряжение Правительства РФ от 29 июня 2016 г. № 1364 р.
- 2 Dimitrios B. Sources of natural phenolic antioxidants // *Trends in Food Science and Technology*. 2006. V. 17. P. 505–512. doi:10.1016/j.tifs.2006.04.004
- 3 Shebis Y., Iluz D., Kinel-Tahan Y., Dubinsky Z. et al. Natural antioxidants: function and sources // *Food Nutrition Science*. 2013. V. 4. P. 643–649. doi:10.4236/fns.2013.46083
- 4 Полонский В.И., Лоскутов И.Г., Сумина А.В. Селекция на содержание антиоксидантов в зерне как перспективное направление для получения продуктов здорового питания // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2018. Т. 22. № 3. С. 343–352.
- 5 Полонский В.И., Сурин Н.А., Герасимов С.А., Сумина А.В. и др. Изучение сортов овса (*Avena sativa* L.) различного географического происхождения по качеству зерна и продуктивности // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2019. № 6. С. 683–690.
- 6 Пат. № 2156084, RU, A23L 1/29, 1/10. Способ получения сухой питательной смеси / Аношеева О.Г., Найдикова Ц.А., Николаев С.М., Гомбоева Ж.Д. и др. № 99107257/13; Заявл. 30.03.1999; Опубл. 20.09.2000, Бюл. № 26.
- 7 Пат. № 2624964, RU, A23L 7/10, 33/10. Способ производства сухих зерновых продуктов / Шулбаева М.Т., Бородин Д.М., Лазарева Ю.А. № 2016115681; Заявл. 21.04.2016; Опубл. 11.07.2017, Бюл. № 20.
- 8 ГОСТ 10843–76. Метод определения пленчатости. Москва: Изд-во стандартов, 2009. 11 с.
- 9 ГОСТ 10846–91 Метод определения белка. Москва: СтандартИнформ, 2009. 13 с.
- 10 ГОСТ 13496.15–97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли сырого жира. Москва: СтандартИнформ, 2020. 9 с.
- 11 ГОСТ 26570–95 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения кальция. Москва: Изд-во стандартов, 2003. 11 с.
- 12 ГОСТ 26657–97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания фосфора. Минск: Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации.
- 13 Федина, П.А. Яшин А.Я., Черноусова Н.И. Определение антиоксидантов в продуктах растительного происхождения амперометрическим методом // *Химия растительного сырья*. 2010. № 2. С. 91–97.
- 14 Николаев П.Н. и др. Адаптивный потенциал сортов овса селекции Омского аграрного научного центра // *Вестник НГАУ*. 2019. № 1. С. 42–51.
- 15 Biel W., Bobko K., Maciorowski R. Chemical composition and nutritive value of husked and naked oats grain // *Journal of cereal science*. 2009. V. 49. № 3. P. 413–418. doi: 10.1016/j.jcs.2009.01.009
- 16 Юсова О.А. и др. Изменение урожайности и качества зерна овса с повышением адаптивности сортов // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020. Т. 181. № 2. С. 42–49.
- 17 Bitvutskii N.P. et al. Screening of *Avena sativa* cultivars for iron, zinc, manganese, protein and oil content and fatty acid composition in whole grains // *Cereal Research Communications*. 2020. V. 48. № 1. P. 87–94.
- 18 Лоскутов И. Г. и др. Новый подход к структурированию сортового разнообразия голозерных и пленчатых форм культурного овса (*Avena sativa* L.) // *Экологическая генетика*. 2020. Т. 18. № 1. С. 27–41.
- 19 Sterna V. et al. Chemical composition of covered and naked spring barley varieties and their potential for food production // *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2017. V. 67. № 2. doi: 10.1515/pjfn-2016-0019
- 20 Абугалиева А.И. и др. Изучение голозерного овса из коллекции ВИР на качественные показатели в условиях Казахстана // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2021. Т. 182. № 1. С. 9–21.

References

- 1 On the approval of the Strategy for improving the quality of food products in the Russian Federation until 2030. Decree of the Government of the Russian Federation No. 1364 r of June 29, 2016. (in Russian).
- 2 Dimitrios B. Sources of natural phenolic antioxidants. *Trends in Food Science and Technology*. 2006. vol. 17. pp. 505–512. doi:10.1016/j.tifs.2006.04.004
- 3 Shebis Y., Iluz D., Kinel-Tahan Y., Dubinsky Z. et al. Natural antioxidants: function and sources. *Food Nutrition Science*. 2013. vol. 4. pp. 643–649. doi:10.4236/fns.2013.46083
- 4 Polonsky V.I., Loskutov I.G., Sumina A.V. Selection for the content of antioxidants in grain as a promising direction for obtaining healthy food products. *Vavilovsky Journal of Genetics and Breeding*. 2018. vol. 22. no. 3. pp. 343–352. (in Russian).
- 5 Polonsky V.I., Surin N.A., Gerasimov S.A., Sumina A.V. et al. The study of oat varieties (*Avena sativa* L.) of various geographical origin in terms of grain quality and productivity. *Vavilovsky Journal of Genetics and Breeding*. 2019. no. 6. pp. 683–690. (in Russian).
- 6 Anosheeva O.G., Naidakova Ts.A., Nikolaev S.M., Gomboeva Zh.D. et al. Method of obtaining a dry food mixture. Patent RF, no. 2156084, 2000.
- 7 Shulbaeva M.T., Borodulin D.M., Lazareva Yu.A. Method of production of dry grain products. Patent RF, no. 2624964, 2017.
- 8 GOST 10843–76. Method for determining filminess; introduction. Moscow: Publishing House of Standards, 2009. 11 p. (in Russian).
- 9 GOST 10846–91 Method for determining protein; introduction. Moscow: StandartInform, 2009. 13 p. (in Russian).
- 10 GOST 13496.15–97 Feed, compound feed, feed raw materials. Methods for determining the mass fraction of raw fat. Moscow: StandartInform, 2020. 9 p. (in Russian).
- 11 GOST 26570–95 Feed, compound feed, feed raw materials. Methods for determining calcium. Moscow: Publishing House of Standards, 2003. 11 p. (in Russian).

- 12 GOST 26657–97 Feed, compound feed, feed raw materials. Method for determining the phosphorus content. Minsk: Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification. (in Russian).
- 13 Fedina P.A. Yashin A.Ya., Chernousova N.I. Determination of antioxidants in plant products by the amperometric method. Chemistry of plant raw materials. 2010. no. 2. pp. 91–97. (in Russian).
- 14 Nikolaev P.N. et al. Adaptive potential of oat varieties of the Omsk Agrarian Scientific Center. Bulletin of NSAU. 2019. no. 1. pp. 42–51. (in Russian).
- 15 Biel W., Bobko K., Maciorowski R. Chemical composition and nutritive value of husked and naked oats grain. Journal of cereal science. 2009. vol. 49. no. 3. pp. 413–418. doi: 10.1016/j.jcs.2009.01.009
- 16 Yusova O.A. et al. Change in the yield and quality of oat grain with an increase in the adaptability of varieties. Works on applied botany, genetics and breeding. 2020. vol. 181. no. 2. pp. 42–49. (in Russian).
- 17 Bityutskii N.P. et al. Screening of Avena sativa cultivars for iron, zinc, manganese, protein and oil content and fatty acid composition in whole grains. Cereal Research Communications. 2020. vol. 48. no. 1. pp. 87–94.
- 18 Loskutov I.G. et al. A new approach to the structuring of varietal diversity of naked and chalky forms of cultivated oats (Avena sativa L.). Ecological genetics. 2020. vol. 18. no. 1. pp. 27–41. (in Russian).
- 19 Sterna V. et al. Chemical composition of covered and naked spring barley varieties and their potential for food production. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. 2017. vol. 67. no. 2. doi: 10.1515/pjfn-2016-0019
- 20 Abugalieva A.I. et al. Study of naked oats from the VIR collection for quality indicators in the conditions of Kazakhstan. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2021. vol. 182. no. 1. pp. 9–21. (in Russian).

Сведения об авторах

Алена В. Сумина к.с.-х.н., доцент, кафедра химии и геоэкологии, Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, ул. Ленина, 90, г. Абакан, 655017, Россия, alenasumina@list.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-0466-6833>

Вадим И. Полонский д.б.н., профессор, кафедра ландшафтной архитектуры и ботаники, Красноярский государственный аграрный университет, пр.-т Мира, 90, г. Красноярск 660049, Россия, vadim.polonskiy@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-7183-0912>

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

Alena V. Sumina Cand. Sci. (Agric.), associate professor, chemistry and geoecology department, Khakass State University, Lenina st., 90, Abakan, 655017, Russia, alenasumina@list.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-0466-6833>

Vadim I. Polonskiy Dr. Sci. (Biol.), professor, landscape architecture and botany department, Krasnoyarsk State Agrarian University, Mira ave., 90, Krasnoyarsk, 660049, Russia, vadim.polonskiy@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-7183-0912>

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 09/07/2021	После редакции 29/07/2021	Принята в печать 20/08/2021
Received 09/07/2021	Accepted in revised 29/07/2021	Accepted 20/08/2021

Изучение структурообразователей и разработка желейного мармелада на основе отработанного осмотического агента

Наталья А. Грибова¹

natali-g@bk.ru

 0000-0002-8440-5325Людмила Г. Елисеева¹

eliseeva-reu@mail.ru

 0000-0003-2715-9989¹ Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36, г. Москва, 117997, Россия

Аннотация. Научная статья посвящена изучению различных структурообразователей (агар-агар, пектин, модифицированный крахмал) для выявления лучшей структуры мармелада, разработаны технологическая схема, рецептура желейного мармелада на основе отработанного осмотического агента после осмоса ягод земляники садовой, малины, черной смородины. После осмотического обезвоживания ягод, плодов, фруктов остается достаточное количество обогащенного осмотического агента. Данный агент (сироп) относится к сырью и обладает высокой пищевой ценностью который можно использовать в качестве замены сахара-песка и инвертного сиропа. В мармеладных изделиях с разными структурообразователями изучали структурно-механические, физико-химические и органолептические показатели качества. По органолептическим показателям исследуемые мармелады имели выраженный аромат и вкус, без посторонних запахов и привкусов, цвет у всех мармеладов имел красную гамму от светло-красного до темно-коричневого. Установлено, что наиболее плотную структуру имел мармелад, приготовленный на агар-агаре, имел низкое значение числа пенетрации (20,2) и прочность студня мармелада 12039,29 Па. В разработанном желейном мармеладе на основе отработанного осмотического агента изучали пищевую ценность, физико-химические, органолептические показатели качества безопасности. Согласно полученным результатам в разработанных желейных мармеладах содержание моно- и дисахаридов уменьшилось на 17,1–18,8%, общая кислотность увеличилась в 1,2 раза, показатель активности воды уменьшился на 12,6–14,3%. Мармелады, приготовленные на отработанных осмотических агентах после осмоса ягод, обогащены витамином С (11,38–81,44 мг / 100 г.), калием в 9,3–19,8 раза, кальцием в 5,3–6,7 раза, железом в 1,4–2,0 раза. В результате было установлено, что использование данных структурообразователей в сочетании с отработанными осмотическими агентами возможно для приготовления мармеладных изделий, так как они оказывают положительное влияние на структуру полученных образцов и на органолептические показатели качества.

Ключевые слова: осмотический агент, сироп, ягоды, полисахариды, органолептическая оценка, физико-химические показатели

Study of structure-forming agents and development of jelly marmalade based on a spent osmotic agent

Natalya A. Gribova¹

natali-g@bk.ru

 0000-0002-8440-5325Lyudmila G. Eliseeva¹

eliseeva-reu@mail.ru

 0000-0003-2715-9989¹ Plekhanov Russian Economic University, Stremyanniy lane, 36, Moscow, 117997, Russia

Abstract. The scientific article is devoted to the study of various structure-forming agents (agar-agar, pectin, modified starch) to identify the best structure of marmalade, developed a technological scheme, a recipe for jelly marmalade based on a spent osmotic agent after osmosis of strawberries, raspberries, black currants. After osmotic dehydration of berries, fruits, a sufficient amount of enriched osmotic agent remains. This agent (syrup) refers to raw materials and has a high nutritional value that can be used as a substitute for granulated sugar and invert syrup. Structural-mechanical, physico-chemical and organoleptic quality indicators were studied in marmalade products with different structure-forming agents. According to organoleptic indicators, the studied marmalades had a pronounced aroma and taste, without extraneous odors and tastes, the color of all marmalades had a red range from light red to dark brown. It was found that marmalade prepared on agar-agar had the densest structure, had a low penetration number (20.2) and the jelly strength of marmalade was 12039.29 Pa. In the developed jelly marmalade based on the spent osmotic agent, nutritional value, physico-chemical, organoleptic safety quality indicators were studied. According to the results obtained in the developed jelly marmalades, the content of mono- and disaccharides decreased by 17.1–18.8%, the total acidity increased by 1.2 times, the water activity index decreased by 12.6–14.3%. Marmalades prepared with used osmotic agents after osmosis of berries are enriched with vitamin C (11.38–81.44 mg / 100 g), potassium 9.3–19.8 times, calcium 5.3–6.7 times, iron 1.4–2.0 times. As a result, it was found that the use of these structure-forming agents in combination with spent osmotic agents is possible for the preparation of marmalade products, since they have a positive effect on the structure of the samples obtained and on organoleptic quality indicators.

Keywords: osmotic agent, syrup, berries, polysaccharides, organoleptic evaluation, physico-chemical parameters

Введение

Фруктово-ягодные кондитерские изделия пользуются большим спросом и являются массовым продуктом на отечественном рынке [1, 3, 6, 9, 13]. В качестве подсластителей в основном используют сахар-песок, патоку или инвертный сироп [2, 4, 5, 7, 8, 10–12]. После осмотического обезвоживания ягод, плодов и фруктов остается отработанный осмотический агент [13–20]. Научные исследования доказали, что отработанный осмотический агент содержит высокую пищевую ценность и использовать в различные кулинарные и

кондитерские изделия, а также приготовление десертных или сладких блюд на его основе позволит обогатить или повысить пищевую ценность готового изделия.

Цель работы – производство желейного мармелада ягодного формового для улучшения качества и пищевой ценности путем замещения сахара-песка, и красителей на отработанный осмотический агент после осмоса ягод, в результате чего снижается себестоимость готовой продукции, упрощается процесс производства и позволяет получить готовый обогащенный продукт без добавления различных консервантов с сохраненной пищевой ценностью.

Для цитирования

Грибова Н.А., Елисеева Л.Г. Изучение структурообразователей и разработка желейного мармелада на основе отработанного осмотического агента // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 98–105. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-98-105

For citation

Gribova N.A., Eliseeva L.G. Study of structure-forming agents and development of jelly marmalade based on a spent osmotic agent. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 98–105. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-98-105

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

Материалы и методы

Материалами исследований являлись отработанный осмотический агент после осмоса ягод земляники садовой, малины, черной смородины, структурообразователи, агар-агар, пектин, модифицированный крахмал Pregeflo MI 20A. Применялись общепринятые методы анализа: органолептические, физико-химические показатели качества.

Результаты и обсуждение

На первом этапе исследований нами были изучены различные структурообразователи (агар-агар, пектин, модифицированный крахмал) для выявления лучшей структуры и желеобразующих свойств мармелада.

Для приготовления образцов жележного мармелада, был взят отработанный осмотический агент после осмоса земляники садовой и структурообразователи: агар-агар (№ 1), пектин фруктовый (№ 2), модифицированный крахмал (Pregeflo MI 20A) (№ 3) в следующих соотношениях (таблица 1).

Таблица 1.
Соотношения структурообразователей
на 100 г. отработанного осмотического агента

Table 1.
Ratios of structure-forming agents per 100 g of
spent osmotic agent

Наименование Name	Образцы Samples		
	1	2	3
Агар-агар, г Agar, g	5,0	–	–
Пектин, г Pectin, g	–	5,0	–
Модифицированный крахмал (Pregeflo MI 20A), г Modified starch (Pregeflo MI20A), g	–	–	5,0

Для приготовления мармелада структурообразователи агар-агар замачивали в воде на 40–50 мин для набухания и распускали (нагревали) до полного его растворения, пектин смешивали с небольшим количеством сахара-песка, модифицированный крахмал соединяли с водой, перемешивали до полного растворения или оставляли набухать. Подготовленные структурообразователи вносили в отработанный осмотический агент (сироп), размешивали и уваривали в течение 7–10 мин. Горячую массу разливали в формы, остужали до комнатной температуры и охлаждали при температуре (+2) – (+5)°C до полного застывания.

В мармеладных изделиях с разными структурообразователями изучали структурно-механические, физико-химические и органолептические показатели качества.

В полученных мармеладах изучали органолептические показатели качества (таблица 2). В результате было установлено, что использование данных структурообразователей в сочетании с отработанными осмотическими агентами возможно для приготовления мармеладных изделий, так как они оказывают положительное влияние на структуру полученных образцов и органолептические показатели качества. Применение модифицированного крахмала в мармеладных изделиях не давало плотной структуры характерной для мармелада. Все исследуемые мармелады имели выраженный аромат и вкус земляники садовой без посторонних запахов и привкусов. Цвет у всех мармеладов имел красную гамму от светло-красного до темно-коричневого.

Таблица 2.
Органолептические характеристики мармелада с различными структурообразующими веществами

Table 2.
Organoleptic characteristics of marmalade with different structure-forming agents

Наименование показателей и характеристика Name of indicators and characteristics	Образцы Samples		
	№ 1	№ 2	№ 3
1	2	3	4
Внешний вид Appearance	правильная форма, без деформации, поверхность гладкая, полуматовая, глянцевая the correct shape, without deformation, the surface is smooth, semi-matt, glossy	правильная форма, прозрачный, поверхность не глянцевая correct shape, transparent, non-glossy surface	без сохранения формы, непрозрачный without preserving the shape, opaque
Консистенция Consistency	плотная, однородная, упругая dense, homogeneous, elastic	рыхлая, поверхность упругая, плотная, эластичная, липкая loose, elastic on the surface, dense, elastic, sticky	мягкая, кашицеобразная, зернистая soft, mushy, granular

1	2	3	4
Вкус и запах Taste and smell	клубничный, без посторонних примесей strawberry, without foreign impurities		
Цвет Colour	светло-красный	темно-красный	красно-коричневый
Примечание Note	для производства мармелада имеет плотную консистенцию for the production of marmalade has a dense consistency	для производства мармелада for the production of marmalade	нежелателен для производства мармелада, т. к. в процессе приготовления не приобрел студнеобразную форму, может быть использован в качестве термостабильной начинки для кондитерских изделий it is undesirable for the production of marmalade, because in the process of preparation it has not acquired a jelly-like shape, it can be used as a thermostable filling for confectionery

Основной функцией используемых нами природных полисахаридов является структурообразование. В зависимости от типа полисахарида структура пищевой системы может колебаться от вязкой до студнеобразной. В связи с этим были изучены структурно-механические и физико-химические показатели полученного мармелада. Данные исследования представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Структурно-механические и физико-химические показатели мармелада

Table 3.

Structural-mechanical and physico-chemical parameters of marmalade

Наименование показателей name of indicators	Образцы Samples		
	№ 1	№ 2	№ 3
Активность воды Water activity	0,648	0,598	0,758
Число пенетрации Penetration number	20,2	27,8	70,4
Прочность студня, Па The strength of the jelly, Pa	24507,4	12939,29	2017,69
Температура начала плавления, °C Initial melting point, °C	88	95	84,7
Температура окончания плавления, °C Final melting point, °C	95	98	86,2
Температура кипения, °C Boiling point, °C	101	101	91,8
Массовая доля влаги, % Mass fraction of moisture, %	35,74	25,88	38,0

Из полученных данных видно, что содержание массовой доли влаги мармелада колеблется в пределах от 25,88% (пектин) до 38% (модифицированный крахмал), что лежит в пределах значений массовой доли влаги для мармелада фруктового (овощного) пластового согласно ГОСТ 6442–2014 «Мармелад. Общие технические условия».

Выявлено, что наиболее плотную структуру имел мармелад, приготовленный на агар-агаре, имеющий наиболее низкое значение числа пенетрации (20,2), следовательно, наибольшую

силу для проникновения во внутрь системы – 24507,4 Па. Прочность студня мармелада на пектине составила 12039,29 Па, число пенетрации 27,8, что является наиболее близкое значение для мармелада желейного формового взятому в качестве контроля. Мармелад с модифицированным крахмалом имел наименьшую прочность системы и структуру желе, что не позволяет данному структурообразователю в чистом виде быть использованным для приготовления мармеладных изделий. Данный загуститель может быть использован для приготовления термостабильной начинки или джема.

Анализируя полученные данные по температуре и по начала и окончания плавления, можно сделать вывод, что мармелад с модифицированным крахмалом может быть использован в качестве приготовления термостабильной начинки для мучных и кондитерских изделий. Он имел наиболее высокую температуру начала ($t = 96^\circ\text{C}$) и окончания ($t = 100^\circ\text{C}$) плавления среди других мармеладов. Так же хотелось бы отметить тот факт, что данный мармелад не закипел. Для остальных мармеладов температура начала плавления лежала в пределах от 88°C (агар-агар) до 95°C (пектин), температура окончания плавления находилась в диапазоне от 95°C (агар-агар) до 98°C (пектин), температура кипения имела значение 101°C .

Показатель активности воды влияет на срок годности пищевого продукта, что связано с различными реакциями, протекающими в пищевом продукте [16, 18, 19]. В результате значение активности воды в исследуемых мармеладах лежало в пределах от 0,598 до 0,758, лучший образец имел значение активности воды (0,598) приготовленный на пектине.

Следовательно, в ходе проведенных исследований показана целесообразность использования отработанного осмотического агента после осмотического обезвоживания ягодного сырья в сочетании с природными полисахаридами для приготовления мармелада желейного, а также может быть рекомендован для приготовления джемов и термостабильных начинок.

На основе изучения структурообразователей нами была усовершенствована технологическая рецептура ягодного желейного мармелада формового.

Усовершенствованная технологическая схема производства ягодного желейного мармелада формового включает следующие стадии: подготовка сырья; приготовление рецептурной массы; уваривание мармеладной массы; отливка в формы; сушку; охлаждение и упаковывание мармелада (рисунок 1).

Рецептурную массу получают путем смешивания в смесителе подготовленного отработанного осмотического агента после осмотического обезвоживания ягод с содержанием сухих веществ 71–73%, дозировки лимонной кислоты и пектина. Полученную массу уваривают непрерывным способом при температуре 108–110 °С до содержания 80–82% доли сухих веществ. Готовую горячую мармеладную массу охлаждают до температуры 65–70 °С, и подвергают формованию через отливочный автомат для студнеобразования.

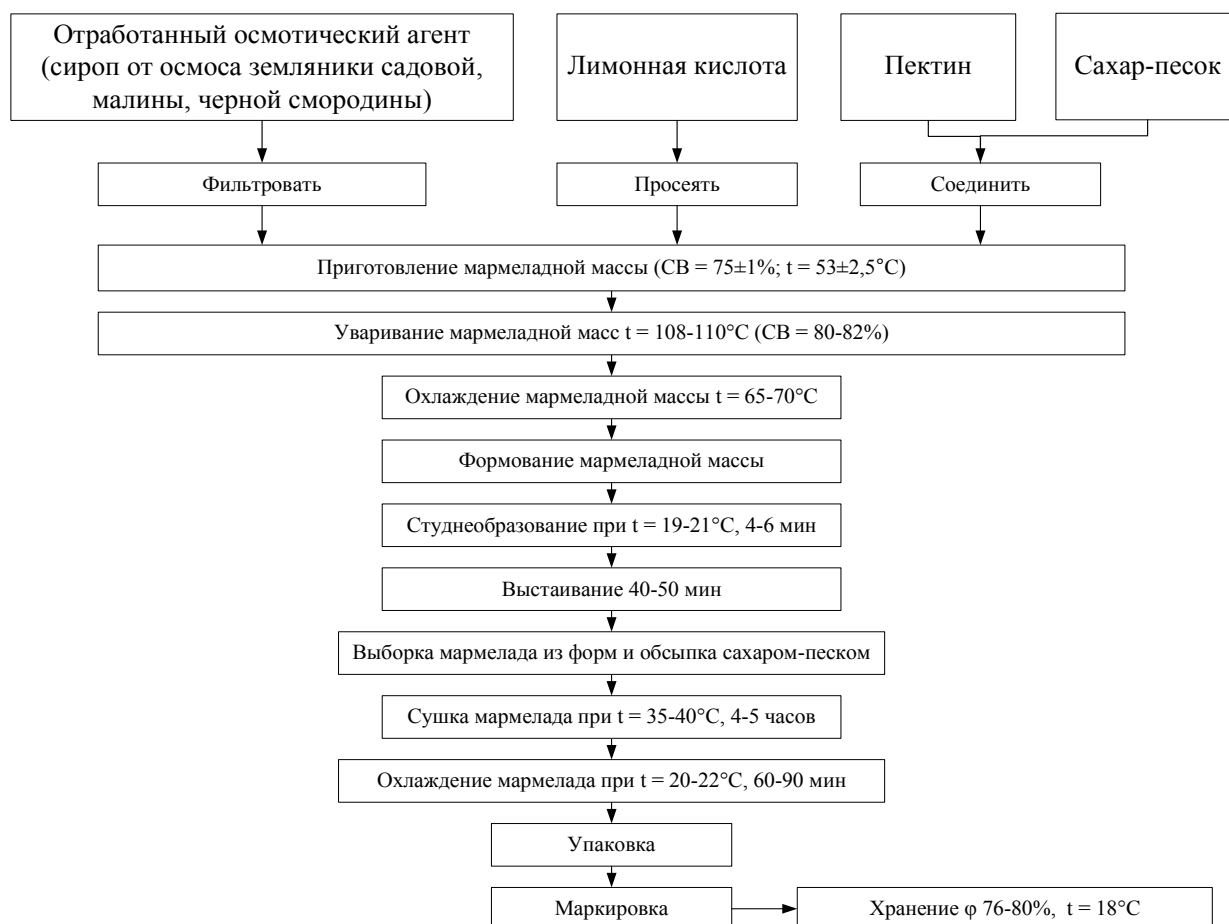


Рисунок 1. Усовершенствованная технологическая схема производства ягодного желейного мармелада формового на основе отработанного осмотического агента

Figure 1. An improved technological scheme for the production of berry jelly marmalade based on a spent osmotic agent

Студнеобразование происходит следующим образом: формы с мармеладной массой поступают на выстаивание в камеры с температурой воздуха 19–21 °С. В течение 4–6 мин температура мармелада снижается и достигает точки застудневания пектина. Продолжительность выстаивания мармелада в формах составляет около 45–50 мин. Выборка мармелада из форм производится механически с помощью пара, подаваемого снизу к отверстиям форм. Воздух, проходя через отверстия, выталкивает мармелад на решетку и обсыпается сахаром-песком. Выбранный из форм мармелад направляется на

высушивание для удаления из мармелада лишней влаги. Мармелад сушат в сушильных шкафах – при температуре 35–40 °С в течение 4–5 часов. После высушивания мармелад охлаждают до температуры 20–22 °С в течение 60–90 мин.

Готовый формовой мармелад направляется на упаковывание в пакеты из упаковочных пленок или в коробки в соответствии с требованиями ГОСТа 6442–2014. Мармелад желейный ягодный формовой хранится с относительной влажностью 76–80% при температуре до 18 °С в течение трех месяцев.

Нами были взяты отработанные осмотические агенты от осмоса земляники садовой, малины и черной смородины из-за своей высокой органолептической оценки, и пищевой ценности. В готовом мармеладе определяли физико-химические и органолептические показатели качества. Контролем служил мармелад «Желейный формовой». Основными ингредиентами контрольного мармелада на 1 тонну готовой продукции являются (кг): сахар-песок в желе (713,0), вода (175,71), пектин (28,0) лимонная кислота (15,0) и краситель (1,0), эссенция (0,4)

Для расчета замены сахара-песка в желе на отработанный осмотический агент мы воспользовались формулой замены одного вида сырья другим в пересчете на сухое вещество:

$$K = \frac{K_1 \cdot A_1}{A_2}, \quad (1)$$

где K – количество заменяемого отработанного осмотического агента, кг; K₁ – количество продукта заменителя, (сахар-песок) в соответствии с рецептурой, кг; A₁ – содержание сухого вещества в продукте заменителе (сахар-песок), %;

A₂ – содержание сухого вещества в отработанном осмотическом агенте, %.

В таблице 4 представлены данные актуализированной технологической рецептуры желейного мармелада с заменой сахара-песка в желе на отработанный осмотический агент.

После производства желейного мармелада нами изучалась пищевая ценность в сравнении с контрольным образцом (таблица 5), физико-химические (таблица 6), органолептические показатели качества безопасности (рисунок 2).

Согласно полученным результатам в разработанных желейных мармеладах содержание моно- и дисахаридов уменьшилось на 17,1–18,8%, общая кислотность увеличилась в 1,2 раза, активность воды уменьшилась на 12,6–14,3% в сравнении с контрольным образцом. Мармелады, приготовленные на отработанных осмотических агентах после осмоса ягод, обогащены витамином C (11,38–81,44 мг / 100 г. (зависит от вида ягодного сырья)), калием в 9,3–19,8 раза, кальцием в 5,3–6,7 раза, железом в 1,4–2,0 раза.

Таблица 4.

Актуализированная технологическая рецептура ягодного желейного мармелада на основе отработанных осмотических агентов

Table 4.

Updated technological formulation of berry jelly marmalade based on spent osmotic agents

Наименование сырья и полуфабрикатов Name of raw materials and semi-finished products	Массовая доля сухих веществ, % Mass fraction of dry substances, %	Расход сырья на 1 т готовой продукции Consumption of raw materials per 1 ton of finished products	
		в натуре in kind	в сухих веществах in dry substances
Отработанный осмотический агент: Spent osmotic agent:			
от земляники садовой from strawberries	71,61	712,4 + 278,2 + 27,9 = 1018,5	729,3
от малины from raspberries	73,02	698,6 + 272,8 + 27,4 = 998,8	729,1
от черной смородины from black currants	72,13	707,2 + 276,2 + 27,7 = 1011,1	729,5
Пектин Pectin	86,0	28,0	24,08
Вода Water	–	175,71	–
Лимонная кислота Citric acid	91,2	12,70	11,58
Сахар-песок для обсыпки Sugar for sprinkling	99,85	86,60	86,47
Итого Total	74,1	1128,3	836,54

Таблица 5.

Пищевая ценность желейного мармелада на основе отработанных осмотических агентов

Table 5.

Nutritional value of jelly marmalade based on spent osmotic agents

Показатели качества Quality indicators	Контроль Control	Отработанный осмотический агент Spent osmotic agent		
		от земляники садовой strawberry	от малины raspberry	от черной смородины black currant
1	2	3	4	5
Содержание сухих веществ, % Dry matter content, %	82,0	80,3	80,1	80,5
Углеводы, %, в т. ч.: Carbohydrates, %:	78,0	71,6	73,0	72,1
моно- и дисахариды mono – and disaccharides	76,2	63,5	64,8	63,9
Клетчатка, г Fiber, g	–	0,59	0,58	0,60

Продолжение таблицы 5 | Continuation of table 5

1	2	3	4	5
Органические кислоты, г Organic acids, g	1,1	1,3	1,2	1,4
Энергетическая ценность ккал/кДж Energy value kcal/kJ	310/1330	286/1197	292/1223	288/1181
Активность воды Water activity	0,698	0,610	0,598	0,602
Витамин С, мг% Vitamin C, mg%	–	30,62	11,38	81,44
Калий, мг%, K, mg%	2,39	22,21	30,69	47,26
Кальций, мг% Ca, mg%	2,38	15,86	15,18	12,52
Железо, мг% Fe, mg%	0,46	0,65	0,91	0,73

Важное значение имеет энергетическая ценность мармелада, так в предлагаемой рецептуре она уменьшилась примерно на 8% за счет меньшего содержания сахаров, из чего можно сделать вывод, что замена сахара-песка на отработанный осмотический агент для желеинового мармелада имеет положительный результат и содержит высокую пищевую ценность.

В таблице 6 представлены данные по физико-химическим показателям мармелада желеинового на основе отработанного осмотического агента, содержание массовой доли влаги составило 18,1–18,5%, золы 0,04%, редуцирующих сахаров 12,4–14,1% и общая кислотность 12,2–14,5 г/дм³, полученные нами результаты соответствуют ГОСТ 6442–2014.

Таблица 6.

Физико-химических показателей желеинового мармелада на основе отработанных осмотических агентах

Table 6.

Physico-chemical parameters of jelly marmalade based on spent osmotic agents

Показатели качества Quality indicators	Отработанный осмотический агент Spent osmotic agent			В соответствии с ГОСТ 6442–2014 In accordance with GOST 6442–2014	Закключение Conclusion
	от земляники садовой strawberry	от малины raspberry	от черной смородины black currant		
Массовая доля влаги, % Mass fraction of moisture, %	18,3 ± 0,5	18,5 ± 0,5	18,1 ± 0,5	15 – 24	Соответствует Respond
Массовая доля золы, не растворимой в растворе соляной кислоты с массовой долей 10%, % Mass fraction of ash insoluble in hydrochloric acid solution with a mass fraction of 10%, %	0,04 ± 0,0001			не более 0,05 no more 0,05	
Массовая доля редуцирующих сахаров, % Mass fraction of reducing sugars, %	12,4 ± 2,0	12,6 ± 2,0	14,1 ± 2,0	не более 20 no more 20	
Общая кислотность, г/дм ³ Total acidity, g/dm ³	13,8 ± 0,3	12,2 ± 0,3	14,5 ± 0,3	7,5 – 22	

По органолептическим показателям качества исследуемый мармелад желеинового имеет характерный, выраженный вкус и запах, насыщенный цвет, соответствующий данному виду сырья, без постороннего привкуса и запаха, консистенция студнеобразная, правильная форма с четкими гранями, без признаков явной деформации, что соответствует ГОСТ 6442–2014.

По органолептическим показателям было выявлено (рисунок 2), что самый высокий балл по вкусу и запаху имеет мармелад, изготовленный на агенте от осмоса черной смородины (5,0 баллов), что значительно отличается от

контрольного образца (4,2 баллов), наиболее привлекательный цвет (выраженный красный) у мармелада на агенте от осмоса земляники (4,9 баллов), структура, прочность и форма изделий с четким контуром, без деформации и все исследуемые мармелады имеют максимальный балл (4,9–5,0 баллов). В результате итоговая органолептическая оценка желеинового мармелада составила 23,7 баллов у мармелада на отработанном осмотическом агенте от осмоса малины и 24,0–24,1 баллов у мармелада на агентах от осмоса земляники садовой и черной смородины при max 23–25 баллов.

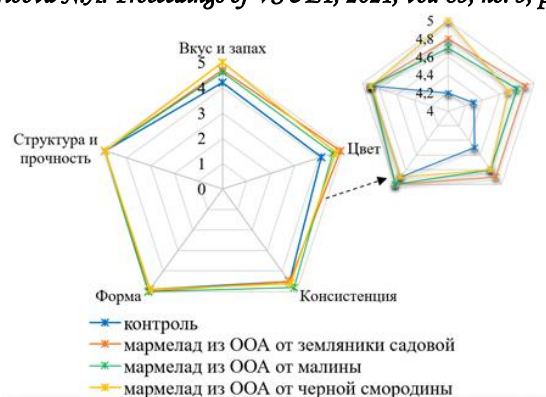


Рисунок 2. Органолептическая оценка жележного мармелада на основе отработанных осмотических агентов после осмоса земляники, малины и черной смородины

Figure 2. Organoleptic evaluation of jelly marmalade based on spent osmotic agents after osmosis of strawberries, raspberries and black currants

Закключение

Согласно проведенным исследованиям полученный ягодный жележный мармелад обладает высокими вкусовыми качествами и улучшенной пищевой ценностью за счет использования обогащенного отработанного осмотического агента после осмоса ягод, в которых содержатся биологически активные соединения, входящие в состав ягод. По органолептическим показателям запах и цвет готового мармелада соответствует исходному натуральному сырью, форма изделия с четким контуром, без деформации и с высокими желирующими свойствами.

Литература

- 1 Пискуненко К.Р., Попов В.Г. Тенденции производства мармелада функциональной направленности // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 2. С. 72–76. doi: 10.20914/2310-1202-2020-2-72-76
- 2 Габдукаева Л.З., Гумеров Т.Ю., Решетник О.А. Влияние структурообразователей на потребительские характеристики мармеладных изделий // Food industry. 2020. Т. 5. № 1. С. 50–57.
- 3 Агафонова С.В., Панкова Е.В. Технология мармелада повышенной биологической ценности // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2018. Т.4. № 2. С. 54–61.
- 4 Казанцев Е.В., Кондратьев Н.Б., Осипов М.В., Руденко О.С. Влияние разных видов гидроколлоидов на структуру и сохранность сахаристых кондитерских изделий студнеобразной консистенции: обзор // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 2. С. 107–115. doi: 10.20914/2310-1202-2020-2-107-115
- 5 Панкова Е.В., Агафонова С.В. Технология жележно-фруктового мармелада, обогащенного биологически активными компонентами овощного и ягодного сырья // Вестник молодежной науки. 2018. Т. 2. № 14. С. 1–6.
- 6 Грибова Н.А., Беркетова Л.В. Осмотическая дегидратация ягод: изучение параметров массопереноса // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 30–37. doi: 10.20914/2310-1202-2018-2-30-37
- 7 Магомедов Г.О., Лобосова Л.А., Журахова С.Н. Желейно-фруктовый мармелад повышенной пищевой ценности с соком из ягод облепихи // Техника и технология пищевых производств. 2017. Т. 46. № 3. С. 50–54.
- 8 Pramanick P., Zaman S., Mitra A. Jelly from vitamin C rich halophytic fruits // International Journal of Universal Pharmacy and Bio Sciences. 2014. V. 3. № 5. P. 36–49.
- 9 Gribova N.A., Eliseeva L.G., Berketova L.V., Evdokimova O.V. et al. Formation and development of consumer properties of berry products with added nutrition value // International Journal of Advanced Science and Technology this link is disabled. 2020. V. 29. №3. P. 3782–3791.
- 10 Pramanick P., Zaman S., Bera D., Raha A.K. et al. Mangrove fruit Products: A search for alternative livelihood for Island dwellers of Gangetic delta // Int. J. Pharm. Res. Scholars. 2014. V. 3. № 1. P. 131–137.
- 11 Vidhya R., Narain A. Formulation and Evaluation of Preserved Products Utilizing under Exploited Fruit, Wood Apple (*Limonia acidissima*). Am-Eurasian // J. Agric. Environ. Sci. 2011. V. 10. № 1. P. 112–118.
- 12 Pramanick P., Zaman S., Mitra A. Mangrove fruit-based jelly as roadmap to alternative livelihood for island dwellers of Indian Sundarbans // Natural Resources And Their Ecosystem Services. 2021. V. II. P. 121–126.
- 13 Wolf B. Confectionery and Sugar-Based Foods // Reference Module in Food Science. 2016. P. 1–4.
- 14 Inam A.K.M. et al. Studies on the Development of Mixed Fruit Marmalade // Journal of Environmental Science and Natural Resources. 2013. V. 5. P. 315–322.
- 15 Rajanya D., Singh G. Recent trends in osmotic dehydration of fruits: a review // Plant Archives. 2021. V. 21. № 1. P. 98–103.
- 16 Bchir B. et al. Osmotic dehydration of pomegranate seeds (*Punica Granatum* L.): effect of freezing pre-treatment // Journal of Food Process Engineering. 2012. V. 35. P. 335–354.
- 17 Barragán-Iglesias J. et al. Texture analysis of dried papaya (*Carica papaya* L. cv. Maradol) pretreated with calcium and osmotic dehydration // Dry. Technol. 2019. V. 37. P. 906–919.
- 18 Jain S.K. et al. Optimization of process parameters for osmotic dehydration of papaya cubes // J. Food Sci. Technol. 2011. V. 48. P. 211–217.
- 19 Luchese C.L., Gurak P.D., Marczak L.D.F. Osmotic dehydration of physalis (*Physalis peruviana* L.): Evaluation of water loss and sucrose incorporation and the quantification of carotenoids // LWT Food Sci. Technol. 2015. V. 63. P. 1128–1136.
- 20 Artamonova M.P., Inna A.O. Study of properties of jelly-fruit marmalade with herbal additives // BIO Web of Conferences. 2021. V. 30.

References

- 1 Piskunen K.R., Popov V.G. Trends in the production of functional marmalade. *Proceedings of VSUET*. 2020. vol. 82. no. 2. pp. 72–76. doi: 10.20914/2310-1202-2020-2-72-76 (in Russian).
- 2 Gabdukaeva L.Z., Gumerov T.Yu., Reshetnik O.A. Influence of structure-forming agents on consumer characteristics of marmalade products. *Food industry*. 2020. vol. 5. no. 1. pp. 50–57. (in Russian).

- 3 Agafonova S.V., Pankova E.V. Technology of marmalade of increased biological value. Bulletin of Science and Education of the North-West of Russia. 2018. vol. 4. no. 2. pp. 54–61. (in Russian).
- 4 Kazantsev E.V., Kondratiev N.B., Osipov M.V., Rudenko O.S. The influence of different types of hydrocolloids on the structure and safety of sugary confectionery products of jelly-like consistency: review. Proceedings of VSUET. 2020. vol. 82. no. 2. pp. 107–115. doi: 10.20914/231Q-1202-2Q2Q-2-1Q7-115 (in Russian).
- 5 Pankova E.V., Agafonova S.V. Technology of jelly-fruit marmalade enriched with biologically active components of vegetable and berry raw materials. Bulletin of Youth Science. 2018. vol. 2. no. 14. pp. 1–6. (in Russian).
- 6 Gribova N.A., Berketova L.V. Osmotic dehydration of berries: study of mass transfer parameters. Proceedings of VSUET. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 30–37. doi: 10.20914/2310–1202–2018–2–30–37. (in Russian).
- 7 Magomedov G.O., Lobosova L.A., Zhurakhova S.N. Jelly-fruit marmalade of increased nutritional value with juice from sea buckthorn berries. Technique and technology of food production. 2017. vol. 46. no. 3. pp. 50–54. (in Russian).
- 8 Pramanick P., Zaman S., Mitra A. Jelly from vitamin C rich halophytic fruits. International Journal of Universal Pharmacy and Bio Sciences. 2014. vol. 3. no. 5. pp. 36–49.
- 9 Gribova N.A., Eliseeva L.G., Berketova L.V., Evdokimova O.V. et al. Formation and development of consumer properties of berry products with added nutrition value. International Journal of Advanced Science and Technology this link is disabled. 2020. vol. 29. no. 3. pp. 3782–3791.
- 10 Pramanick P., Zaman S., Bera D., Raha A.K. et al. Mangrove fruit Products: A search for alternative livelihood for Island dwellers of Gangetic delta. Int. J. Pharm. Res. Scholars. 2014. vol. 3. no. 1. pp. 131–137.
- 11 Vidhya R., Narain A. Formulation and Evaluation of Preserved Products Utilizing under Exploited Fruit, Wood Apple (*Limonia acidissima*). Am-Eurasian. J. Agric. Environ. Sci. 2011. vol. 10. no. 1. pp. 112–118.
- 12 Pramanick P., Zaman S., Mitra A. Mangrove fruit-based jelly as roadmap to alternative livelihood for island dwellers of Indian Sundarbans. Natural Resources And Their Ecosystem Services. 2021. vol. II. pp. 121–126.
- 13 Wolf B. Confectionery and Sugar-Based Foods. Reference Module in Food Science. 2016. pp. 1–4.
- 14 Inam A.K.M. et al. Studies on the Development of Mixed Fruit Marmalade. Journal of Environmental Science and Natural Resources. 2013. vol. 5. pp. 315–322.
- 15 Rajanya D., Singh G. Recent trends in osmotic dehydration of fruits: a review. Plant Archives. 2021. vol. 21. no. 1. pp. 98–103.
- 16 Bchir B. et al. Osmotic dehydration of pomegranate seeds (*Punica Granatum* L.): effect of freezing pre-treatment. Journal of Food Process Engineering. 2012. vol. 35. pp. 335–354.
- 17 Barragán-Iglesias J. et al. Texture analysis of dried papaya (*Carica papaya* L. cv. Maradol) pretreated with calcium and osmotic dehydration. Dry. Technol. 2019. vol. 37. pp. 906–919.
- 18 Jain S.K. et al. Optimization of process parameters for osmotic dehydration of papaya cubes. J. Food Sci. Technol. 2011. vol. 48. pp. 211–217.
- 19 Luchese C.L., Gurak P.D., Marczak L.D.F. Osmotic dehydration of physalis (*Physalis peruviana* L.): Evaluation of water loss and sucrose incorporation and the quantification of carotenoids. LWT Food Sci. Technol. 2015. vol. 63. pp. 1128–1136.
- 20 Artamonova M.P., Inna A.O. Study of properties of jelly-fruit marmalade with herbal additives. BIO Web of Conferences. 2021. vol. 30.

Сведения об авторах

Наталья А. Грибова к.т.н., доцент, кафедра ресторанного бизнеса, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36, г. Москва, 117997, Россия, natali-g@bk.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8440-5325>

Людмила Г. Елисеєва д.т.н., профессор, кафедра товароведения и товарной экспертизы, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36, г. Москва, 117997, Россия, eliseeva-reu@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2715-9989>

Вклад авторов

Наталья А. Грибова написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат
Людмила Г. Елисеєва консультация в ходе исследования

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Natalya A. Gribova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, restaurant business department, Plekhanov Russian Economic University, Stremyanniy lane, 36, Moscow, 117997, Russia, natali-g@bk.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8440-5325>

Lyudmila G. Eliseeva Dr. Sci. (Engin.), professor, commodity and commodity expertise department, Plekhanov Russian Economic University, Stremyanniy lane, 36, Moscow, 117997, Russia, eliseeva-reu@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2715-9989>

Contribution

Natalya A. Gribova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism
Lyudmila G. Eliseeva consultation during the study

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 16/07/2021	После редакции 09/08/2021	Принята в печать 25/08/2021
Received 16/07/2021	Accepted in revised 09/08/2021	Accepted 25/08/2021

Разработка продуцента комплексного ферментного препарата для переработки крахмалсодержащих отходов с фильтр-прессов при производстве хлебопекарных дрожжей

Сергей С. Перкин	1	s.s.perkin@ya.ru	 0000-0002-3505-2383
Галина П. Шуваева	1	gpshuv@mail.ru	 0000-0002-4294-8209
Екатерина М. Мотина	1	emotina18@mail.ru	 0000-0002-3433-2754
Дмитрий А. Черенков	1	d.cherenkov@mail.ru	 0000-0002-8564-8919
Светлана Ф. Яковлева	1	svetlana.yakovleva.68@mail.ru	 0000-0003-3686-9966
Ольга С. Корнеева	1	korneeva-olgas@ya.ru	 0000-0002-2863-0771

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

Аннотация. Недостаточное использование передовых технологий с более эффективной переработкой сырья приводит к большому количеству производственных отходов при производстве хлебопекарных прессованных дрожжей. К отходам производства дрожжевой промышленности относятся: осадок после осветления мелассы (шлам), обездрожженная бражка, промывные воды и дрожжи в виде отхода на фильтр-прессах. Выход дрожжей в виде отхода на фильтр-прессах, которые могут использоваться на кормовые цели, составляет порядка 1,5 % к массе получаемых дрожжей, а основной компонент отходов – крахмал. Для его переработки авторами проведен скрининг микроорганизмов – продуцентов и выбран генетически компетентный штамм, способный к синтезу целевых ферментов (глюкоамилазы, α -амилазы, пуллулазы) - *Rhizopus tritici* t1 (*Rh. oryzae* t1) с активностью, энзимов, соответственно, 100,0; 8,4 и 20,0 ФЕ/мл. Разработаны условия жидкофазного культивирования продуцента, обеспечивающие максимальный биосинтез целевых ферментов и получение комплексного ферментного препарата для переработки крахмалсодержащих отходов с фильтр-прессов при производстве хлебопекарных дрожжей. Отмечено, что лучшим источником углерода для продуцента *Rhizopus tritici* t1 являются крахмал, декстрин и мальтоза. Рациональный состав среды, обеспечивающий максимальные величины синтезируемых ферментов, включает, %: крахмал – 6,0, азотнокислый калий – 0,8, кукурузный экстракт – 0,85. Активности ферментов – глюкоамилазы, альфа-амилазы и пуллулазы – увеличились к 96-120 часам культивирования, соответственно, на (%): 18,0; 19,0 и 50,0.

Ключевые слова: ферментный препарат, дрожжи, глюкоамилаза, α -амилаза, пуллулаза

Development of complex enzyme preparation producer for processing starch-containing waste from pressure-type filters in the production of baker's yeast

Sergey S. Perkin	1	s.s.perkin@ya.ru	 0000-0002-3505-2383
Galina P. Shuvaeva	1	gpshuv@mail.ru	 0000-0002-4294-8209
Ekaterina M. Motina	1	emotina18@mail.ru	 0000-0002-3433-2754
Dmitry A. Cherenkov	1	d.cherenkov@mail.ru	 0000-0002-8564-8919
Svetlana F. Yakovleva	1	svetlana.yakovleva.68@mail.ru	 0000-0003-3686-9966
Olga S. Korneeva	1	korneeva-olgas@ya.ru	 0000-0002-2863-0771

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

Abstract. Lack of use of innovation technology with more efficient raw material processing leads to a large amount of industrial waste while producing bakery compressed yeast. Waste from the production of the yeast industry includes: setting after clarification of molasses (residuum), de-yeast wort, scourage and yeast in the form of waste on pressure-type filters. Yeast crop as waste on pressure-type filters that can be used for feed purposes is about 1,5% by weight of the produced yeast, and the main component of the waste is starch. For its processing the authors screened microorganisms-producers and selected a genetically competent stock culture capable of synthesizing target enzymes (glucoamylase, α -amylase, pullulanase) - *Rhizopus tritici* t1 (*Rh. Oryzae* t1) with activity of enzymes 100,0; 8,4 and 20,0 fU/ml, respectively. There have been conditions developed for the liquid-phase cultivation of the producer, that provide the maximum biosynthesis of target enzymes and the production of a complex enzyme preparation for processing starch-containing waste from pressure-type filters in the production of baker's yeast. It was noted that starch, dextrin and maltose are the best carbon sources for the producer of *Rhizopus tritici* t1. The rational composition of the medium, providing the maximum values of the synthesized enzymes, includes, %: starch – 6,0, potassium nitrate – 0,8, corn-steep extract – 0,85. Activity of enzymes – glucoamylase, alpha-amylase and pullulanase - increased in 96-120 hours of cultivation by 18,0%; 19,0% and 50,0%, respectively.

Keywords: enzyme preparation, yeast, glucoamylase, alpha-amylase, pullulanase

Для цитирования

Перкин С.С., Шуваева Г.П., Мотина Е.М., Черенков Д.А., Яковлева С.Ф., Корнеева О.С. Разработка продуцента комплексного ферментного препарата для переработки крахмалсодержащих отходов с фильтр-прессов при производстве хлебопекарных дрожжей // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 106–114. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-106-114

For citation

Perkin S.S., Shuvaeva G.P., Motina E.M., Cherenkov D.A., Yakovleva S.F., Korneeva O.S. Development of complex enzyme preparation producer for processing starch-containing waste from pressure-type filters in the production of baker's yeast. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 106–114. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-106-114

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

Введение

Современное отечественное производство хлебопекарных дрожжей обеспечивает потребности российского рынка на 90%.

Несмотря на технологические модернизации, которые провели большинство российских заводов, техническое состояние отрасли остается на относительно невысоком уровне [1]. Ввиду недостаточного финансирования, практически не используются передовые технологии, связанные с энергосбережением, с более эффективным использованием сырья, и, прежде всего, с рациональным использованием производственных отходов. Рост цен на основное сырьё, тепловые и энергетические, транспортные ресурсы, делает невозможным сокращение себестоимости продукта для дрожжевых заводов, отнимая, тем самым, у предприятия возможность увеличить прибыль, обеспечить техническую модернизацию и социальное развитие.

К отходам производства дрожжевой промышленности относятся: осадок после осветления мелассы (шлам), обездрожженная бражка, промывные воды и дрожжи в виде отхода на фильтр-прессах.

Выход дрожжей в виде отхода на фильтр-прессах, которые могут использоваться на кормовые цели, составляет порядка 1,5% к массе получаемых дрожжей. Химический состав крахмалсодержащего отхода на фильтр-прессах достаточно разнообразен (таблица 1).

Таблица 1.
Химический состав крахмалсодержащего отхода

Table 1.
Chemical composition of starch-containing waste

Вещество Material	Содержание, % Content, %
Жиры Fat	0,34
Белки Protein	6,90
Углеводы (крахмал) Carbohydrates (starch)	83,10
Вода Water	6,52
Зола Ash	3,14

Как видно из данных, приведенных в таблице 1, основной компонент отходов – крахмал. Крахмал – главный резервный полисахарид растений. Как известно, его полисахаридная фракция состоит из 2-х компонентов: амилозы и амилопектина. Амилоза легко растворяется в теплой воде, образуя истинные растворы, которые неустойчивы и способны к самопроизвольному выпадению в осадок в виде кристаллов. Молекулярная масса колеблется в пределах 50–150 тыс. Каждая молекула содержит от 300 до 500 остатков молекулы глюкозы (рисунок 1).

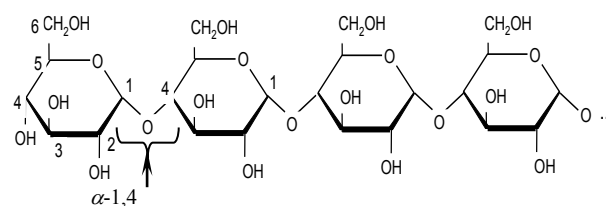


Рисунок 1. Структурная формула молекулы амилозы
Figure 1. Structural formula of amylose molecule

Амилопектин (рисунок 2) в отличие от амилозы трудно растворим в горячей воде. В раствор он переходит при температуре 120 °С, образуя стойкие, но вязкие растворы. Молекулярная масса колеблется в пределах от 100 000 до 1 000 000.

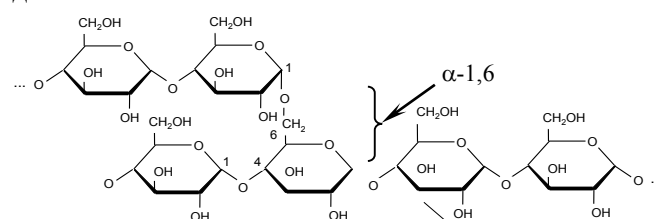


Рисунок 2. Структурная формула молекулы амилопектина
Figure 2. Structural formula of amylopectin molecule

В пищевой промышленности и природе крахмал подвергают интенсивным ферментативным превращениям. Основной реакцией при этом превращении является гидролиз крахмала амилазами. Продуцентами этих ферментов могут быть растения, животные и бактерии. Амилазы в растениях содержатся в семенах хлебных культур, у животных – в слюне и поджелудочной железе. Их синтезируют многие бактерии рода *Bacillus*, микромицеты родов *Aspergillus*, *Rhizopus*. Активные амилазы содержатся в солоде. По способу действия амилазы делятся на α -амилазу, β -амилазу, глюкоамилазу, пуллулазу.

α -Амилаза – декстринирующий фермент, превращающий молекулу крахмала в ее осколки. Она интенсивно разжижает крахмальный клейстер, действуя на глубинные α -1,4 – гликозидные связи без определенного порядка. При этом образуются декстрины и небольшое количество мальтозы.

β -Амилаза – осахаривающий фермент, гидролизует в крахмале каждую вторую α -1,4 – гликозидную связь, начиная с нередуцирующего конца полисахаридной цепи. Продуктами реакции являются мальтоза и небольшое количество высокомолекулярных декстринов, называемых β -амило-декстринами.

Глюкоамилаза в отличие от α - и β -амилаз расщепляет в молекуле крахмала α -1,4- и α -1,6 – гликозидные связи, осуществляя полный гидролиз крахмала до глюкозы. α -Амилаза и β -амилаза гидролизуют крахмал на 95%, 5% – остаточные конечные декстрины, которые содержат все α -1,6 – гликозидные связи.

Большинство разновидностей крахмала, важных в промышленном отношении, содержит 80% амилопектина, который лишь частично расщепляется в ходе ферментативного гидролиза. Под действием α -амилаз из него образуются производные декстринов, которые далее уже гидролизироваться не могут. Так как по точкам ветвления гидролиз под действием глюкоамилазы идет медленно, используют α -1,6 – гликозидазы, из них в промышленном масштабе – пуллулазу.

Пуллулаза (пуллулан-6-глюкано-гидролаза, К.Ф. 3.2.1.41) гидролизует α -1,6 – гликозидные связи в пуллулане, гликогене, амилопектине и предельных декстринах, образующихся при действии на амилопектин α - и β -амилаз. Гидролиз происходит по эндо-типу, основной продукт расщепления пуллулана – мальтотриоза. При добавлении её в комплексе с α - и β -амилазами крахмал полностью гидролизует.

Все ферменты имеют различные физико-химические свойства. α -Амилаза неустойчива к активной кислотности среды, но термоустойчива; β -амилаза кислотоустойчива, но термолабильна; глюкоамилаза обладает высокой термической и кислотной устойчивостью. Пуллулаза отличается высокой термостабильностью: после нагревания при 100° С в течение 10 мин остается около 80% активности.

Существенное влияние на гидролиз крахмала оказывает концентрация H – ионов.

В связи с вышеизложенным, цель настоящего исследования состояла в разработке генетически компетентного штамма, способного к синтезу целевых ферментов для гидролиза крахмалсодержащих отходов с фильтр-прессов при дрожжевом производстве.

Материалы и методы

Основным объектом исследований служила чистая культура *Rhizopus tritici* t1 (*Rh. oryzae* t1), депонированная в коллекцию чистых культур кафедры биохимии и биотехнологии ВГУИТ (Воронеж).

Лиофилизированная культура *Rhizopus tritici* t1 хранилась в запаянных ампулах при температуре 4 – 5 °С.

Оживление лиофилизированной культуры продуцента проводилось согласно МУ 2.1.4.1057–01 [2]: оттянутый конец ампулы с лиофилизированной культурой нагревают над пламенем горелки. Влажным концом стерильного ватного тампона прикоснуться к нагретой части, в результате чего появляются трещины. Конец ампулы накрывается трехслойной марлевой салфеткой, смоченной этиловым спиртом с массовой долей 70%, хорошо отжатой и обламывается пинцетом.

После вскрытия ампула остается накрытой той же салфеткой в течение 1 – 2 мин. Затем салфетка осторожно снимается и вместе с остатками стекла погружается в дезраствор. В ампулу вносится $\approx$ 0,5 мл питательного бульона для регидратации. Содержимое ампулы перемешивается, переносится стерильной пастеровской пипеткой или шприцем в центр застывшей среды, равномерно распределяя в чашке (предварительно сусло-агар с массовой долей 2% расплавляли на водяной бане, охлаждали до 48 – 50 °С и разливали в чашки Петри, чтобы дно чашки было покрыто полностью).

После засева чашки переворачивали вверх дном и инкубировали в течение 4 – 6 суток в термостате при температуре (35 $\pm$ 1) °С. Выросшие колонии просматривали сначала невооруженным глазом, затем под микроскопом. Колонию извлекали стерильной петлей и переносили в заранее подготовленную чашку Петри с сусло-агаром (СА), распределяя культуру зигзагообразными штрихами по всей поверхности чашки. По истечении 4–6 суток дрожжи переносили на скосы с сусло-агаром.

В исследованиях использовали чистую культуру микромицета, выделенную методом Коха [3].

Глубинное культивирование продуцентов проводили в качалочных колбах емкостью 750 см³, содержащих по 200 см³ питательной среды, в течение 120 ч при температуре 34 – 36 °С.

Для выращивания использовали модифицированную питательную среду (г/л): глюкоза – 2; дрожжевой экстракт – 1; СаСО₃ – 0,4; MgSO₄ – 0,1; КН₂ РО₄ – 0,2; мочевины – 0,1; соевая мука – 0,5; крахмал – 6,0; вода – остальное.

Среды стерилизовали в течение 40 минут при 0,8 МПа, охлаждали до 30 °С и засевали водной суспензией продуцента.

Влияние компонентов углеводного и азотного питания на биосинтез ферментов исследовали на питательной среде при замене источников углерода и азота испытуемым веществом в таком количестве, чтобы их содержание во всех опытах было одинаковым (0,1% по азоту).

Различные значения величины pH среды устанавливали добавлением 1 моль HCl или NaOH.

Состав питательной среды и условия культивирования варьировали в зависимости от задач и условий эксперимента. Состав рациональной питательной среды был уточнен с помощью методов математического планирования эксперимента.

Активности глюкоамилазы, α -амилазы, пуллулазы определяли общепринятыми методами [4].

Микроскопирование культур проводили с помощью светового микроскопа МБИ-3.

Величину pH определяли на потенциометре pH – 150 МА.

Эксперименты проводились в трех повторностях; погрешность измерений опытов не превышала установленную стандартом или используемой методикой. При необходимости, в экспериментах присутствовали контрольные опыты. Достоверность результатов исследований определяли с использованием метода вариационной статистики. Обсуждались достоверные результаты с различиями по уровню значимости $q \leq 0,05$. Графическая обработка данных производилась в программе Microsoft Excel 2007.

Результаты и обсуждение

Для переработки крахмалсодержащего сырья был подобран штамм-продуцент, обладающий способностью к синтезу гликозидаз, наиболее полно гидролизующих крахмал: глюкоамилазы, α -амилазы и пуллулазы.

Исходя из анализа научных и научно-технических источников литературы, с этой целью перспективно использовать мицелиальные грибы. Микромицеты имеют большой потенциал в области микробного синтеза, проявляя способность трансформировать различные природные полимеры под действием синтезируемых ими ферментов. В отличие от других микроорганизмов они содержат значительно меньше

нуклеиновых кислот, пуринов, обладают широким набором ферментов, гидролизующих полисахариды до мономеров. Биологическая переработка органических отходов с использованием ферментов, синтезируемых мицелиальными грибами, является перспективным подходом к преобразованию питательных веществ в биопродукты.

В эксперименте исследовали чистые культуры, хранящиеся в музее чистых культур кафедры биохимии и биотехнологии ВГУИТ, и полученные из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов ФГУП ГосНИИ Генетики.

Проведен скрининг 23 штаммов микромицетов различных таксономических групп. Лиофилизированные культуры оживляли и выделяли моноколонии (ЧК). Выделение ЧК грибов проводили чашечным методом на твердых агаризованных средах с использованием метода серийных разведений [3]. Посев на чашки Петри производили из суспензий с разведением $10 - 10^3$. Чашки с посевами инкубировали в термостате при температуре 34–36 °С, так как этот температурный режим способствует выделению представителей группы термотолерантных микромицетов, применение которых в биотехнологиях имеет несомненное преимущество.

Микроорганизмы выращивали глубинным способом, используя среду Чапека, г: $\text{NaNO}_3 - 3$, $\text{KH}_2\text{PO}_4 - 1$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - 0,5$, $\text{KCl} - 0,5$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - 0,01$, сахароза – 30, дистиллированная вода – 1000 мл. Большинство ферментов являются экстрацеллюлярными продуктами и выделяются в окружающую клетки жидкую среду, при этом обычно в мицелии трехсуточной культуры остается не более 10 – 15% ферментов. Исходя из этого, активности синтезируемых ферментов определяли в фильтрате культуральной жидкости после отделения биомассы. Результаты скрининга представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Биосинтез ферментов – гликозидаз микромицетами

Table 2.

Biosynthesis of enzymes – glycosidases by micromycetes

Название продуцента Name of the producer	Активность, ед/см ³ Activity, u/cm ³		
	глюкоамилазы glucoamylases	α -амилазы α -amylases	глюкоамилазы glucoamylases
1	2	3	4
<i>Aspergillus niger</i> F-2092	55,0	4,5	18,0
<i>Aspergillus niger</i> F-1119	18,4	1,5	19,0
<i>Aspergillus niger</i> F-2259	27,2	1,8	16,0
<i>Aspergillus awamori</i> F-808	118,2	5,2	10,0
<i>Aspergillus awamori</i> F-2250	120,2	9,4	12,0
<i>Aspergillus awamori</i> ВУД Т-2	110,0	4,5	16,0

1	2	3	4
<i>Rhizopus oryzae</i> F-495	35,2	4,8	9,0
<i>Rhizopus oryzae</i> F-497	30,0	4,1	6,0
<i>Rhizopus oryzae</i> F-596	5,4	0,5	10,0
<i>Rhizopus oryzae</i> F-593	15,0	1,8	7,0
<i>Rhizopus oryzae</i> F-605	10,3	1,2	6,0
<i>Rhizopus microsporus</i> var. <i>chinensis</i> F-1361	30,2	4,5	3,0
<i>Rhizopus microsporus</i> var. <i>chinensis</i> F-1062	50,4	6,9	8,0
<i>Rhizopus microsporus</i> var. <i>chinensis</i> F-1218	45,0	5,4	4,0
<i>Rhizopus microsporus</i> var. <i>chinensis</i> F-595	25,2	1,4	3,0
<i>Rhizopus microsporus</i> var. <i>chinensis</i> F-610	107,0	4,6	5,0
<i>Rhizopus oryzae</i> F-1217	62,2	9,4	17,0
<i>Rhizopus tritici</i> t1 (<i>Rh. oryzae</i> t1)	100,0	8,4	20,0
<i>Trichoderma harzianum</i> BKM F-4099D	95,2	5,7	5,0
<i>Trichoderma harzianum</i> 18 ВИЗР	39,0	4,0	3,0
<i>Trichoderma reesei</i>	25,7	2,1	8,6
<i>Rhizopus stolonifer</i>	59,8	5,9	6,0
<i>Rhizopus nigricans</i>	62,9	3,7	5,0
<i>Rhizopus pygmaeus</i> p1	110,0	6,3	4,6

Биосинтез гликозидаз может быть репрессирован или индуцирован различными аминокислотами. Влияние аминокислот на биосинтез ферментов *Rh. oryzae* t1 исследовалось на среде Чапека, куда вносилась аминокислота в количестве 0,2% по азоту. На фоне этой среды активность пуллуланы была максимальной при внесении в среду Глю, Асп, γ -Ами, Лиз, Орн, Вал, Ала. При внесении в среду Тир, Нор активность фермента была в 6–9 раз ниже, чем в контроле.

Внесение Глю в среду в момент засева и в первые часы культивирования стимулирует синтез фермента, внесение ее после 24–36 часов культивирования (в период активного синтеза пуллуланы) не дает эффекта. При отсутствии Глю в первые часы роста микроорганизма сдвигает максимум накопления фермента к 60 часам. Количество биомассы не зависит от времени внесения Глю. На фоне среды с компонентным составом, %: крахмал – 6,0, ББК – 1,0, KCl – 0,6, MgSO₄ – 0,05, (NH₄)₂ HPO₄ – 0,7 в качестве источников аминного азота использовались различные аминокислоты (0,2% по азоту). Активный синтез наблюдался в среде с Про, Глю. Количество биомассы снижалось вдвое. Это указывает на отсутствие корреляции между ростом и биосинтетической активностью.

На среде с Тре и Асп, продуцент синтезирует пуллуланы с низкой активностью, при этом активно развивается и накапливается максимум биомассы. На максимальную активность пуллуланы оказывает влияние вносимая в среду доза аминокислоты, так, для Глю – 0,005–0,010%, Орн – 0,005%.

Анализируя изменения аминокислотного пула штамма в сравнении с этим показателем при росте на варианте среды без внесения аминокислот, можно отметить общую закономерность: повышение содержания в клетках Глю, Ами, Ала, Лиз, Сер, Тре, Цис. Кроме того, в их мицелии обнаруживаются гидрофобные аминокислоты: Вал, Изо, Лей, Три, Фен.

Влияние вносимых в питательную среду углеводов на биосинтез пуллуланы распределяется в следующий убывающий ряд: крахмал – декстрин – мальтоза – сахароза – маннит – рафиноза – лактоза – рамноза – фруктоза – сорбит – арабиноза – инозит – глюкоза – галактоза – дульцит. Следует отметить, что глюкоза репрессировала синтез пуллуланы на 70%. Катаболическая репрессия пуллуланы наблюдается на средах с арабинозой, инозитом, галактозой и дульцитом.

Одна из задач, которую следовало решить в рамках достижения поставленной цели, была разработка условий культивирования продуцента, наиболее приближенным к оптимальным.

Оптимизацию условий культивирования проводили в три этапа.

1. Были выбраны управляемые факторы, существенно влияющие на синтез пуллуланы. Применительно к грибам в качестве таких факторов чаще всего используются: продолжительность выращивания, влажность и состав питательной среды, температура выращивания. В литературе отсутствуют количественные оценки влияния указанных факторов на биосинтез фермента при глубинном культивировании продуцента *Rhizopus tritici* t1 (*Rh. oryzae* t1), поэтому было проведено последовательное

определение частных оптимумов по каждому значимому фактору, поочередно варьируя отдельный фактор на фоне постоянства остальных.

В эксперименте установлено, что максимальный биосинтез ферментов, в том числе пуллулазазы, наблюдался при выращивании в продуцента течение 96–120 часов при температуре $(35 \pm 1)^\circ\text{C}$.

В качестве основных факторов, влияющих на рост микромицета, были выбраны: концентрация крахмала, % (x_1), концентрация азотнокислого калия, % (x_2), концентрация кукурузного экстракта, % (x_3). Критериями оценки влияния различных факторов на процесс биосинтеза амилаз служили активности глюкоамилазы и пуллулазазы. Для исследования применяли полный факторный эксперимент с использованием центрального композиционного рототабельного униформпланирования.

В результате обработки данных получены уравнения регрессии, адекватно описывающие процесс биосинтеза амилаз:

$$y_1 = 120,6 + 3,65x_1 + 2,75x_2 - 1,72x_3 - 2,8x_1^2 - 1,9x_2^2 - 1,9x_3^2$$

$$y_2 = 6,6 - 0,59x_1 + 1,95x_2 - 0,18x_3 - 0,41x_1x_2 - 0,89x_1^2 - 0,19x_2^2 - 0,29x_3^2$$

Определение оптимальных составов питательной среды проводили методом “Ридж-анализ”. При наложении оптимальных составов питательных сред при биосинтезе амилаз, рациональной средой является, %:

- крахмал – 6,0,
- азотнокислый калий – 0,8,
- кукурузный экстракт – 0,85.

При таких значениях параметров активность амилаз достигала максимальных величин.

Динамика роста микроорганизма и биосинтеза им ферментов представлена на рисунках 3–6.

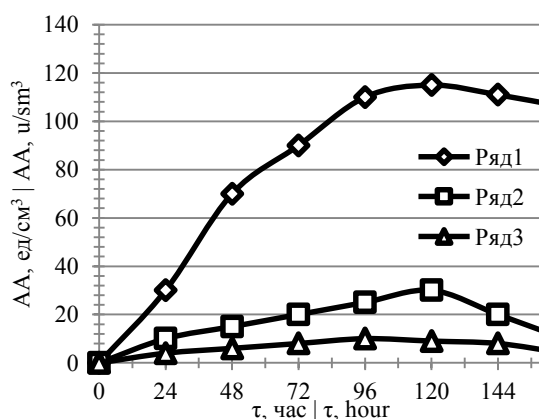


Рисунок 3. Влияние времени культивирования на биосинтез ферментов (1 – глюкоамилаза, 2 – α-амилаза, 3 – пуллулазаза)

Figure 3. Cultivation time effect on biosynthesis of enzymes (1 – glucoamylase, 2 – α-amylase, 3 – pullulanase)

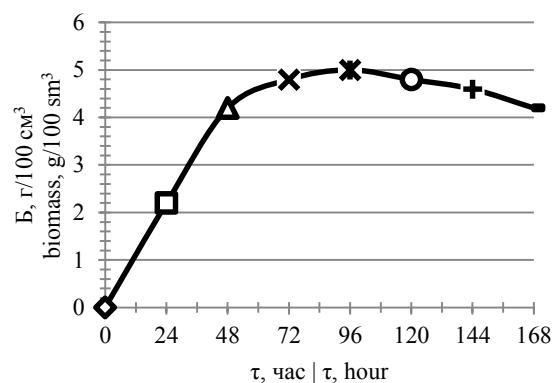


Рисунок 4. Динамика накопления биомассы в зависимости от времени культивирования

Figure 4. Dynamics of biomass amplification in dependence to cultivation time

Из рисунка 4 видно, что при культивировании продуцента на оптимизированной питательной среде активность глюкоамилазы; альфа-амилазы и пуллулазазы увеличилась, соответственно, на (%): 18,0; 19,0 и 50,0.

Из рисунка 5 следует, что развитие микроорганизма характеризуется непродолжительной лаг-фазой (до 24 часов), затем наступает экспоненциальная фаза роста, в которой интенсивно потребляются питательные вещества среды и увеличивается биомасса продуцента. К 96 часам рост прекращается, максимально снижается содержание редуцирующих веществ в среде.

Активный синтез ферментов заканчивается к 96 – 120 часам культивирования.

Характер кривой роста соответствовал изменению активной кислотности (рН) культуральной жидкости (рисунок 5) и изменению количества редуцирующих веществ питательной среды в зависимости от времени культивирования (рисунок 6).

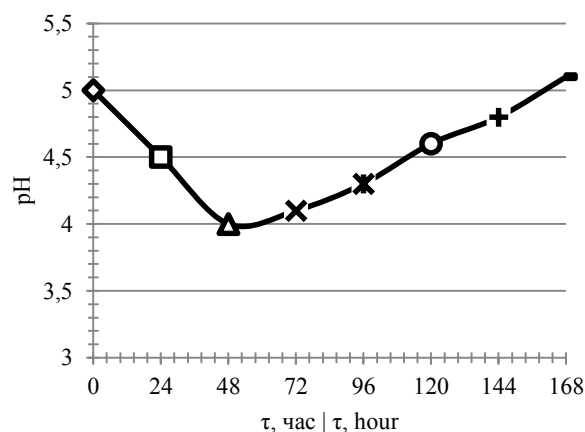


Рисунок 5. Изменение pH культурной жидкости в зависимости от времени культивирования

Figure 5. pH culture liquid change in dependence to cultivation time

Максимальный рост и накопление биомассы продуцентом наблюдается к 48 – 96 часам культивирования. Биосинтез целевых ферментов – к 96–120 часам.

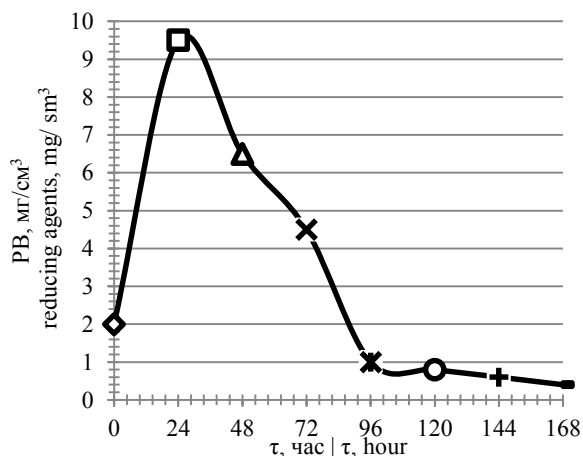


Рисунок 6. Изменение количества редуцирующих веществ питательной среды в зависимости от времени культивирования

Figure 6. Amount change of reducing agents in the medium in dependence to cultivation time

Закключение

1. На основании анализа научной и научно-технической литературы по разрабатываемой проблеме и результатам собственных исследований проведен скрининг микроорганизмов – продуцентов и выбран генетически компетентный штамм, способный к синтезу целевых ферментов – *Rhizopus tritici* t1 (*Rh. oryzae* t1) с нативной активностью синтезируемых ферментов,

(ФЕ/мл): глюкоамилазы, α-амилазы и пуллулазы, соответственно, 100,0; 8,4 и 20,0.

2. Разработаны условия жидкофазного культивирования продуцента, обеспечивающие максимальный биосинтез целевых ферментов и получение комплексного ферментного препарата для переработки крахмалсодержащих отходов с фильтр-прессов при производстве хлебопекарных дрожжей:

– анализируя изменения аминокислотного пула при росте штамма, установлено влияние вносимых в питательную среду углеводов на биосинтез пуллулазы. Отмечено, что к лучшим источникам углерода можно отнести крахмал, декстрин и мальтозу. Глюкоза репрессировала синтез пуллулазы на 70%. Катаболическая репрессия пуллулазы наблюдалась на средах с арабинозой, инозитом, галактозой и дульцитом;

– рациональным составом среды, обеспечивающим максимальные величины синтезируемых ферментов, является, %, крахмал – 6,0, азотно-кислый калий – 0,8, кукурузный экстракт – 0,85. Активности ферментов – глюкоамилазы; альфа-амилазы и пуллулазы – увеличились, соответственно, на (%): 18,0; 19,0 и 50,0;

– изучение динамики роста микромицета на разработанной среде, включая анализ изменения pH и содержания редуцирующих веществ в культуральной жидкости, показало, что максимальный рост и накопление биомассы продуцентом наблюдается к 48 – 96 часам культивирования, биосинтез целевых ферментов – к 96–120 часам.

Литература

- 1 Гаврилова А.Ю. Исследование параметров культивирования сухих хлебопекарных дрожжей из отходов сахарного производства свекловичной мелассы // Актуальные вопросы современной науки. 2017. С. 138-143.
- 2 Римарева Л.В., Серб Е.М., Соколова Е.Н., Борщева Ю.А. и др. Ферментные препараты и биокаталитические процессы в пищевой промышленности // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 5.
- 3 Банницына Т.Е., Канарский А.В., Щербаков А.В., Чеботарь В.К. и др. Дрожжи в современной биотехнологии // Вестник Международной академии холода. 2016. № 1.
- 4 Хатко З.Н., Стойкина А.А. Хлебопекарные дрожжи: характеристика и способы их активации // Новые технологии. 2016. № 2.
- 5 Панкина И.А., Черникова Д.А. Хлебопекарные дрожжи: характеристика и изучение их физико-химических показателей // Проблемы конкурентоспособности потребительских товаров и продуктов питания. 2019. С. 241-244.
- 6 Джахонгирова Г.З., Саидходжаева М.А., Махмудова Д.Х., Касимова М.А. Ресурсосберегающий способ производства хлебопекарных дрожжей на основе рисовой муки // Universum: технические науки. 2018. № 3 (48).
- 7 Ребезов М.Б., Карпова Г.В., Зайнутдинов Р.Р. Анализ технологических моделей производства дрожжей // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2014. Т. 2. № 2.
- 8 Крикунова Л.Н., Дубинина Е.В. Исследование белкового комплекса возвратных отходов хлебопекарного производства // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2018. № 6. С. 63-66.
- 9 Луговая Н.П., Требухин И.В. Утилизация отходов дрожжевого производства // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. 2014. С. 193-196.
- 10 Волкова А.В., Александрова Е.Г. Биоконверсия биотинсодержащего растительного сырья в технологии производства дрожжей // Современные технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации. 2020. С. 38-41.
- 11 Benabda O., Kasmi M., Kachouri F., Hamdi M. Valorization of the powdered bread waste hydrolysate as growth medium for baker yeast // Food and Bioproducts Processing. 2018. V. 109. P. 1-8. doi: 10.1016/j.fbp.2018.02.007

- 12 Kefale A., Redi M., Asfaw A. Potential of bioethanol production and optimization test from agricultural waste: the case of wet coffee processing waste (pulp) // Int J Renew Energy Res. 2012. V. 2. №. 3. P. 446-450.
- 13 Haque M.A., Kachrimanidou V., Koutinas A., Lin C.S.K. Valorization of bakery waste for biocolorant and enzyme production by *Monascus purpureus* // Journal of biotechnology. 2016. V. 231. P. 55-64. doi: 10.1016/j.jbiotec.2016.05.003
- 14 Pleissner D., Lau K.Y., Schneider R., Venus J. et al. Fatty acid feedstock preparation and lactic acid production as integrated processes in mixed restaurant food and bakery wastes treatment // Food Research International. 2015. V. 73. P. 52-61. doi: 10.1016/j.foodres.2014.11.048
- 15 Oprea O.B., Gaceu L. Application of multiple criteria decision making (mcdm) in bakery industry. Study case: wastes and by-products // Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering. Series II. 2016. V. 9. №. 1. P. 89.
- 16 Akmirza I., Turker M., Alp K. Characterization and treatment of yeast production process emissions in a biofilter // Feb-fresenius environmental bulletin. 2018. P. 7099.
- 17 Türker M. Yeast biotechnology: Diversity and applications // Proceedings of 27th VH Yeast Conference. 2014. P. 1-26.
- 18 El-Zaher F.H.A., El-Din M.S., Fadel M. Perspectives for appropriating distilled yeast to be reused in bakery // International Journal of Academic Research. 2012. V. 4. №. 4. P. 11-16.
- 19 Roşan C.A., Bei M.F. Evaluation of the fermentative potential of some bakery yeasts // Analele Universităţii din Oradea, Fascicula: Ecotoxicologie, Zootehnie şi Tehnologii de Industrie Alimentară. 2018. V. 17. №. A. P. 65-68.
- 20 Pleissner D., Lam W.C., Han W., Lau K.Y. et al. Fermentative polyhydroxybutyrate production from a novel feedstock derived from bakery waste // BioMed research international. 2014. doi: 10.1155/2014/819474

References

- 1 Gavrilova A.Yu. Investigation of the parameters of cultivation of dry baker's yeast from wastes of sugar production of beet molasses. Actual problems of modern science. 2017. pp. 138-143. (in Russian).
- 2 Rimareva L.V., Serba E.M., Sokolova E.N., Borshcheva Yu.A. et al. Enzyme preparations and biocatalytic processes in the food industry. Questions of nutrition. 2017. vol. 86. no. 5. (in Russian).
- 3 Bannitsyna T.E., Kanarskiy A.V., Shcherbakov A.V., Chebotar V.K. et al. Yeast in modern biotechnology. Bulletin of the International Academy of Cold. 2016. no. 1. (in Russian).
- 4 Hatko Z.N., Stoykina A.A. Bakery yeast: characteristics and methods of their activation. New technologies. 2016. no. 2. (in Russian).
- 5 Pankina I.A., Chernikova D.A. Bakery yeast: characteristics and study of their physical and chemical indicators. Problems of the competitiveness of consumer goods and food products. 2019. pp. 241-244. (in Russian).
- 6 Jakhongirova G.Z., Saidkhodzhaeva M.A., Makhmudova D.Kh., Kasimova M.A. Resource-saving method for the production of baker's yeast based on rice flour. Universum: technical sciences. 2018. no. 3 (48). (in Russian).
- 7 Rebezov M.B., Karpova G.V., Zainutdinov R.R. Analysis of technological models of yeast production. Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. 2014. vol. 2. no. 2. (in Russian).
- 8 Krikunova L.N., Dubinina E.V. Research of the protein complex of returnable wastes of bakery production. Technology and commodity science of innovative food products. 2018. no. 6. pp. 63-66. (in Russian).
- 9 Lugovaya N.P., Trebukhin I.V. Utilization of yeast production waste. Scientific and technical progress in agricultural production. 2014. pp. 193-196. (in Russian).
- 10 Volkova A.V., Alexandrova E.G. Bioconversion of biotin-containing plant raw materials in yeast production technology. Modern technologies: topical issues, achievements and innovations. 2020. pp. 38-41. (in Russian).
- 11 Benabda O., Kasmi M., Kachouri F., Hamdi M. Valorization of the powdered bread waste hydrolysate as growth medium for baker yeast. Food and Bioproducts Processing. 2018. vol. 109. pp. 1-8. doi: 10.1016/j.fbp.2018.02.007
- 12 Kefale A., Redi M., Asfaw A. Potential of bioethanol production and optimization test from agricultural waste: the case of wet coffee processing waste (pulp). Int J Renew Energy Res. 2012. vol. 2. no. 3. pp. 446-450.
- 13 Haque M.A., Kachrimanidou V., Koutinas A., Lin C.S.K. Valorization of bakery waste for biocolorant and enzyme production by *Monascus purpureus*. Journal of biotechnology. 2016. vol. 231. pp. 55-64. doi: 10.1016/j.jbiotec.2016.05.003
- 14 Pleissner D., Lau K.Y., Schneider R., Venus J. et al. Fatty acid feedstock preparation and lactic acid production as integrated processes in mixed restaurant food and bakery wastes treatment. Food Research International. 2015. vol. 73. pp. 52-61. doi: 10.1016/j.foodres.2014.11.048
- 15 Oprea O.B., Gaceu L. Application of multiple criteria decision making (mcdm) in bakery industry. Study case: wastes and by-products. Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering. Series II. 2016. vol. 9. no. 1. pp. 89.
- 16 Akmirza I., Turker M., Alp K. Characterization and treatment of yeast production process emissions in a biofilter. Feb-fresenius environmental bulletin. 2018. pp. 7099.
- 17 Türker M. Yeast biotechnology: Diversity and applications. Proceedings of 27th VH Yeast Conference. 2014. pp. 1-26.
- 18 El-Zaher F.H.A., El-Din M.S., Fadel M. Perspectives for appropriating distilled yeast to be reused in bakery. International Journal of Academic Research. 2012. vol. 4. no. 4. pp. 11-16.
- 19 Roşan C.A., Bei M.F. Evaluation of the fermentative potential of some bakery yeasts. Analele Universităţii din Oradea, Fascicula: Ecotoxicologie, Zootehnie şi Tehnologii de Industrie Alimentară. 2018. vol. 17. no. A. pp. 65-68.
- 20 Pleissner D., Lam W.C., Han W., Lau K.Y. et al. Fermentative polyhydroxybutyrate production from a novel feedstock derived from bakery waste. BioMed research international. 2014. doi: 10.1155/2014/819474

Сведения об авторах

Сергей С. Перкин аспирант, кафедра биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, s.s.perkin@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3505-2383>

Галина П. Шуваева к.б.н., доцент, кафедра биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, gpshuv@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4294-8209>

Екатерина М. Мотина к.т.н., доцент, кафедра биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, emotina18@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3433-2754>

Дмитрий А. Черенков д.б.н., профессор, кафедра биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, d.cherenkov@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8564-8919>

Светлана Ф. Яковлева к.т.н., доцент, кафедра биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, svetlana.yakovleva.68@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3686-9966>

Ольга С. Корнеева д.б.н., профессор, кафедра биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, korneeva-olgas@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2863-0771>

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

Sergey S. Perkin graduate student, biochemistry and biotechnology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, s.s.perkin@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3505-2383>

Galina P. Shuvaeva Cand. Sci. (Bio.), associate professor, biochemistry and biotechnology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, gpshuv@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4294-8209>

Ekaterina M. Motina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Biochemistry and Biotechnology Department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, emotina18@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3433-2754>

Dmitry A. Cherenkov Dr. Sci. (Bio.), professor, biochemistry and biotechnology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, d.cherenkov@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8564-8919>

Svetlana F. Yakovleva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, biochemistry and biotechnology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, svetlana.yakovleva.68@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3686-9966>

Olga S. Korneeva Dr. Sci. (Bio.), professor, biochemistry and biotechnology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, korneeva-olgas@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2863-0771>

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 20/07/2021	После редакции 09/08/2021	Принята в печать 30/08/2021
Received 20/07/2021	Accepted in revised 09/08/2021	Accepted 30/08/2021

Fish drying using different drying methods at different temperatures for fish *Tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus*)

Abdel Moneim Osman A. babkr	¹	moneimosman4@gmail.com
Mortada H.A. Elhesain	¹	morta27666@gmail.com
Omer E. M. Osman	¹	omermahi14@gmail.com
Waleed N. E. Salih	¹	waleed_salih2003@yahoo.com
Yasir A. Mohamed	¹	yasir13000@yahoo.com

¹ University of El Imam El Mahdi, Kosti, Sudan

Abstract. This study was conducted at the Institute of Agricultural Engineering and Food Processing, Georg-August University, Göttingen- Germany during the year 2016. The objectives of the study were to investigate the effect of drying method using three levels of drying temperatures on drying rate and drying time of fish *Tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus*). These methods are hot air (oven) drying; Microwave drying and infrared drying. The levels of temperatures were 40, 50 and 60 °C for each of the drying method. The results show that, there is direct relationship between drying temperature and drying rate and inverse relationship between temperature and drying time i.e. as the temperature of the drying increases the drying rate will increase and the drying time will decrease and vice versa. For oven drying method the lowest drying time was obtained at temperature of 60 °C (7 hours) and the highest drying time was encountered at temperature 40 °C (17 hours). Also the highest drying rate (37.232g water/100 g of DM/hour) was found at temperature of 60 °C and the lowest drying rate (14.936 g water/100 g of DM/hour) was obtained at temperature of 40 °C. When using Microwave drying method the lowest drying time was obtained at temperature of 60 °C (5 hours) and the highest drying time was obtained at temperature 40 °C (22 hours) and the highest drying rate (52.208 g water/100 g of DM/hour) was obtained at temperature of 60 °C and the lowest drying rate (11.032 g water/100 g of DM/hour) was obtained at temperature of 40 °C. In case of infrared drying method the low drying time was obtained at temperature of 60 °C (8 hours) and the highest drying time was found at temperature 40 °C (14 hours) and the highest drying rate (39.589 g water/100 g of DM/hour) was obtained at temperature of 60 °C and the lowest drying rate (18.009 g water/100 g of DM/hour) was obtained at temperature of 40 °C. Statistical analysis using Eviews program show that microwave gives better results.

Keywords: fish tilapia, drying methods, drying time, drying rate, microwave, infrared, hot air, oven drying

Introduction

Fish provides a good source of high quality protein and contains many vitamins and minerals; which are almost cheaper than any other type of meat and therefore available for large number of people (Fellows and Hamptum, 1992). Rural areas depend mainly on fish in their diet; the husbandry of fish is not expensive when compared to other types of animals raised for meat production. Every year, large quantities of meat have been lost because of inadequate preservation and storage of meat. This is due to the high moisture content present in meat and consequently the rate of growth and development of micro-organisms; insects and mites increase very rapidly. Fish is an extremely perishable food, and both quantity and quality will be reduced after catching the fish. For example most fish become inedible within 12 hours at tropical temperatures; spoilage begins as soon as the fish dies (Fellows and Hamptum, 1992). The traditional

methods of fish preservation and storage include, under direct sun drying salting and smoking. These processes are neither effective nor economical and they are not possible under adverse conditions. These processes can be done under unhealthy conditions. Drying is one of the oldest methods of food preservation, and is a difficult food processing operation mainly because of undesirable changes in the quality of the dried product and it is one of the most common processes used to improve food stability. It decreases the water activity of the product, reduces microbiological activity and minimizes physical and chemical changes during storage (Mayor and Sereno, 2004). Long shelf life, product diversity and substantial volume reduction are reasons for popularity of dried products, and this could be expanded further in improvement in product quality and process application. These improvements could increase the current degree of acceptance of dehydration foods in the market

Для цитирования

Abdel Moneim O.A., Mortada H.A, Omer E.M., Waleed N.E., Yasir A. Mohamed Fish drying using different drying methods at different temperatures for fish *Tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus*) // Вестник ВГУИТ. 2021. Т 83. № 3. С. 115–120. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-115-120

For citation

Abdel Moneim O.A., Mortada H.A, Omer E.M., Waleed N.E., Yasir A. Mohamed Fish drying using different drying methods at different temperatures for fish *Tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus*). *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83 no. 3. pp. 115–120. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-115-120

(Maskan, 2001); Akpinar, E.K. et al. (2003). Sun drying is the most common method used to preserve food products in the world. It is easy method and with low cost. Despite the popularity of this method, it has some problems related to the contamination with dust, soil, sand particles and insects, and being weather dependent. Also, the required drying time can be quite long. Therefore drying process should be under taken in close equipment's to improve the quality of the final products (Erekin and Yaldiz, 2004). The main aim of drying products is to allow longer period of storage, minimize packaging requirements and reduce shipping weights (Okos, et al. 1992). Several drying methods are commercially available and the selection of optimum method is determined by quality requirements, raw materials characteristics and economic factors. The application of microwave energy to dry materials may be a good approach to overcome the problems of conventional drying techniques, infrared drying is an effective method of dehydration. Infrared is used to heat or to dry moist materials, the radiation reached the exposed materials penetrates it and the energy of radiation converts into sensible heat. Since the materials are heated intensely, the temperature gradient in the material reduces within the short period. Therefore, energy consumption in infrared drying process is relatively lesser, (Ginzburg, A.S., 1969; Hebbar and Rostagi, 2001). The temperature had a significant effect on drying time and drying rate of food materials. The drying rate was highly dependent on drying temperatures resulting in faster drying. Therefore, the aim of this study is to:

Determine the effect of different temperatures on drying rate and drying time of fish (*Tilapia*) using hot air (oven), microwave and infrared drying methods at temperatures of 40, 50, and 60 °C.

Materials and methods

Materials and equipment

Fresh fish *Tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus*) of the same age and treated with the same conditions, were brought from the Institute of Animal Husbandry and Genetics, Georg-August University, Göttingen – Germany for running the experiments. The average growth weight of fish (samples) was about 180 grams for each. Head and tail were cut and removed using stainless steel knife. Then the fish were cut longitudinally and all internal parts of gut, liver, gall bladder and fats were removed (fats become rancid easily and will spoil the dried fish). The split fish were thoroughly cleaned and weighed for initial moisture content determination and running the experiments. These

fish (fresh) were then sealed into double layer polyethylene bags and stored in a refrigerator (below 5 °C) until the time of running the experiments and measuring. The required Samples were removed from storage refrigerator one day prior the test and kept overnight in double-layer plastic bags at room temperature (to maintain the normal temperature of fish at time of drying).

Initial moisture content determination

Moisture content was determined according to AOAC, (1995) and AOAC, (2007). A representative sample was taken, weighed and put in an oven at 105 °C for overnight, then the final weight was recorded (bone dry weight).

The moisture content was determined using the following equation:

$$MC (w. b.) = \frac{W_w}{W_w + W_d} \times 100 \quad (1)$$

$$MC (d. b.) = \frac{W_w}{W_d} \times 100 \quad (2)$$

where MC (w. b.) = moisture content on wet basis, grams; MC (d. b.) = moisture content on dry basis, grams; W_w = weight of water, grams; W_d = weight of dry, grams.

The duplicated samples were used then an average was taken.

Drying rate calculation

The drying rate was calculated using the following equation (Akpinar, E.K. et al, 2003).

$$DR = \frac{M_t + dt - M_t}{dt} 100 \quad (3)$$

where DR = drying rate, g of water / 100 g of dry matter/hour; $M_t + dt$ = moisture content at time $t + dt$ dry basis (percentage); M_t = moisture content at time t dry basis (percentage); dt = the time interval, hours.

Drying experiments

After preparation of fish as mentioned above, three methods of drying were applied; these are namely hot air (oven), microwave and infrared drying methods. These methods were done, using three temperatures 40, 50 and 60 °C for each method of drying. The decrease in dried sample weight was recorded every one hour interval using sensitive balance (SATRIUS GMBH, Tyoe L 610 D, Fabr. – Nr. 35110073, Germany). with maximum capacity of 600 grams; accuracy of the balance was ± 0.001 g. the drying experiments were continued till the final weight at which the targeted moisture content was achieved, was reached. It is about 13 % (w.b.) as shown by Prabhu, P.V. and Balachandran, K.k. (1982).

(i) Hot air oven drying method:

Heracus Oven D. 6450 Hanau. Type UT 6120, Temperature 300 °C and AC 230 volt was used for three different temperatures 40, 50 and 60 °C. The experiments were run and the weight losses in fish were recorded every one hour interval using sensitive balance till the weight equivalent to the target moisture content (13 % w.b.) was attained.

Two replicates for each drying temperature were carried out then an average was taken for each temperature measurement.

(II) A Microwave EMG. Engineering, Ruthen – Hemmern, 2001, Type No. 222801, 400 volt, 50Hz, 12 A, with a maximum output of 1200 W was used for drying experiments.

The dimensions of microwaves cavity were 600 mm • 600mm • 600mm. In the roof of drying chamber or cavity there is a fan which is used to cool the system. Three drying temperatures 40, 50, 60 °C were investigated in the drying experiments at microwave power of 120 W. Moisture losses were recorded every one hour interval during the drying by removing the sample from the microwave and placing it in a digital sensitive balance. The microwave power was applied until the mass of the sample was reduced to a level corresponding to the target moisture content (13 % w.b.). Two replicates for each drying temperature were carried out then an average was taken for each temperature measurements.

Fig 1 shows the schematic diagram for the instruction of microwave device. The microwave operated or works by conversion the high voltage of electricity to electromagnetic waves using a migration. The electromagnetic was used as an energy for fish drying.

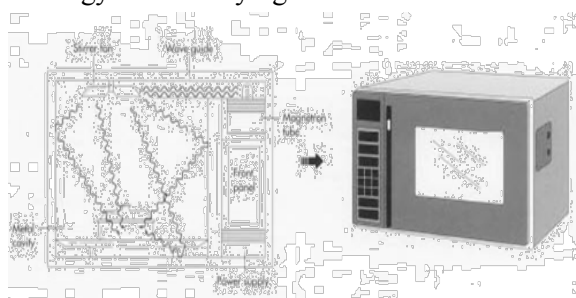


Figure 1. Schematic diagram of a microwave device

(III) Infrared drying methods:

In this study a Radiator, 220/230 V ELS TEEN FSR 1300 W, Germany made. Transmit electromagnetic radiation in the range of medium to short wave infra radiation was used as drying equipment. The experiment was carried out for 40, 50, 60 °C drying temperatures, the loss in weight (moisture content losses) of the sample

was recorded every one hour interval by removing the sample from the Radiator and placing it in digital sensitive balance till we reach the weight corresponding to the target moisture content (13 % w.b.). Two replicates were run then an average was taken.

Temperature measurements:

The three temperature 40, 50, 60 °C was measured using thermometer and sensors (Luxtron 790 Fluoropic thermometer with SIW-2 Sensors, U.S.A.). This was done for all the three drying methods.

Fig 2 shows the schematic diagram for the instruction of infrared device. As show in the diagram the engine convert electricity power to light using an infrared lamp. This light was used for fish drying.

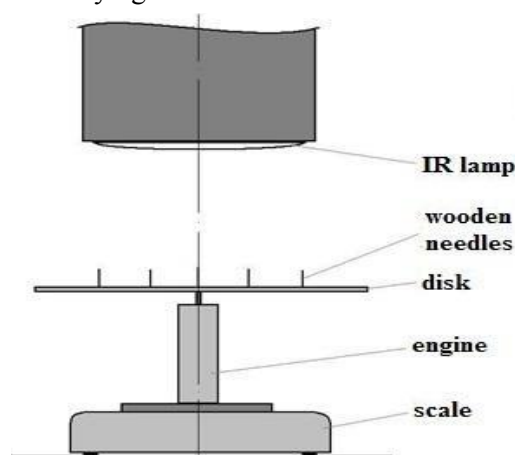


Figure 2. Schematic view of the experimental drying infrared device

Statistical Analysis

Statistical Analysis using Eviews program version 8 was used to show the best method of the drying.

Results and Discussions

Fish Tilapia, drying started with an initial moisture content of 76 % (w.b.) and continued to final moisture content of about 13 % (w.b.) using different drying methods (microwave, infrared and oven drying method) at different temperatures of 40, 50 and 60 °C for each method.

Table 1 shows an average drying rate (g water / 100 g DM / h) with drying time using different drying methods at different temperatures. As, it was observed, increasing the drying temperature caused significant increase in the drying rate, thus the drying time is decreased. In general, the highest drying rate was obtained at 60 °C and the lowest at 40 °C for all the drying methods.

Table 1.
Drying rate versus drying time using different drying methods at different temperatures for fish Tilapia

Drying Methods	Drying Temperature (°C)	Drying time (hours)	Average Drying Rate (g water/100 g of DM)/hour
Microwave drying	40	22	11.032
Infrared drying	40	14	18.009
Oven drying	40	17	14.936
Microwave drying	50	8	31.465
Infrared drying	50	12	21.037
Oven drying	50	10	25.104
Microwave drying	60	5	52.208
Infrared drying	60	8	39.584
Oven drying	60	7	37.232

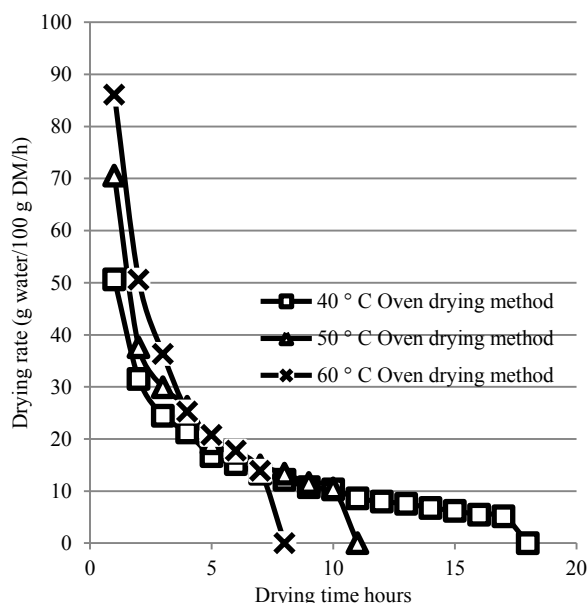


Figure 3. Variation of drying rate with time at the same method of drying (oven drying) at different drying temperatures

Fig. 3 show the variation of drying rate for fish Tilapia using an oven drying method at different temperatures 40, 50 and 60 °C. It is clear, that as the temperature of drying increases the drying time will decrease and the drying rate will increase for oven drying method. The lowest drying time was obtained at temperature of 60 °C (7 hours). Also the highest drying time was attained at temperature 40 °C (17 hours). It is apparent that, the drying rate decreases continuously with drying time. There is no constant-rate drying period in the curve and all the drying operations seemed to occur in the falling rate period.

Fig. 4 shows the variation of drying rate for fish Tilapia using infrared drying method at different temperatures 40, 50 and 60 °C. It is clear that as the temperature of drying increases, the drying time will decrease and the drying rate will increase for infrared drying method. The lowest drying time was obtained at temperature of 60 °C (8 hours) and the highest drying time will obtained at temperature 40 °C (14 hours). Also it is apparent that, drying rate decreases continuously with drying time. There is no constant-rate drying period in the curve and all the drying operations occurred in the falling rate period.

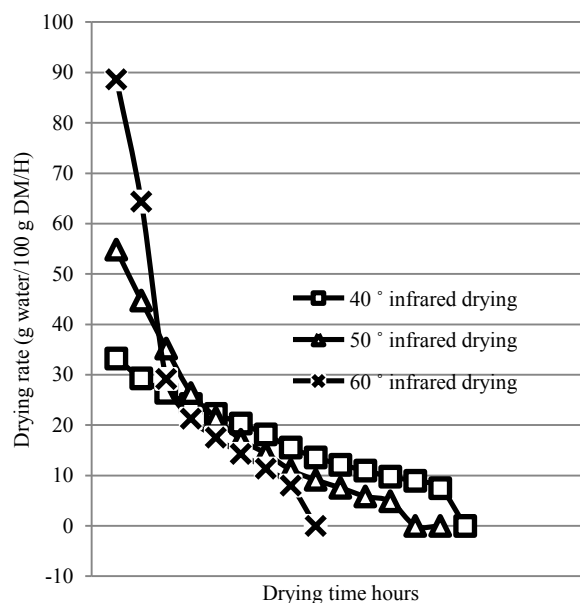


Figure 4. Variation of drying rate with drying time using the same method (infrared drying) at different temperatures

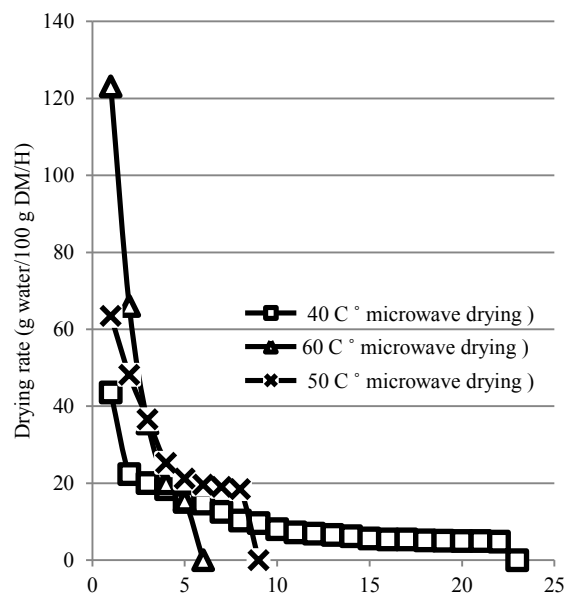


Figure 5. Variation of drying rate with drying time using the same drying method (microwave) at different drying temperatures

Fig. 5 show the variation of drying rate for fish *Tilapia* using microwave drying method at different drying temperatures 40, 50 and 60 °C. It is clear that as the temperature of drying increase the drying time will decrease and the drying rate will increase for microwave drying method. The low drying time were obtained at temperature of 60 °C (5 hours), and the highest drying time will obtained at temperature 40 °C (22 hours). It is apparent that drying rate decreases continuously with drying time. There is no constant-rate drying period in the curve and all the drying operations are seen to occur in the falling rate period. These result are in good agreement as compared to the earlier observations (Kaymak-Ertekin, 2002; Passamai and Saravia, 1997a, b; Togrul and Pehlivan, 2002; Yaldiz and Ertekin, 2001 ; Yaldiz et al 2001).

Figures 6, 7 and 8 show the comparison between the drying rate and the drying time using different drying methods (microwave, infrared and oven drying) with the same temperature for each method. Three levels of temperature were used, these are 40, 50 and 60 °C as shown in Figures 4.5 and 6 respectively. Microwave drying show a significant effect When using low temperature (40 °C), there is an increase in drying time (22 hours) and decrease in drying rate (11.032 g water/100 g DM / h). but for the high temperature (60 °C), there is a significant increase in drying rate (52.208 g water / 100 g DM / h) and low drying time (5 hours). For the others two drying methods (oven and infrared drying methods) there were an increase and decrease in drying rate and drying time respectively, with high temperature 60 °C. Generally there is an increase in drying rate and decrease in drying time when the temperature of the drying increase regardless of the drying method used, but microwave show more responses when compared to others two drying methods i.e gives high drying rate and low drying time when using high and medium temperatures.

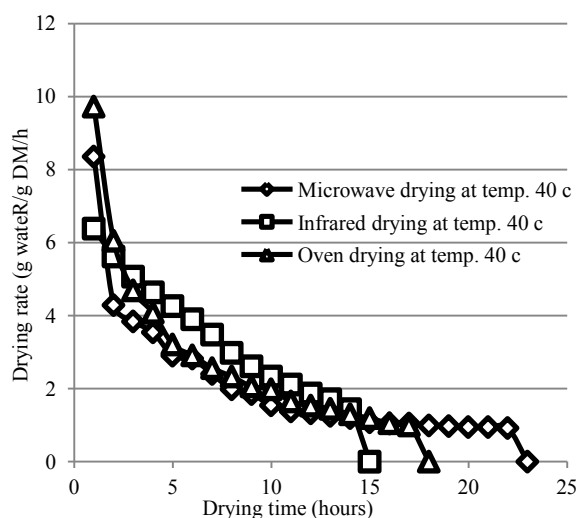


Figure 6. Comparison between drying rate and drying time using different drying methods at the same temperature. 40 °C

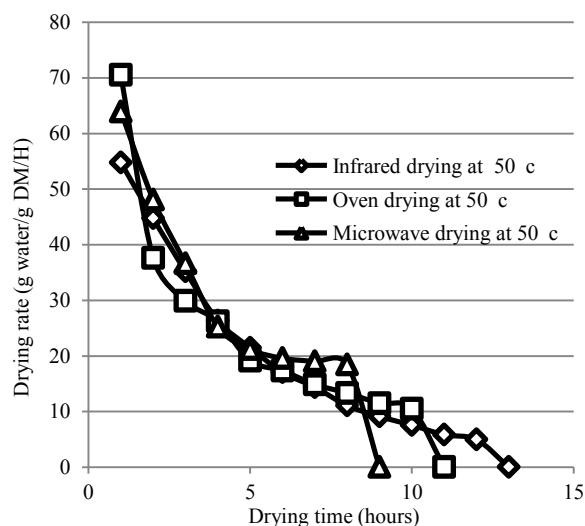


Figure 7. Comparison between drying rate and drying time using different drying methods at the same temperature. 50 °C

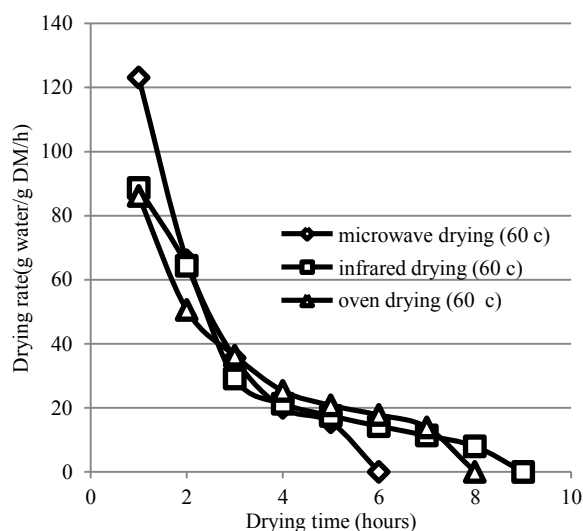


Figure 8. Comparison between drying rate and drying time using different drying methods at the same temperature. 60 °C

Table 2.

The results of statistical analysis for, Mean, Std. Dev. and Probability at different temperatures for fish *Tilapia*

Method of drying	Temp. of drying (C°)	Mean	Std. Dev.	Probability
Oven	40	11.54086	12.08028	0.000046
	50	11.41100	17.48618	0.000001
	60	11.39200	21.83248	0.000000
Microwave	40	11.03223	9.037603	0.000000
	50	11.44227	18.23260	0.005248
	60	11.82295	29.55629	0.000000
Infrared	40	11.45759	10.93544	0.432711
	50	11.47495	15.91761	0.011710
	60	11.56491	22.94372	0.000000

From the table 2 it's clear that the level of significant for microwave methods is far less than $p \leq 0.05$. So that microwave drying gives the best results and can be considered at the best method of drying.

Conclusion

Fish *Tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus*) were dried using three drying methods (hot air oven, microwave and infrared) at three levels of temperatures (40, 50, and 60 °C) for each method. The results show that, as the temperature of drying

increase, drying rate will increase and the drying time will decrease for all methods of drying. Statistical analysis using Eviews program shows that microwave method is better than two others methods of drying.

References

- 1 Adeyeye S.A.O. An overview of fish drying kinetics. *Nutrition & Food Science*. 2019. doi: 10.1108/NFS-10-2018-0296
- 2 AOAC. Official methods of analysis. Washington, USA, Association of Official Agricultural Chemists, 1995.
- 3 AOAC. Official methods of analysis 20ed. Washington, USA, Association of Official Agricultural Chemists, 2007.
- 4 Mehta P., Samaddar S., Patel P., Markam B. et al. Design and performance analysis of a mixed mode tent-type solar dryer for fish-drying in coastal areas. *Solar Energy*. 2018. vol. 170. pp. 671-681. doi: 10.1016/j.solener.2018.05.095
- 5 Kubra K., Hoque M.S., Hossen S., Husna A.U. et al. Fish drying and socio-economic condition of dried fish producers in the coastal region of Bangladesh. *Middle-East J. Sci. Res*. 2020. vol. 28. no. 3. pp. 182-192. doi: 10.5829/idosi.mejsr.2020.182.192
- 6 Richa R., Shahi N.C., Lohani U.C., Kothakota A. et al. Design and development of resistance heating apparatus-cum-solar drying system for enhancing fish drying rate. *Journal of Food Process Engineering*. 2021. pp. e13839. doi: 10.1111/jfpe.13839
- 7 Darvishi H., Azadbakht M., Rezaeiasl A., Farhang A. Drying characteristics of sardine fish dried with microwave heating. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2013. vol. 12. no. 2. pp. 121-127. doi: 10.1016/j.jssas.2012.09.002
- 8 Aberoumand A., Abad M.K.R. Influences of drying methods processing on nutritional properties of three fish species *Govazym stranded tail*, *Hamoor* and *Zeminkan*. *International Food Research Journal*. 2015. vol. 22. no. 6. pp. 2309.
- 9 Yuwana Y., Sidebang B. Performance testing of the hybrid solar-biomass dryer for fish drying. *International Journal of Modern Engineering Research*. 2016. vol. 6. no. 11. pp. 63-68.
- 10 Aghbashlo M., Mobli H., Madadlou A., Rafiee S. Influence of wall material and inlet drying air temperature on the microencapsulation of fish oil by spray drying. *Food and Bioprocess Technology*. 2013. vol. 6. no. 6. pp. 1561-1569. doi: 10.1007/s11947-012-0796-7
- 11 Aghbashlo M., Mobli H., Rafiee S., Madadlou A. Energy and exergy analyses of the spray drying process of fish oil microencapsulation. *Biosystems Engineering*. 2012. vol. 111. no. 2. pp. 229-241. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2011.12.001
- 12 Mohod A.G., Khandetod Y.P., Shrirame H.Y. Development and evaluation of solar tunnel dryer for commercial fish drying. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A*. 2014. vol. 95. no. 1. pp. 1-8. doi: 10.1007/s40030-014-0070-2
- 13 Encina C., Vergara C., Giménez B., Oyarzún-Ampuero F. et al. Conventional spray-drying and future trends for the microencapsulation of fish oil. *Trends in Food Science & Technology*. 2016. vol. 56. pp. 46-60. doi: 10.1016/j.tifs.2016.07.014
- 14 Janjai S., Bala B. K. Solar drying technology. *Food Engineering Reviews*. 2012. vol. 4. no. 1. pp. 16-54. doi: 10.1007/s12393-011-9044-6
- 15 Nagwekar N., Tidke V., Thorat B.N. Microbial and biochemical analysis of dried fish and comparative study using different drying methods. *Drying Technology*. 2017. vol. 35. no. 12. pp. 1481-1491. doi: 10.1080/07373937.2016.1256889
- 16 Kipcak A.S., İsmail O. Microwave drying of fish, chicken and beef samples. *Journal of Food Science and Technology*. 2021. vol. 58. pp. 281-291. doi: 10.1007/s13197-020-04540-0
- 17 Hu Y., Que T., Fang Z., Liu W. et al. Effect of different drying methods on the protein and product quality of hair-tail fish meat gel. *Drying Technology*. 2013. vol. 31. no. 13-14. pp. 1707-1714. doi: 10.1080/07373937.2013.794831
- 18 Ghimire A., Basnet S., Poudel R., Ghimire A. Mathematical modeling of thin layer microwave drying of Jaya fish (*Aspidoparia jaya*). *Food Science and Technology International*. 2021. vol. 27. no. 6. pp. 508-516. doi: 10.1177/1082013220969353
- 19 Storer T., Bannister J., Bennett K., Byrnes E. et al. Influence of discharge regime on the movement and refuge use of a freshwater fish in a drying temperate region. *Ecology*. 2021. vol. 14. no. 1. pp. e2253. doi: 10.1002/eco.2253
- 20 Ershov A.M., Ershov M.A., Pokholchenko V.A. Similarity effects of dehydration at the processes of fish drying, smoking and frying. *Proceedings of International scientific and technical Conference named after Leonardo da Vinci*. 2014. vol. 2. pp. 26-35.

Information about authors

Abdel Moneim Osman A. babkr Dr., associate professor, food processing engineering department, Faculty of Engineering and Technical Studies, University of El Imam El Mahdi, Kosti, P. O. box 209 Sudan, moneimosman4@gmail.com

Mortada H.A. Elhesain Dr., associate professor, food processing engineering department, Faculty of Engineering and Technical Studies, University of El Imam El Mahdi, Kosti, P. O. box 209 Sudan, morta27666@gmail.com

Omer E. M. Osman Dr., associate professor, agricultural engineering department, Faculty of Engineering, Sinnar University, Sinnar, Sudan, omermahil4@gmail.com

Waleed N. E. Salih Dr. associate professor, chemical engineering department, Faculty of Engineering & Technical Studies, University of El Imam El Mahdi, Kosti, P. O. box 209 Sudan, waleed_salih2003@yahoo.com

Yasir A. Mohamed Dr., professor, chemical engineering department, Faculty of Engineering & Technical Studies, University of El Imam El Mahdi, Kosti, P. O. box 209 Sudan, yasir13000@yahoo.com

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 6.23.2021

Accepted 8.23.2021

Evaluation of Water Purification Plant at Kosti City - Sudan

Nahla Babiker Hussien	¹	eng.nahla87@gmail.com
Abdel Moneim Osman A. Babikr	¹	moneimosman4@gmail.com
Mortada H.A. Elhesain	¹	morta27666@gmail.com
Yasir A. Mohamed	¹	yasir13000@yahoo.com

¹ University of El Imam El Mahdi, Kosti, Sudan

Abstract. The objective of this study is to evaluate the purification level of water plant in Kosti city to supply water with high quality. This study was done to investigate the drinking water quality of Kosti city. Five sites of water network were selected, during March 2017 - May 2017. Thirty (30) samples of water from different areas of Kosti city were collected to evaluate water purification by using some laboratory tests for physical, chemical properties and microbiological. The results obtained showed that the turbidity level ranged between (4.2 – 150 NTU) thus exceeding the permissible level of WHO 1993 standards (5 NTU). The PH value was ranged between (6.3 – 8.2) and level of TDS (111 - 157 mg/L), hardness (43 - 89 mg/L), residual chlorine (0.1 - 0.4 mg/L), EC (116 - 234 µs/cm). All these values fall below the values of national and international standards of (WHO, 1993) and Sudanese Organization for Standardization and Metrology 2008. The level of COD (86 – 584.4 mg/L), BOD (16 - 144 mg/L). Biological tests were conducted to determine the presence of fecal coliform the results showed that the samples of water limits according to the specifications of the Sudanese Standards and Metrology Organization (SSMO, 2008) and the World Health Organization (WHO, 1993) by 100%.

Keywords: water, physical properties, chemical properties, microbiological, evaluation, purification plant

Introduction

Water is considered as the most essential element on earth for all kinds of living creatures to maintain their life. In many time with rapid urban and rural expansion, the demand for water supply has increased many times as a result of more water has been used in domestic, agriculture and industrial sectors. (Al-Jlil, *et al.*, 2014).

Drinking water is the most important natural resource as only less than 1% of the total water on the planet is potable and accessible. Sustained supply of safe and potable drinking water is of paramount significance in promotion of health and well-being of the people. The performance evaluation of a treatment plant is a process to measure the functioning efficiencies based on some established performance indicators such as degree of removal of pollutants such as turbidity, colour, suspended impurities etc (Absar and Syed, 2018).

Poor drinking water quality remain one of the major threats to human health. According to the World Health Organization (WHO, 1993), 1.7 billion people are diagnosed with diarrheal diseases annually, 88% of which are attributed to unsafe water supply, inadequate sanitation and hygiene. Every one hour about 87 children under five are dying because of diarrhea (WHO; UNICEF, 2013).

Therefore, water is an important natural resource in the world, and life cannot exist and most industries could not operate without water

(Tebbutt, 1997). It is very necessary to treat water to purify water sources, make them suitable for human consumption through the removal and killing of pathogenic organisms, and remove the taste, smell, and other undesirable chemical and physical constituents (Mohammed and Shakir, 2012). In evaluation of a water treatment plant depending on treatment process efficiency, all involved processes could be assessed or a key unit is chosen to decide whether the plant operates in acceptable way or not (Wei, *et al.*, 2010). Clean and safe drinking water is very scarce on the earth. Every day due to industrialization and uncontrolled urbanization the source of pure water are getting polluted. Cleaning the polluted water and making it safe for drinking is the main challenge in today's world (Baroniya *et al.*, 2012).

The public health significance of water quality cannot be over emphasized. Many infectious diseases are transmitted by water through the fecal oral route. Diseases transmitted through drinking water kill about 5 million children annually and make 1/6th of the world population sick (WHO, 2004). Water used in Sudan derives almost exclusively from surface water resources, as groundwater is used in only very limited areas. Surface water is provided mainly by the River Nile (Ell-Amin *et al.*, 2010). Water for domestic use is required to be both wholesome and safe. For health, reasons a number of chemical, physical and bacteriological quality of water are need to be considered (Tsadik, 2013).

Для цитирования

Nahla Babiker Hussien, Abdel Moneim Osman, Mortada H.A. Elhesain, Yasir A. Mohamed. Evaluation of Water Purification Plant at Kosti City - Sudan // Вестник ВГУИТ. 2021. Т 83. № 3. С. 121–128. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-121-128

For citation

Nahla Babiker Hussien, Abdel Moneim Osman, Mortada H.A. Elhesain, Yasir A. Mohamed. Evaluation of Water Purification Plant at Kosti City - Sudan. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83 no. 3. pp. 121–128. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-121-128
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Table 1.
Comparison between the Sudanese Standards
and Metrology Organization (SSMO, 2008)
and the World Health Organization (WHO, 1993)
Physical and Chemical Parameters)

Physical and Chemical Parameters and Characters	Sudan Permissible Maximum	WHO Guide Line Value
Colour	-	15 TCU
Turbidity. NTU	5.0 NTU	15.0 NTU
Odor and Taste	Acceptable	-
pH	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5
TDS	1000 mg/L	1000 mg/L
Chloride	250 mg/L	250 mg/L
Sulphate	500 mg/L	400 mg/L
Fluoride	1.3 mg/L	1.5 mg/L
Hardness as Ca-CO ₃	-	500 mg/L
Manganese	0.27mg/L	0.1 mg/L
Iron	0.3mg/L	0.3 mg/L
Sodium	250mg/L	200 mg/L
Copper	1.5 mg/L	1 mg/L
Zinc	-	5 mg/L
Nitrate as NO ₃	50 -200mg/L	50mg/L
Nitrate as N	0.03 mg/L	0.05 mg/L
Arsenic	0.03 mg/L	0.05 mg/L
Lead	Ns	Ns
Barium	Ns	0.005 mg/L
Cadmium	-	0.01 mg/L
Selenium	0.04 mg/L	0.05 mg/L
Chromium	Ns	0.001 mg/L
Mercury	-	Ns
BOD	-	5mg/L
Dieldrin	0.2 mg/L	0.3 mg/L
Chlordin	-	-
COD	-	10mg/L
Iodine	-	-
Calcium	0.002mg/L	-
Magnesium	0.27mg/L	-
Aluminum	0.13mg/L	-
Residual Chlorine	0.2–0.4mg/L	0.3 – 0.5 mg/L
Electrical Conductivity	Ns	1600 microhms/cm
Ns = No standard – = Not found		

The problem of supplying adequate amount of safe water for distribution to the public does not end with the construction of water works recently, in Kosti city drinking and general-purpose water is supplied by the White Nile. The water of the White Nile is very turbid, therefore, it is expected to be contaminated with chemicals, as well as microorganisms and accordingly it may cause health problems such as toxicity and some diseases and disorders. Therefore, the present investigation was carried out in an attempt to study the drinking water quality in Kosti city.

Materials and Methods

Location of the Study Area

This study was carried out on drinking water samples collected from different locations at city Kosti, White Nile State. It is located on the west bank of the White Nile. Furthermore, Kosti is considered as a central point of travel and communication as it is largest river port in Sudan, which connects north of Sudan government to the south of Sudan government. In recent years Kosti has grown fast due to war and draught that affect southern and western regions of the Sudan

Process Description

Water is taken from water source (White Nile) The water is drawn from the supplier with pull pumps They have filters to prevent the entry of large materials such as wood, fish and plants.

Water is transferred to rapid mixing tanks, where the water is mixed with a hydraulic mixer powered by water in order to break the large particles attached to facilitate the deposition process the poly-aluminum chloride is added to its high efficiency in removing the suspended materials the water is then transferred from the rapid mixing basin to the settling basin where the suspended material is deposited in the bottom of the basin and disposed of by a shovel located at the bottom of the basin. The pure water is transferred to the filtration basin. The water is collected after removing it from the filters in the sterilization tanks where the chlorine is added in either the form of liquid, solid or gas, which is the most efficient, then the water is left for a period ranging from 2.5 to 4 hours and then the water is distributed to the transport networks by the pumps.

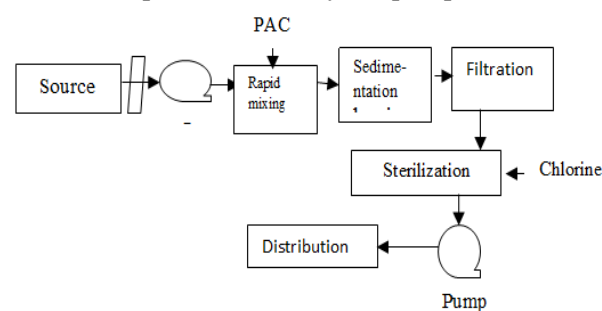


Figure 1. Schematic diagram of the Stages of Water Purification, in Kosti City

Sampling

Samples were collected from different sites along the network line of drinking water system that supply Kosti city. Five sites were selected for sampling was as followed:

- Site 1: The Raw water in plant.
- Site 2: The Treated water in plant.
- Site 3: 27 quarter.
- Site 4: El Hila El Gadida quarter.
- Site 5: El Nasri quarter.

Sampling Techniques

Water samples were collected aseptically in sterile bottles. The opening of the tap was cleaned, sterilized by alcohol, and flaming.

The tap was then opened, first stream was discarded, and after 2 minutes, the target sample was collected in sterile bottle. The bottle was tightly closed and immediately transported to laboratory for chemical and bacteriological analysis. The chemical and bacteriological analysis was carried out in Chemistry Laboratory at University of El-imam El-Mahdi and Kosti Water Analysis Laboratory.

Materials

The materials used throughout this study include:

1. Sample of water.
2. Media Macconky Broth.
3. Media M-Endo Agar LES.
4. Media Brilliant Green Bile Broth-2%.
5. Distilled Water.
6. Sulphuric Acid (H_2SO_4).
7. Starch Indicator.
8. Sodium Iodine (NaI).
9. Manganese Sulphate ($MnSO_4$).
10. Copper Sulphate ($CuSO_4$).
11. Potassium permanganate ($KMnO_4$).
12. Sodium Oxalate (0.025N) ($Na_2C_2O_4$).
13. Sodium Thiosulfate ($Na_2S_2O_3$).
14. Ammonium Chloride (NH_4Cl).
15. Ammonium Hydroxide (NH_4OH).
16. EDTA solution.

Equipment and Devices

The apparatus used throughout this study include:

1. Turbiditymeter type 2100N made in Japan.
2. Ectype 214 Conductivity Meter made in Portugal.
3. Ph-type 211 Microprocessor PH – meter made in Portugal.
4. Incubation type 06287 Akvoet made in Turkey.
5. Water Bath – Mumbai type 400013 made in India.
6. Electronic Digital Balance type O512 made in China.
7. TDS/TEMP type 122 TDS Meter made in China.
8. Autoclave type H T30 psi made in Turkey.
9. Laboratory glass Equipment's, thermometer rang of (0–50°C); burette capacity (0–100 ml); different type of cylinder (10–500 ml); test tube; Petri dishes; different type of beakers (50–100–250 mL); different type of funnels (50–100–150–250–1000 mL).
10. Laboratory Consumptions (gloves – facemask – Cotton – soap).

Physical Tests

Measurement of the temperature. 100 ml of water sample was taken in a beaker to measure the temperature by using thermometer device then the readings were recorded.

Test of Total Dissolved Solids (TDS). 100 ml of water sample were taken in a beaker to measure the amount of total dissolved solids by using TDS meter device then the readings were recorded.

Test of Turbidity. Sample of water was taken in device tube turbiditymeter after calibration the device tube is empty then the readings were recorded.

Test of Electrical Conductivity (EC). 100 ml of drinking water was put in a beaker and, a conduct meter was used to measure the conductivity of water after calibration the device by buffer solution then the readings were recorded.

Chemical Tests

Measuring the degree of Ph. 100 ml of water sample was put in a beaker, Ph – meter was used to measure the Ph and then the readings were recorded.

Residual Chlorine Test. 10 ml of water sample was put in the comparison scale and then put the diethyl phenylnediamine (DPD) and dissolved in the water in the comparison scale and then the readings were recorded by comparing with the color closest to it.

Total Hardness. 1ml ammonia buffer solution and about 30mg of eriochrome black T indicator was added to 50ml water sample in 250ml conical flask. the solution was then titrated with the 0.01MEDTA solution until the color changes from wine red to blue end point and then the readings were recorded.

$$\text{Hardness } CaCO_3 \text{ mg/L} = \left(\frac{A \cdot B \cdot 100}{\text{ml of sample}} \right) \quad (1)$$

where A – ml of EDTA required for titration;
B – mgs of $CaCO_3$ equivalent to 1mole EDTA.

Determination the Chemical Oxygen Demand (C.O.D). 10ml of the sample were taken in 100ml bottle then 5ml of concentrate H_2SO_4 was added and about 1gm of copper sulphate ($CuSO_4$) also added. Then 3ml of prepared (0.025N) $KMnO_4$ solution was added and immersed in boiling water for 30 minutes while keeping the surface of boiling water at higher level than the surface of the sample. Three moles (3ml) were then prepared (0.025N) of sodium oxalate $Na_2C_2O_4$ was added and immediately titrated with (0.025N) potassium permanganate ($KMnO_4$) until the violet colour was appeared. The experiment repeated for the blank separately under the same condition using 10 ml of distilled water instead of 10 ml of sample.

$$\text{COD as mg/L} = \frac{\text{sample of ml B} \cdot \text{A} \cdot 8000 \cdot 0.025}{\text{ML OF SAMPLE}} \quad (2)$$

where A – ml of KMnO_4 used sample; B – ml of KMnO_4 used blank; $0.025 \left(\frac{1}{40}\right)$ – Normality of KMnO_4 ; 8000 – ml equivalent weight of oxygen in 1000 ml/L.

Determination of Biological Oxygen Demand (B.O.D). Twenty five mls sample was taken in each bottle and 75 mls of the sample was added to each of bottles then the bottles closed well .one bottle was kept in the in Cuba for at (20–22°C) for 5 days. then 10 mls of manganese sulphate solution and 2mls of alkali – 10 ml (NaI) solution was added to the of bottle below the surface of the liquid by using a syringe .then the bottle were closed and mixed by inverting it several times when the precipitate settles leaving a clear supernatant above the precipitate, shaken again slowly by inverting the bottle and when the setting has produced at least 50mls superhot at 8 mls of conc $\text{H}_2 \text{SO}_4$ was added. Then the bottle was closed and mixed by gentle in version until dissolution was completed. One – hand red mls of the sample was titrated in the 0.025M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ solution until a pale yellow solution was reached. Then 2mls of freshly preparer starch solution was added and titration was continued until a blue colour appeared. the proceed me was then repeated using 100mls distilled water (blank) then, repeated for in au bated sample for 5 days and then the readings was recorded.

$$\text{BOD as Mg/L} = 16(V_1 - V_2) \quad (3)$$

(Garcia and Stamatis, 2013)

where V_1 – ml of $\text{Na}_2 \text{S}_2 \text{O}_3$ used for the sample before incubation; V_2 – ml of $\text{Na}_2 \text{S}_2 \text{O}_3$ used for the sample after incubation.

Microbial Load Determination

Detection of total coliform bacteria. 7.3 gm of Media Macconky Broth was added to 100 ml of distilled water the mixture was heated in Bunsen burner and then put in the autoclave for 20 minutes, then leave until cooled and then add 100 ml of the sample water and entered the incubator in the temperature of 37 °C for 24 hours change color From darkviolet to yellow proof positive of the existence of total coliform bacteria.

Detection of Fecal Coliform Bacteria. Prepare the media Brillint Green Bile Broth-2% in the same way, bring the media in the same way with the replacement of the weight of the media by 8 grams the former and placed on tubes containing the Graham tube and add 1 ml of positive sample in the test of coliform and enter in the incubator at a temperature of 45°C for a period of 24 hours occurrence of turbidity in the color with gas surges in the Graham tube evidence of the presence of Fecal Coliform Bacteria.

Detection of Escherichia coli E. Coli Bacteria.

Prepare the media M-Endo Agar LES in the same way before with the replacement of the weight of the media by 5.2 grams and then placed on the Petri dishes then was sprinkled with a positive sample of the Fecal Coliform bacteria test and placed in the incubator for 24 hours in the reference temperature 37°C note gold colonies are bright in the positive samples evidence of existence *E.coli* bacteria.

Results and Discussions

Table 2.

The pH of Kosti water network distribution pipeline at five sites during the period March 2017 and May 2017

Date	Raw water	Treated Water	A	B	C
1/3/2017	7.6	7.6	7.3	7.2	7.2
15/3/2017	6.8	6.9	6.5	6.3	6.3
29/3/2017	7.8	7.8	7.8	7.6	7.4
1/5/2017	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2
15/5/2017	7.8	7.8	7.5	7.3	7.2
29/5/2017	7.8	7.8	7.4	7.3	7.2

A: 27 Squarer – B : El Hila Elgadida – C: El Nasri Squarer

It was noticed from the Table 2 that the pH values are almost constant, the highest pH was found in May (8.2) on the 1/5/2017, while March had the lowest pH value (6.3) on the 15/3/2017 in B and C respectively.

We note that the pH values are almost constant the same for the Nile water, with a slight difference due to the quality of the water and Materials suspended with water and distribution lines of the network.

The change in pH i.e. in May (8.2) and in March (6.3) may be due to improper water treatment on that day and i.e present of same Alkalinity and acidic materiel for May and March respectively.

The high pH in the first of May was attributed to some rain fall in this period. This rain fall increase the Alkalinity of water due to some alkaline substance dissolved by the rain and PH increase in Alkalinity direction.

This result was in agreement with (Reda, 2016) finding, in her study Physicochemical Analysis of Drinking Water Quality of Arbaminch Town. She found that the values of Ph were 7.5, 7.1, 7.7. We find pH values that falls within the permissible limit (6.5–8.5).

Table 3.

The Electrical conductivity ($\mu\text{S/cm}$) of Kosti water network distribution pipeline at five sites during the period March 2017 and May 2017

Date	Raw water	Treated water	A	B	C
1/3/2017	160	158	162	156	174
15/3/2017	140	128	122	116	154
29/3/2017	144	130	135	130	144
1/5/2017	214	213	216	210	224
15/5/2017	224	223	226	220	234
29/5/2017	220	219	222	216	224

The results obtained showed that the conductivity varied among months for all locations with the highest value (234 $\mu\text{S}/\text{cm}$) obtained during May at station (C) 15/5/2017 and the lowest value (116 $\mu\text{S}/\text{cm}$) obtained during March at station (B) 15/3/2017. These results show that electrical conductivity increases near the autumn season and decreases in the summer. The different in conductivity between Raw and Treated Water may be attributed to the fact that when raw water was treated some materials were removed and this cause the low thermal conductivity in Treated Water.

Pipe line were very old at some areas or places so some materials like mineral may enter in the pipe line due to some breakage or some openings.

This result was in agreement with (Abdelmagid *et al.*, 1984) finding, in his study Chemical and Microbiological examination of well and Nile water. he found that the values of electrical conductivity were 150,170, 305 $\mu\text{S}/\text{cm}$. All the reading fall below the acceptable level of WHO and, Sudanese Standards and Metrology Organization (1600 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Table 4.
The turbidity level (NTU) and removal rate%of Kosti water network distribution pipeline at five sites during the period March 2017 and May 2017

Date	Raw water	Treated water	A	B	C	Removal rate % Raw and treated water	Removal rate % Raw and A	Removal rate % Raw and B	Removal rate % Raw and C
01/3/2017	6.3	6.2	4.2	4.4	5	1.6	58.3	30.2	20.6
15/3/2017	7.4	6.5	4.6	4.9	5.2	12.2	37.8	33.8	29.7
29/3/2017	12.1	8.4	4.8	5	6.1	30.6	60.3	58.7	49.6
01/5/2017	120	64	35.2	49.3	50	46.7	70.7	58.9	58.3
15/5/2017	143	84.4	45.1	48.2	61	50	68.5	66.3	57.3
29/5/2017	150	94.5	55.5	58.3	60	37	63	61.1	60

Removal rate% =

$$\frac{\text{inside turbidity} - \text{outside turbidity}}{\text{inside turbidity}} * 100\% \quad (4)$$

Table 4 show the highest value of turbidity (150 NTU) was reported in site raw water while the lowest value (4.2 NTU) was reported in site A. The White Nile becomes very narrow in summer and this causes difficulty in water pumping, which in turn contaminate the pumped water with solids and soil particles. Generally the turbidity was increased and stagnate in the month of May towards June and August and these month are Autumn months and as we know the turbidity of these month is very high. We find the percentages of water turbidity removed% are different, not fixed. And the maximum removal rate occurred on the 1/5/2017 amounted to 70.7%. And the lowest removal rate occurred on the 1/3/2017 and reached.

This result was in agreement with (Siddig, 2007) finding, in her study Assessment of Drinking.

Water Quality of Kosti City. She found that the values of turbidity were 40, 70, 75 NTU. The turbidity values of Kosti water exceed the permissible level of WHO and Sudanese Organization for Standardization and Metrology (5 NTU).

Table 5.

The residual chlorine level (mg/L) of Kosti water network distribution pipeline at four sites during the period March 2017 and May 2017

Date	Treated water	A	B	C
01/3/2017	0.3	0.2	0.2	0.2
15/3/2017	0.2	0.2	0.2	0.2
29/3/2017	0.4	0.4	0.4	0.4
01/5/2017	0.2	0.2	0.2	0.2
15/5/2017	0.2	0.1	0.1	0.1
29/5/2017	0.2	0.1	0.1	0.1

As observed in Table 5 there is a fluctuation in the residual chlorine sometime decreases and sometime remains in the same level this was attributed to presence of some microorganisms needed for sterilization. This result was in agreement with (Siddig, 2007) finding, in her study Assessment of Drinking Water Quality of Kosti City. She found that the values of residual chlorine were 0.2, 0.4, 0.5 mg/L. The residual chloride between (0.1–0.4) mg/L, which means it falls minim of the permissible limits.

Table 6.

The total dissolved solids (TDS) (mg/L) of Kosti water network distribution pipeline at five sites during the period March 2017 and May 2017

Date	Raw water	Treated water	A	B	C
01/3/2017	111	111	115	114	112
15/3/2017	120	122	120	122	123
29/3/2017	123	122	124	123	120
01/5/2017	130	130	129	128	129
15/5/2017	140	141	140	138	142
29/5/2017	156	157	160	155	152

From Table (6) the highest value (157mg/L) was reported in May while the lowest one (111mg/L) was reported in March. There is no significant difference in total dissolved solids between raw water and treated water and distributed water at station A, B, C this means that all the dissolved substance and minerals in water more or less is it not reduced nor increased.

This result was in agreement with (Siddig, 2007) finding, in her study Assessment of Drinking Water Quality of Kosti City. She found that the values of total dissolved solids were 80, 101, 130 mg/L. All the readings fall below the value of the WHO standards (1000 mg/L).

Table 7.
Chemical oxygen demand (C.O.D) (mg/L) of Kosti water network distribution pipeline at five sites during the period March 2017 and May 2017

Date	Raw water	Treated water	A	B	C
01/3/2017	154.8	129	120.4	111.8	86
15/3/2017	240.8	215	206.4	197.8	94.6
29/3/2017	326.8	301	301	283.8	103.2
01/5/2017	412.8	387	378.5	369.8	120.4
15/5/2017	498.8	473	464.4	455.5	206.5
29/5/2017	584.8	559	550.4	541.8	292.5

From Table (7) the highest value of COD (584.8mg/L) was reported in site raw water, while the lowest one (86 mg/L) was reported in site C. The highest value of COD in raw water was attributed to high turbidity of water and contamination which may include some of organic matter that need more COD to be converted to inorganic matter.

This result was in agreement with (Sharma and Gupta, 2013) finding, in his Study of amount of Oxygen (BOD, OD, COD) in water and their effect on fishes he found that the values of chemical oxygen demand were 12.2, 34.2, 12.9 mg/L. The COD values of Kosti water exceed the permissible level of WHO standards (10 mg/L).

Table 8.
Biological Oxygen Demand (B.O.D) (mg/L) of Kosti water network distribution pipeline at five sites during the period March 2017 and May 2017

Date	Raw water	Treated water	A	B	C
01/3/2017	54.5	36	17	16	32
15/3/2017	136	96	64	19.5	16
29/3/2017	144	104	72	32	17
01/5/2017	128	35.5	48	35.2	32
15/5/2017	112	36	32	36.2	17
29/5/2017	96	70.5	16	17	33

From Table (8) the highest value of BOD (144 mg/L) was reported in site raw water, while the lowest one (16 mg/L) was reported on 29/5/2017 in station A. The highest value of BOD was reported in raw water this is an indicator for the presence of microorganisms in water and microorganisms need oxygen.

This result was in agreement with (Sharma and Gupta, 2013) finding, in his Study of amount of Oxygen (BOD, OD, COD) in water and their effect on fishes he found that the values of Biological oxygen demand were 5.2, 8, 3, 3.2 mg/L. The BOD values of Kosti water exceed the permissible level of WHO standards. (5mg/L).

Total coliform Bacteria per 100 ml of Kosti water network distribution pipeline at five sites during the period March 2017 and May 2017.

Table 9.
Caption

Date	Raw water	Treated water	A	B	C
01/3/2017	+	-	-	-	-
15/3/2017	+	-	-	-	-
29/3/2017	+	-	+	-	-
01/5/2017	+	-	-	-	+
15/5/2017	+	+	+	+	+
29/5/2017	+	+	+	+	+
+ The presence of bacteria in the sample; - There are no bacteria in the sample					

From Table (9) there is presence of microorganisms in treated water on the days 15/5/2017 and 29/5/2017 in station A, B, C this means that the treatment of water was not sufficient and consequently there was presence of positive signal (+) which means the presence of Total coliform Bacteria. This result was in agreement with (B. *et al.*, 2008) finding, in his Study Physico Chemical and Bacteriological Analyses of Water Used for Drinking and Swimming Purposes in Abeokuta, Nigeria. The Contents of Microorganisms According to Sudanese Specifications and Sudanese Organization for Standardization and Metrology 2008 recommended that the permissible Total coliform Bacteria count be around 0.0.

Table 10.
Fecal Coliform Bacteria per 100 ml of Kosti water network distribution pipeline at five sites during the period March 2017 and May 2017

Date	Raw water	Treated water	A	B	C
1/3/2017	+	-	-	-	-
15/3/2017	+	-	-	-	-
29/3/2017	+	-	-	+	-
1/5/2017	+	-	-	-	+
15/5/2017	+	+	+	+	+
29/5/2017	+	+	+	+	+
+ The presence of bacteria in the sample; - There are no bacteria in the sample					

From Table (10) there is presence of microorganisms in treated water on the days 15/5/2017 and 29/5/2017 in station A, B, C this means that the treatment of water was not sufficient and consequently there was presence of positive signal (+) which means the presence of Fecal Coliform Bacteria. This result was in agreement with (B. *et al.*, 2008) finding, in his Study

Physico Chemical and Bacteriological Analyses of Water Used for Drinking and Swimming Purposes in Abeokuta, Nigeria.

The Contents of Microorganisms According to Sudanese Standards and Metrology Organization (2008) recommended that the permissible Fecal Coliform Bacteria count be around 0.0.

Table 11.
Escherichia coli (E. coli) per 100 ml of Kosti water network distribution pipeline at five sites during the period March 2017 and May 2017

Date	Raw water	Treated water	A	B	C
1/3/2017	+	-	-	-	-
15/3/2017	+	-	-	-	-
29/3/2017	+	-	-	+	-
1/5/2017	+	-	-	-	+
15/5/2017	+	+	+	+	+
29/5/2017	+	+	+	+	+
+ The presence of bacteria in the sample; - There are no bacteria in the sample					

From Table (11) there is presence of microorganisms in treated water on the days 15/5/2017 and 29/5/2017 in station A, B, C this means that the treatment of water was not sufficient and consequently there was presence of positive signal (+) which means the presence of *Escherichia coli*.

This result was in agreement with (B. et al., 2008) finding, in his Study Physico Chemical and Bacteriological Analyses of Water Used for Drinking and Swimming Purposes in Abeokuta, Nigeria.

The Contents of Microorganisms According to Sudanese Organization for Standardization and Metrology (2008) recommended that the permissible *Escherichia coli* Bacteria count be around 0.0.

The overall results there were presence of Total coliform Bacteria, Fecal Coliform Bacteria and *Escherichia coli* all Microorganisms on their days (15/5 and 29/5/2017) this is strong evidence for the contamination on these periods.

Conclusion

The quality of Kosti city drinking water under the study was found to be in the required range according to Sudanese Standards and Metrology Organization (2008) and World Health Organization (WHO, 1993).

References

- 1 Niu J., Kasuga I., Kurisu F., Furumai H. et al. Evaluation of autotrophic growth of ammonia-oxidizers associated with granular activated carbon used for drinking water purification by DNA-stable isotope probing. *Water research*. 2013. vol. 47. no. 19. pp. 7053-7065. doi: 10.1016/j.watres.2013.07.056
- 2 Khan A.A., Ahmad S.K. Performance evaluation of water treatment plant at nangloi. New Delhi: a case study *ijret: International Journal of Research in Engineering and Technology*. 2018.
- 3 Al-Jilil S.A., Alromaih H., Alshabonah F., Alsoubaei F. et al. Evaluation of Performance of Wastewater Treatment Plant at KACST, Riyadh Saudi Arabia. *Research Journal of Environmental Sciences*. 2014. vol. 8. no. 2. pp. 117-122.
- 4 Shittu B.O., Olaitan O.J., Amusa S.T. Physico-Chemical and Bacteriological Analyses of Water Used for Drinking and Swimming Purposes in Abeokuta, Nigeria. *African Journal of Biomedical Research*. 2008. vol. 11.
- 5 Mamta B., Singh B. S., Monica J. Operation and maintenance of water treatment plant at BNP Campus Dewas, India: A case study. *ISCA Journal of Biological Sciences*. 2012. vol. 1. no. 1. pp. 83-86.
- 6 Ell-Amin A.M., Sulieman A.M.E., El-Khalifa E.A. Quality characteristics of drinking water in Khartoum state and Wad-Medani District, Sudan. 14th international water technology conference, IWTC. 2010. vol. 14. no. 2010. pp. 863-876.
- 7 Verma N., Singh A.K. Development of biological oxygen demand biosensor for monitoring the fermentation industry effluent. *International Scholarly Research Notices*. 2013. vol. 2013. doi: 10.5402/2013/236062
- 8 Mohammed A.A., Shakir A.A. Evaluation the performance of Al-wahdaa project drinking water treatment plant: A case study in Iraq. *International Journal of Advances in Applied Sciences*. 2012. vol. 1. no. 3. pp. 130-138.
- 9 Reda A.H. Physico-chemical analysis of drinking water quality of Arbaminch Town. *J Environ Anal Toxicol*. 2016. vol. 6. no. 2. pp. 1-5.
- 10 Sharma P., Gupta S. Study of amount of Oxygen (BOD, OD, COD) in water and their effect on fishes. *American International Journal of Research in Formal, Applied and Natural Sciences*. 2014. vol. 7. no. 1. pp. 53-58.
- 11 Somani S., Ingole N., Patil S. Performance evaluation of natural herbs for antibacterial activity in water purification. *International Journal of Engineering Science and Technology*. 2011. vol. 3. no. 9. pp. 7170-7174.
- 12 SSMO, (2008) Sudanese Standards and Metrology Organization.
- 13 Kpan W.B., Koné M.W., Bonfoh B., Kamanzi K. Evaluation of eighteen west african plants for water purification, potential use for rural water treatment. *Journal of Water Chemistry and Technology*. 2017. vol. 39. no. 5. pp. 310-316. doi: 10.3103/S1063455X17050101
- 14 Tsadik T.G Performance Evaluation of Drinking Water Gambella Town Drinking Water Treatment Plant. School of Graduate Studies of Addis Ababa University fulfillment of the Degree of Chemical Engineering M.S.c. Science in Environmental Engineering. 2013.
- 15 Wei J., Ye B., Wang W., Yang L. et al. Spatial and temporal evaluations of disinfection by-products in drinking water distribution systems in Beijing, China. *Science of the Total Environment*. 2010. vol. 408. no. 20. pp. 4600-4606. doi: 10.1016/j.scitotenv.2010.06.053
- 16 WHO. Water Sanitation and Health Programmed. Managing water in The home: accelerated health gains from improved water sources. World Health Organization. 2004. Available at: www.who.int
- 17 WHO. UNICEF. WHO / UNICEF Joint Monitoring Programme (JMP) for Water Supply and Sanitation. Retrieved December 11, 2013. Available at: <http://www.wssinfo.org/definitions/methods/introduction/>
- 18 Jordanowska J., Jakubus M. Evaluation of effectiveness technological process of water purification exemplified on modernized water treatment plant at Otoczna. *Civil and Environmental Engineering Reports*. 2014. doi: 10.2478/ceer-2014-0014

19 Verma S.K., Singhal P., Chauhan D.S. A synergistic evaluation on application of solar-thermal energy in water purification: Current scenario and future prospects. *Energy conversion and Management*. 2019. vol. 180. pp. 372-390. doi: 10.1016/j.enconman.2018.10.090

20 Elasaad H., Bilton A., Kelley L., Duayhe O. et al. Field evaluation of a community scale solar powered water purification technology: A case study of a remote Mexican community application. *Desalination*. 2015. vol. 375. pp. 71-80. doi: 10.1016/j.desal.2015.08.001

Information about authors

Nahla Babiker Hussien lecturer, food processing engineering department, Faculty of Engineering and Technical Studies, University of El Imam El Mahdi, Kosti, P. O. box 209 Sudan, eng.nahla87@gmail.com

Abdel Moneim Osman A. Babikr Dr. associate professor, food processing engineering department, Faculty of Engineering and Technical Studies, University of El Imam El Mahdi, Kosti, P. O. box 209 Sudan, moneimosman4@gmail.com

Mortada H.A. Elhesain Dr., associate professor, food processing engineering department, Faculty of Engineering, University of El Imam El Mahdi, Kosti, P. O. box 209 Sudan, morta27666@gmail.com

Yasir A. Mohamed Dr. professor, chemical engineering department, Faculty of Engineering & Technical Studies, University of El Imam El Mahdi, Kosti, P. O. box 209 Sudan, yasir13000@yahoo.com

Contribution

Nahla Babiker Hussien corrected the manuscript, improved the results discussion and put in the format required by the Journal before filing in editing.

Abdel Moneim Osman A. Babikr review of the literature on the investigated problem, conducted the experiments, performed the characterizations and measurements, and wrote the manuscript

Mortada H.A. Elhesain corrected the manuscript, improved the results discussion and put in the format required by the Journal before filing in editing and is responsible for plagiarism.

Yasir A. Mohamed proposed a scheme of the experiments and organized production trials, corrected the manuscript, improved the results discussion and put in the format required by the Journal before filing in editing and is responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 7.15.2021

Accepted 8.31.2021

Оценка бактериального состава сметаны с помощью высокопроизводительного секвенирования

Екатерина Ю. Нестерова	^{1, 2}	katya.nesterova.1997@mail.ru	 0000-0003-0918-3547
Михаил Ю. Сыромятников	^{1, 2}	mihan.vrn@mail.ru	 0000-0001-9028-0613
Василий Н. Попов	^{1, 2}	pvu@vsuet.ru	 0000-0003-1294-8686

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

² Воронежский государственный университет, Университетская пл., 1, г. Воронеж, 394018, Россия

Аннотация. Молочнокислые бактерии активно применяются в качестве заквасок для различных продуктов питания, и, в том числе, при производстве молочной продукции. От качества закваски зачастую зависит качество конечного продукта. Сметана является традиционным продуктом для многих стран. Её изготовление основывается на ферментации сливок при добавлении определенных видов заквасочных культур, относящихся к таким родам, как *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Pediococcus* и *Enterococcus*. С помощью метода высокопроизводительного секвенирования были исследованы бактериальные составы образцов сметаны различных производителей доступные на российском рынке. Секвенирование проводилось на секвенаторе Illumina MiSeq. Учитывались бактериальные таксоны, чье процентное соотношение превышало 1% относительно всех идентифицированных микроорганизмов в образце. В результате анализа полученных данных было установлено, что доминирующими бактериями во всех образцах 20%-ой сметаны оказались представители родов *Streptococcus* и *Lactococcus*. Образцы №3 и №10 содержали *Lactocaseibacillus*. Их процентное содержание в данных образцах не превышало 2%. В образце сметаны №1 были выявлены представители рода *Enterococcus* (3% от общего числа бактерий, обнаруженных в образце). Видовой анализ микробного сообщества исследованных образцов с помощью системы Nucleotide BLAST позволил определить, что в качестве заквасочных культур производителями использовались *Lactococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactocaseibacillus rhamnosus* (сметана под номерами 3 и 10) и *Enterococcus faecium* (сметана №1). Данные бактерии традиционно используются при производстве кисломолочной продукции за счёт способности формировать специфические вкусы, ароматы и текстуры в процессе ферментации.

Ключевые слова: молочнокислые бактерии, ферментирование, микробное сообщество, высокопроизводительное секвенирование, сметана

Evaluation of the bacterial composition of sour cream using high-throughput sequencing

Ekaterina Yu. Nesterova	^{1, 2}	katya.nesterova.1997@mail.ru	 0000-0003-0918-3547
Mikhail Yu. Syromyatnikov	^{1, 2}	mihan.vrn@mail.ru	 0000-0001-9028-0613
Vasily N. Popov	^{1, 2}	pvu@vsuet.ru	 0000-0003-1294-8686

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

² Voronezh State University, Universitetskaya sq., 1, Voronezh, 394018, Russia

Abstract. Lactic acid bacteria are actively used as starter cultures for various food products, including dairy products. The quality of the final product often depends on the quality of the starter culture. Sour cream is a traditional product in many countries. Its production is based on the fermentation of cream with the addition of certain types of starter cultures belonging to the genera *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Pediococcus* and *Enterococcus*. Using the method of high-throughput sequencing, the bacterial compositions of sour cream samples from various manufacturers available on the Russian market were investigated. Sequencing was performed on an Illumina MiSeq platform. Bacterial taxa were taken into account, whose percentage exceeded 1% relative to all identified microorganisms in the sample. As a result of the analysis, it was found that the dominant bacteria in all samples of 20% sour cream were representatives of the genera *Streptococcus* and *Lactococcus*. Samples No. 3 and No. 10 contained *Lactocaseibacillus*. Their percentage in these samples did not exceed 2%. In sour cream sample No. 1, representatives of the genus *Enterococcus* were identified (3% of the total number of bacteria found in the sample). Species analysis of the microbial community of the studied samples using the Nucleotide BLAST system made it possible to determine that *Lactococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactocaseibacillus rhamnosus* (sour cream numbers 3 and 10) and *Enterococcus faecium* are probably used as starter cultures. These bacteria are traditionally used in the production of fermented dairy products due to the ability to form specific tastes, aromas and textures during fermentation.

Keywords: lactic acid bacteria, fermentation, microbial community, high-throughput sequencing, sour cream

Введение

Сметана – кисломолочный продукт, изготавливаемый на основе сливок и стартовых культур молочнокислых бактерий [1]. Это традиционный продукт во многих странах, который ценится за свои вкусовые характеристики и состав, насыщенный питательными веществами [2]. Многочисленные исследования показали положительное влияние молочнокислых продуктов на здоровье человека, как за счёт самих бактерий, входящих в состав,

так и за счёт биоактивных элементов, выделяемых в процессе ферментации [3–5]. Было доказано положительно влияние молочнокислых бактерий на состояние желудочно-кишечного тракта человека [6].

В качестве основных микроорганизмов, применяемых при производстве ферментированных молочных продуктов, в том числе и сметаны, используются бактерии родов *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Pediococcus* и *Enterococcus* [7]. Для того чтобы

Для цитирования

Нестерова Е.Ю., Сыромятников М.Ю., Попов В.Н. Оценка бактериального состава сметаны с помощью высокопроизводительного секвенирования // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 129–134. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-129-134

For citation

Nesterova E.Yu., Syromyatnikov M.Yu., Popov V.N. Evaluation of the bacterial composition of sour cream using high-throughput sequencing. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 129–134. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-129-134

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

определить бактериальный состав молочнокислой продукции, сегодня используются не только классические методы, основанные на культивировании на питательных средах [8, 9], но и современные быстрые и точные методики, к которым относится высокопроизводительное секвенирование. Эта методика значительно облегчила изучение сложной микробиоты продуктов питания [10].

Работы, посвященные изучению микробиологического состава сметаны, не многочисленны. Как правило, это комплексные исследования микробных сообществ в различных кисломолочных продуктах, динамики их состава в процессе ферментации [11–13]. Так, например, в 2018 китайские исследователи анализировали традиционные сметану и масло, изготавливаемые коренными жителями Бурятии, на основе комбинации методик секвенирования SMRT и масс-спектрометрии [14].

В связи с этим, цель нашей работы заключалась в проведении анализа бактериального состава коммерчески доступной сметаны на основе высокопроизводительного секвенирования.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования было использовано 12 образцов 20%-ой сметаны различных производителей, доступных на территории Российской Федерации. Для выделения ДНК был использован коммерческий набор FastDNA™ Spin Kit (MP Biomedicals, США).

Изготовление библиотек осуществлялось на основе ПЦР с использованием универсальных праймеров [15, 16] к области V4 гена 16S рРНК на основе методики, описанной ранее [17]. Нуклеотидные последовательности праймеров указаны в таблице 1.

Таблица 1.

Универсальные бактериальные праймеры для проведения секвенирования

Table 1.

Universal bacterial sequencing primers

Праймер Primer	Нуклеотидная последовательность Nucleotide sequence
515F	5'-GTGBCAGCMGCCGCGGTAA-3'
Pro-mod-805R	5'-GACTACNVGGGTMTCTAATCC-3'

На каждый из 12 образцов приходилось по две библиотеки, секвенирование которых осуществлялось параллельно, с использованием набора реагентов MiSeq Reagent Micro Kit v2 (300 циклов) MS-103–1002 (Illumina, США)

на секвенаторе MiSeq (Illumina, США), считывающим 150 п.н. с каждого конца.

Биоинформатический анализ данных, полученных в результате секвенирования, позволил выяснить распределение последовательностей по рабочим таксономическим единицам (OTU) на основе их сходства, которое составляло более 97%. Идентификация OTU осуществлялась на основе программы SILVAngs 1.3 [18].

Результаты и обсуждение

Высокопроизводительное секвенирование позволило выявить данные о фактическом бактериальном составе всех анализируемых образцов. В работе были учтены только те таксоны бактерий, чье процентное соотношение превышало 1% от общего числа идентифицированных бактерий. Результаты анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Идентифицированные роды бактерий в образцах сметаны

Table 2.

Identified genera of bacteria in sour cream samples

Образец сметаны Sour cream sample	Выявленный состав Revealed composition	Процентное содержание в образце Percentage in the sample
1	<i>Streptococcus</i>	97%
	<i>Enterococcus</i>	3%
2	<i>Streptococcus</i>	80%
	<i>Lactococcus</i>	19%
3	<i>Streptococcus</i>	95%
	<i>Lactococcus</i>	3%
	<i>Lactocaseibacillus</i>	2%
4	<i>Streptococcus</i>	83%
	<i>Lactococcus</i>	17%
5	<i>Streptococcus</i>	38%
	<i>Lactococcus</i>	61%
6	<i>Streptococcus</i>	56%
	<i>Lactococcus</i>	44%
7	<i>Streptococcus</i>	85%
	<i>Lactococcus</i>	14%
8	<i>Streptococcus</i>	100%
9	<i>Streptococcus</i>	53%
	<i>Lactococcus</i>	46%
10	<i>Streptococcus</i>	70%
	<i>Lactococcus</i>	28%
	<i>Lactocaseibacillus</i>	2%
11	<i>Streptococcus</i>	85%
	<i>Lactococcus</i>	15%
12	<i>Streptococcus</i>	78%
	<i>Lactococcus</i>	22%

По результатам анализа было установлено, что все 12 образцов сметаны содержали в своём составе бактерии рода *Streptococcus*. Их процентное соотношение варьировало от 38% (образец № 5) до 100% (образец № 8). В 9 из 12 образцов доминировали бактерии *Streptococcus*. Их содержание превышало 70%. Это образцы под номерами 1–4, 7, 8, 10–12. Необходимо отметить, что образец сметаны № 8 определился как однокомпонентный продукт, т. е. в его составе были обнаружены только представители рода *Streptococcus* (рисунок 1).

На втором месте по встречаемости в исследованной продукции располагались представители рода *Lactococcus*. 83% исследованных образцов включали в состав представителей данного рода. Так, например, в сметане под номерами 5, 6 и 9 содержание *Lactococcus* составляло 61%, 44% и 46% соответственно. Процентное соотношение бактерий *Lactococcus* в остальных образцах не превышало 28%.

Образцы № 3 и № 10 характеризовались трехкомпонентным составом. В данной сметане помимо *Streptococcus* и *Lactococcus*, было выявлено наличие представителей рода *Lactocaseibacillus*, чьё содержание в обоих образцах составило 2%. На рисунке 2 изображено процентное соотношение бактерий в составе сметаны № 3.

Образец сметаны под номером 1 отличался от остальных образцов наличием в составе помимо *Streptococcus* бактерий рода *Enterococcus* (3%) (рисунок 3).

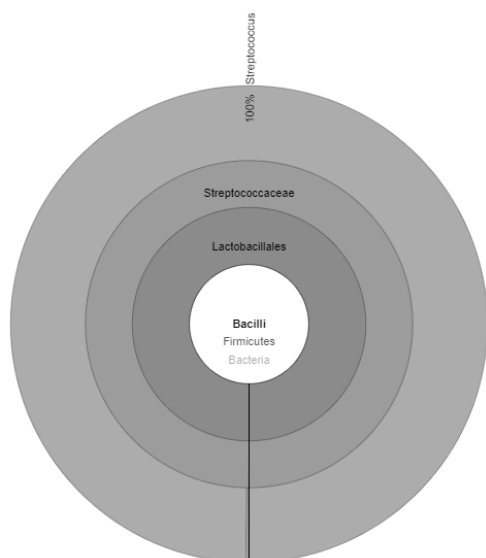


Рисунок 1. Процентное содержание бактерий в образце сметаны № 8

Figure 1. The percentage of bacteria in sour cream sample No. 8

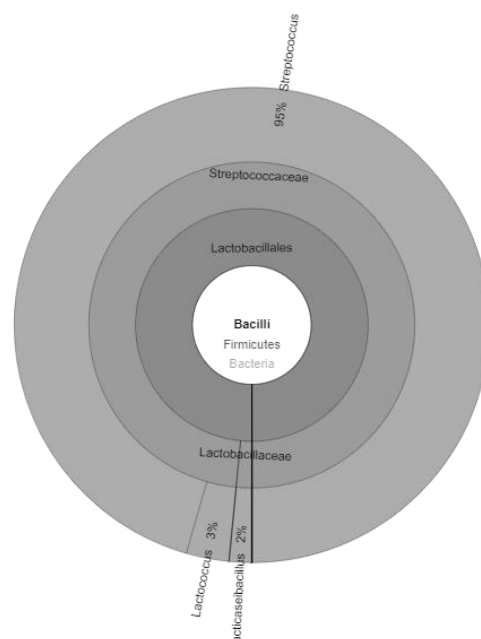


Рисунок 2. Процентное содержание бактерий в образце сметаны № 3

Figure 2. The percentage of bacteria in sour cream sample No. 3

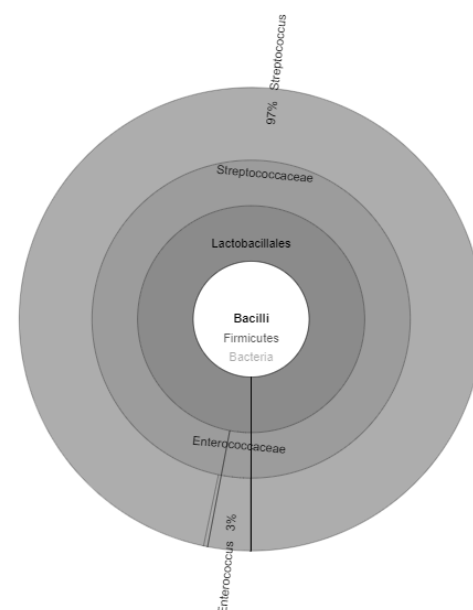


Рисунок 3. Процентное содержание бактерий в образце сметаны № 1

Figure 3. The percentage of bacteria in sour cream sample No. 1

Следующий этап исследования заключался в определении видовой принадлежности обнаруженных микроорганизмов. Нуклеотидные последовательности, полученные в результате секвенирования, были проанализированы с помощью системы Nucleotide BLAST. Такой анализ строится на сопоставлении нуклеотидных последовательностей с последовательностями, ранее занесенными в международную базу данных (таблица 3).

Таблица 3.
Видовая принадлежность обнаруженных
бактерий в образцах сметаны

Table 3.
Species of bacteria detected in sour cream
samples

Образец сметаны Sour cream sample	Вид Species	Совпадение в GenBank, % Compliance with GenBank, %
1	<i>Enterococcus faecium</i>	100,00
	<i>Streptococcus thermophilus</i>	99,26
2	<i>Lactococcus lactis</i>	100,00
	<i>Streptococcus thermophilus</i>	99,58
3	<i>Streptococcus thermophilus</i>	99,25
	<i>Lactococcus lactis</i>	98,80
	<i>Lacticaseibacillus rhamnosus</i>	98,41
4	<i>Streptococcus thermophilus</i>	98,40
	<i>Lactococcus lactis</i>	100,00
5	<i>Streptococcus thermophilus</i>	98,74
	<i>Lactococcus lactis</i>	100,00
6	<i>Streptococcus thermophilus</i>	98,80
	<i>Lactococcus lactis</i>	99,60
7	<i>Streptococcus thermophilus</i>	98,80
	<i>Lactococcus lactis</i>	99,60
8	<i>Streptococcus thermophilus</i>	98,40
9	<i>Streptococcus thermophilus</i>	98,80
	<i>Lactococcus lactis</i>	100,00
10	<i>Lactococcus lactis</i>	98,80
	<i>Streptococcus thermophilus</i>	98,00
	<i>Lacticaseibacillus rhamnosus</i>	98,01
11	<i>Lactococcus lactis</i>	99,20
	<i>Streptococcus thermophilus</i>	97,80
12	<i>Lactococcus lactis</i>	100,00
	<i>Streptococcus thermophilus</i>	98,80

Было установлено, что в состав заквасочных культур входили *Lactococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lacticaseibacillus rhamnosus* (для образцов № 3 и № 10) и

Enterococcus faecium (для образца № 1). Все бактерии, идентифицированные в образцах сметаны, входили в состав культур молочнокислых бактерий, используемых при производстве кисломолочной продукции. Так, *Lactococcus lactis* активно применяется в ферментации за счёт высокой метаболической стабильности и способности образовывать кислоты в молоке, тем самым влияя на вкусовые характеристики конечного продукта [19]. Одной из коммерчески важнейших заквасочных культур является *Streptococcus thermophilus*. Эти бактерии участвуют в метаболизме белков и сахаров, а также формировании ароматов [20]. Использование в производстве *Lacticaseibacillus rhamnosus* связано с его пробиотическими свойствами и со способностью подавлять рост и развитие плесени в готовой молочной продукции [21]. Бактерии *Enterococcus faecium* обладают протео-, эстери- и липолитической активностью, что обеспечивает формирование специфических текстурных, ароматических и вкусовых характеристик [22].

Заключение

В ходе проведения высокопроизводительного секвенирования 12 образцов сметаны было выяснено, что доминирующим компонентами микробных сообществ каждого из них являлись бактерии двух родов – *Streptococcus* и *Lactococcus*. Бактерии рода *Streptococcus* встречались во всех образцах сметаны. Что касается рода *Lactococcus*, 11 из 12 образцов сметаны содержали в своём составе представителей данного таксона. Процентное соотношение *Lactococcus* относительно других компонентов в образцах не превышало 28%. Сметана под номерами 3 и 10 помимо представителей вышеуказанных родов содержала *Lacticaseibacillus* (по 2% для каждого из образцов). В сметане № 1 по результатам анализа 3% приходилось на представителей рода *Enterococcus*.

Полученные результаты свидетельствуют о наличии в бактериальном составе исследованных образцов сметаны представителей культур молочнокислых бактерий, традиционно используемых в качестве заквасок при производстве кисломолочной продукции. Составы были представлены *Lactococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lacticaseibacillus rhamnosus* и *Enterococcus faecium*.

Литература

- 1 Danylenko S.G., Bodnarchuk O.V., Ryzhkova T.M. 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. P. 359–368. doi: 10.17306/J.AFS.0836
- 2 Yu J., Wang H.M., Zha M.S. et al. Molecular identification and quantification of lactic acid bacteria in traditional fermented dairy foods of Russia // Journal of Dairy Science. 2015. V. 98. P. 5143–5154. doi: 10.3168/jds.2015–9460

- 3 Mathur H., Beresford T.P., Cotter P.D. Health Benefits of Lactic Acid Bacteria (LAB) Fermentates // *Nutrients*. 2020. V. 12. P. 1679. doi: 10.3390/nu12061679
- 4 Linares D.M., Gómez C., Renes E. et al. Lactic Acid Bacteria and Bifidobacteria with Potential to Design Natural Biofunctional Health-Promoting Dairy Foods // *Frontiers in Microbiology*. 2017. V. 8. P. 846. doi: 10.3389/fmicb.2017.00846
- 5 Arqués J.L., Rodríguez E., Langa S. et al. Antimicrobial activity of lactic acid bacteria in dairy products and gut: effect on pathogens // *BioMed Research International*. 2015. V. 2015. P. 584183. doi: 10.1155/2015/584183
- 6 Marco M.L., Heeney D., Binda S. et al. Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond // *Current Opinion in Biotechnology*. 2017. V. 44. P. 94–102. doi: 10.1016/j.copbio.2016.11.010
- 7 Hayek S., Gyawali R., Aljaloud S. et al. Cultivation media for lactic acid bacteria used in dairy products // *Journal of Dairy Research*. 2019. V. 86. P. 490–502. doi: 10.1017/S002202991900075X
- 8 Elionora Hantsis-Zacharov M.H. Culturable psychrotrophic bacterial communities in raw milk and their proteolytic and lipolytic traits. *Applied and Environmental Microbiology*. 2007. V. 73. P. 7162–7168. doi: 10.1128/AEM.00866–07
- 9 Duniere L., Xu S., Long J. et al. Bacterial and fungal core microbiomes associated with small grain silages during ensiling and aerobic spoilage // *BMC Microbiology*. 2017. V. 17. P. 50. doi: 10.1186/s12866–017–0947–0
- 10 Luzzi G., Brinks E., Fritsche J. et al. Microbial composition of sweetness-enhanced yoghurt during fermentation and storage // *AMB Express*. 2020. V. 10. P. 131. doi: 10.1186/s13568–020–01069–5
- 11 Zamfir M., Vancanneyt M., Makras L. et al. Biodiversity of lactic acid bacteria in Romanian dairy products // *Systematic and Applied Microbiology*. 2006. V. 29. P. 487–95. doi: 10.1016/j.syapm.2005.10.002
- 12 Terzić-Vidojević A., Veljović K., Tolinački M. et al. Diversity of non-starter lactic acid bacteria in autochthonous dairy products from Western Balkan Countries – Technological and probiotic properties // *Food Research International*. 2020. V. 136. P. 109494. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109494
- 13 Xu W.L., Li C.D., Guo Y.S. et al. A snapshot study of the microbial community dynamics in naturally fermented cow's milk // *Food Science & Nutrition*. 2021. V. 9. P. 2053–2065. doi: 10.1002/fsn3.2174
- 14 Yu J., Mo L., Pan L. et al. Bacterial Microbiota and Metabolic Character of Traditional Sour Cream and Butter in Buryatia, Russia // *Frontiers in Microbiology*. 2018. V. 9. P. 2496. doi: 10.3389/fmicb.2018.02496
- 15 Fadrosch D.W., Gajer B.M.P., Sengamalay N. et al. An improved dual-indexing approach for multiplexed 16S rRNA gene sequencing on the Illumine MiSeq platform // *Microbiome*. 2014. V. 2. P. 6. doi: 10.1186/2049–2618–2–6
- 16 Hugerth L.W., Wefer H.A., Lundin S. et al. Dege Prime, a program for degenerate primer design for broad-taxonomic-range PCR in microbial ecology studies // *Applied and Environmental Microbiology*. 2014. V. 80. P. 5116–5123. doi: 10.1128/AEM.01403–14
- 17 Merkel A.Y., Tarnovetskii I.Y., Podosokorskaya O.A. et al. Analysis of 16S rRNA primer systems for profiling of thermophilic microbial communities // *Microbiology*. 2019. V. 88. P. 671–680. doi: 10.1134/S0026261719060110
- 18 Quast C., Pruesse E., Yilmaz P. et al. The SILVA ribosomal RNA gene database project: improved data processing and web-based tools // *Nucleic Acids Research*. 2013. V. 41. P. D590–D596. doi: 10.1093/nar/gks1219
- 19 Bintsis T. Lactic acid bacteria as starter cultures: An update in their metabolism and genetics // *AIMS Microbiology*. 2018. V. 4. P. 665–684. doi: 10.3934/microbiol.2018.4.665
- 20 Tidona F., Francolino S., Ghiglietti R. et al. Characterization and pre-industrial validation of *Streptococcus thermophilus* strains to be used as starter cultures for Crescenza, an Italian soft cheese // *Food Microbiology*. 2020. V. 92. P. 103599. doi: 10.1016/j.fm.2020.103599
- 21 Siedler S., Rau M.H., Bidstrup S. et al. Competitive exclusion is a major bioprotective mechanism of *Lactobacilli* against fungal spoilage in fermented milk products // *Applied and Environmental Microbiology*. 2020. V. 86. P. e02312–19. doi: 10.1128/AEM.02312–19
- 22 Ben Braïek O., Smaoui S. Enterococci: Between Emerging Pathogens and Potential Probiotics // *BioMed Research International*. 2019. V. 2019. P. 5938210. doi: 10.1155/2019/5938210

References

- 1 Danylenko S.G., Bodnarchuk O.V., Ryzhkova T.M. 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. pp. 359–368. doi: 10.17306/J.AFS.0836
- 2 Yu J., Wang H.M., Zha M.S. et al. Molecular identification and quantification of lactic acid bacteria in traditional fermented dairy foods of Russia. *Journal of Dairy Science*. 2015. vol. 98. pp. 5143–5154. doi: 10.3168/jds.2015–9460
- 3 Mathur H., Beresford T.P., Cotter P.D. Health Benefits of Lactic Acid Bacteria (LAB) Fermentates. *Nutrients*. 2020. vol. 12. pp. 1679. doi: 10.3390/nu12061679
- 4 Linares D.M., Gómez C., Renes E. et al. Lactic Acid Bacteria and Bifidobacteria with Potential to Design Natural Biofunctional Health-Promoting Dairy Foods. *Frontiers in Microbiology*. 2017. vol. 8. pp. 846. doi: 10.3389/fmicb.2017.00846
- 5 Arqués J.L., Rodríguez E., Langa S. et al. Antimicrobial activity of lactic acid bacteria in dairy products and gut: effect on pathogens. *BioMed Research International*. 2015. vol. 2015. pp. 584183. doi: 10.1155/2015/584183
- 6 Marco M.L., Heeney D., Binda S. et al. Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond. *Current Opinion in Biotechnology*. 2017. vol. 44. pp. 94–102. doi: 10.1016/j.copbio.2016.11.010
- 7 Hayek S., Gyawali R., Aljaloud S. et al. Cultivation media for lactic acid bacteria used in dairy products. *Journal of Dairy Research*. 2019. vol. 86. pp. 490–502. doi: 10.1017/S002202991900075X
- 8 Elionora Hantsis-Zacharov M.H. Culturable psychrotrophic bacterial communities in raw milk and their proteolytic and lipolytic traits. *Applied and Environmental Microbiology*. 2007. vol. 73. pp. 7162–7168. doi: 10.1128/AEM.00866–07
- 9 Duniere L., Xu S., Long J. et al. Bacterial and fungal core microbiomes associated with small grain silages during ensiling and aerobic spoilage. *BMC Microbiology*. 2017. vol. 17. pp. 50. doi: 10.1186/s12866–017–0947–0
- 10 Luzzi G., Brinks E., Fritsche J. et al. Microbial composition of sweetness-enhanced yoghurt during fermentation and storage. *AMB Express*. 2020. vol. 10. pp. 131. doi: 10.1186/s13568–020–01069–5

- 11 Zamfir M., Vancanneyt M., Makras L. et al. Biodiversity of lactic acid bacteria in Romanian dairy products. *Systematic and Applied Microbiology*. 2006. vol. 29. pp. 487–95. doi: 10.1016/j.syapm.2005.10.002
- 12 Terzić-Vidojević A., Veljović K., Tolinački M. et al. Diversity of non-starter lactic acid bacteria in autochthonous dairy products from Western Balkan Countries – Technological and probiotic properties. *Food Research International*. 2020. vol. 136. pp. 109494. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109494
- 13 Xu W.L., Li C.D., Guo Y.S. et al. A snapshot study of the microbial community dynamics in naturally fermented cow's milk. *Food Science & Nutrition*. 2021. vol. 9. pp. 2053–2065. doi: 10.1002/fsn3.2174
- 14 Yu J., Mo L., Pan L. et al. Bacterial Microbiota and Metabolic Character of Traditional Sour Cream and Butter in Buryatia, Russia. *Frontiers in Microbiology*. 2018. vol. 9. pp. 2496. doi: 10.3389/fmicb.2018.02496
- 15 Fadrosch D.W., Gajer B.M.P., Sengamalay N. et al. An improved dual-indexing approach for multiplexed 16S rRNA gene sequencing on the Illumine MiSeq platform. *Microbiome*. 2014. vol. 2. pp. 6. doi: 10.1186/2049–2618–2–6
- 16 Hugerth L.W., Wefer H.A., Lundin S. et al. Dege Prime, a program for degenerate primer design for broad-taxonomic-range PCR in microbial ecology studies. *Applied and Environmental Microbiology*. 2014. vol. 80. pp. 5116–5123. doi: 10.1128/AEM.01403–14
- 17 Merkel A.Y., Tarnovetskii I.Y., Podosokorskaya O.A. et al. Analysis of 16S rRNA primer systems for profiling of thermophilic microbial communities. *Microbiology*. 2019. vol. 88. pp. 671–680. doi: 10.1134/S0026261719060110
- 18 Quast C., Pruesse E., Yilmaz P. et al. The SILVA ribosomal RNA gene database project: improved data processing and web-based tools. *Nucleic Acids Research*. 2013. vol. 41. pp. D590–D596. doi: 10.1093/nar/gks1219
- 19 Bintsis T. Lactic acid bacteria as starter cultures: An update in their metabolism and genetics. *AIMS Microbiology*. 2018. vol. 4. pp. 665–684. doi: 10.3934/microbiol.2018.4.665
- 20 Tidona F., Francolino S., Ghiglietti R. et al. Characterization and pre-industrial validation of *Streptococcus thermophilus* strains to be used as starter cultures for Crescenza, an Italian soft cheese. *Food Microbiology*. 2020. vol. 92. pp. 103599. doi: 10.1016/j.fm.2020.103599
- 21 Siedler S., Rau M.H., Bidstrup S. et al. Competitive exclusion is a major bioprotective mechanism of *Lactobacilli* against fungal spoilage in fermented milk products. *Applied and Environmental Microbiology*. 2020. vol. 86. pp. e02312–19. doi: 10.1128/AEM.02312–19
- 22 Ben Braïek O., Smaoui S. Enterococci: Between Emerging Pathogens and Potential Probiotics. *BioMed Research International*. 2019. vol. 2019. pp. 5938210. doi: 10.1155/2019/5938210

Сведения об авторах

Екатерина Ю. Нестерова м.н.с., лаборатория метагеномики и пищевых биотехнологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, katty.nesterova.1997@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0918-3547>

Михаил Ю. Сыромятников к.б.н., в.н.с., доцент, лаборатория метагеномики и пищевых биотехнологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, mihaan.vrn@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9028-0613>

Василий Н. Попов д.б.н., профессор, лаборатория метагеномики и пищевых биотехнологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, pvn@vsuet.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1294-8686>

Вклад авторов

Екатерина Ю. Нестерова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат
Михаил Ю. Сыромятников консультация в ходе исследования
Василий Н. Попов предложил методику проведения эксперимента и организовал производственные испытания

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Ekaterina Yu. Nesterova junior researcher, laboratory of metagenomics and food biotechnology, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, katty.nesterova.1997@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0918-3547>

Mikhail Yu. Syromyatnikov Cand. Sci. (Biol.), senior researcher, professor, laboratory of metagenomics and food biotechnology, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, mihaan.vrn@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9028-0613>

Vasily N. Popov Dr. Sci. (Biol.), professor, laboratory of metagenomics and food biotechnology, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, pvn@vsuet.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1294-8686>

Contribution

Ekaterina Yu. Nesterova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism
Mikhail Yu. Syromyatnikov consultation during the study
Vasily N. Popov proposed a scheme of the experiment and organized production trials

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 02/07/2021	После редакции 22/07/2021	Принята в печать 26/08/2021
Received 02/07/2021	Accepted in revised 22/07/2021	Accepted 26/08/2021

Разработка научно-обоснованной рецептуры и технологии обогащенных экструдированных продуктов

Наталья А. Грибова¹

natali-g@bk.ru

 0000-0002-8440-5325Людмила Г. Елисеева¹

eliseeva-reu@mail.ru

 0000-0003-2715-9989¹ Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36, г. Москва, 117997, Россия

Аннотация. Научные исследования посвящены обогащению сухих зерновых завтраков ягодным компонентом, полученные путем с помощью технологии осмотического обезвоживания и конвективной сушки. Сухими завтраками называют готовые к употреблению продукты специальной переработки зерен кукурузы, пшеницы и риса в виде хлопьев или воздушных зерен. Сухие зерновые завтраки представляют собой продукты, уже готовые к употреблению без дополнительной тепловой обработки. Традиционное их употребление с молоком, но также употребляют и со сливками, сметаной, с кисломолочной продукцией, с фруктовыми, овощными или ягодными соками, компотами, киселями, медом, вареньем. Сухие зерновые завтраки часто сочетают со свежими фруктами, ягодами или сухофруктами и орехами. Целью наших исследований являлось обогащение зерновых завтраков с высокой пищевой ценностью функциональным плодово-ягодным компонентом по структуре схожего с основными ингредиентами. Готовые зерновые обогащенные завтраки оценивались по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям. Усовершенствована рецептура обогащенных сухих зерновых завтраков, по органолептическим показателям выявлено, что наиболее предпочтительнее по вкусовым качествам и наиболее выраженному запаху явился зерновой завтрак с земляникой и черникой. По физико-химическим показателям установлено, что обогащенные сухие зерновые завтраки содержат биологически активные вещества, обогащены витамином С на 100%, больше всего его содержится в обогащенном завтраке с добавлением земляники (38,5 мг%/100 г), содержание кальция увеличилось до 30%, железа и калия до 10%, пищевые волокна в 2,8–3,1 раза, массовая доля сахарозы увеличилась незначительно до 0,2–0,7%, массовая доля влаги соответствует контрольному образцу, показатели активности воды ягодного компонента (0,329–0,339) относятся к продукту с низкой влажностью, что соответствует базовому компоненту, рекомендуемый срок хранения составил 12 месяцев.

Ключевые слова: ягодный компонент, хлопья кукурузные, хлопья пшеничные, осмо-обезвоженные ягоды, земляника, черника

Development of a scientifically-based formulation and technology of enriched cereal porridge

Natalya A. Gribova¹

natali-g@bk.ru

 0000-0002-8440-5325Lyudmila G. Eliseeva¹

eliseeva-reu@mail.ru

 0000-0003-2715-9989¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. Scientific research is devoted to the enrichment of dry breakfast cereals with a berry component obtained by osmotic dehydration and convective drying technology. Breakfast cereals are called ready-to-eat products of special processing of corn, wheat and rice grains in the form of flakes or air grains. Dry cereal breakfasts are products that are already ready for use without additional heat treatment. Their traditional use is with milk, but they are also used with cream, sour cream, fermented milk products, fruit, vegetable or berry juices, compotes, jelly, honey, jam. Dry cereal breakfasts are often combined with fresh fruits, berries or dried fruits and nuts. The aim of our research was to enrich breakfast cereals with high nutritional value with a functional fruit and berry component similar in structure to the main ingredients. Ready-made grain enriched breakfasts were evaluated according to organoleptic, physico-chemical and microbiological indicators. The formulation of enriched dry cereal breakfasts has been improved, according to organoleptic indicators, it was revealed that the grain breakfast with strawberries and blueberries was the most preferable in terms of taste and the most pronounced smell. According to physico-chemical indicators, it was found that enriched dry cereal breakfasts contain biologically active substances, enriched with vitamin C by 100%, most of it is contained in an enriched breakfast with the addition of strawberries (38.5 mg%/100 g), the calcium content increased to 30%, iron and potassium to 10%, dietary fiber by 2.8–3.1 times, the mass fraction of sucrose increased slightly to 0.2–0.7%, the mass fraction of moisture corresponds to the control sample, the water activity indicators of the berry component (0.329–0.339) refers to a product with low humidity, which corresponds to the base component, the recommended shelf life was 12 months.

Keywords: berry component, corn flakes, wheat flakes, osmo-dehydrated berries, strawberries, blueberries

Введение

На сегодняшний день как у взрослого контингента, так и у детей большой популярностью в сфере общественного питания и в домашних условиях пользуются зерновые сухие завтраки не требующие варки «Мюсли», «Гранола» за счет быстрого приготовления и высокой питательной ценностью. Их часто сочетают со свежими фруктами, ягодами или сухофруктами.

Сухие зерновые завтраки представляют собой продукты, уже готовые к употреблению без дополнительной тепловой обработки [1–8]. Традиционное их употребление с молоком, но также употребляют и со сливками, сметаной, с кисломолочной продукцией, с фруктовыми, овощными или ягодными соками, компотами, киселями, медом, вареньем. Сухими завтраками называют готовые к употреблению продукты специальной переработки зерен кукурузы, пшеницы и риса в виде хлопьев или воздушных зерен [1–4].

Для цитирования

Грибова Н.А., Елисеева Л.Г. Разработка научно-обоснованной рецептуры и технологии обогащенных экструдированных продуктов // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 135–140. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-135-140

For citation

Gribova N.A., Eliseeva L.G. Development of a scientifically-based formulation and technology of enriched cereal porridge. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 135–140. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-135-140

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

Ингредиентами сухих завтраков могут являться различные злаки в виде кукурузных, пшеничных, овсяных, ячменных, гречневых хлопьев, воздушной пшеницы и риса как в отдельности или в комбинации [3–5]. Благодаря наличию во всех этих изделиях белков, витаминов, жиров и минеральных веществ они считаются весьма ценными в пищевом отношении продуктами, а способ их приготовления облегчает усваивание, что дает возможность использовать данные продукты переработки зерна для диетического и детского питания [6–8].

Их часто сочетают со свежими фруктами, ягодами или сухофруктами, целью наших исследований являлось обогащение зерновых завтраков (каши) функциональным плодово-ягодным компонентом с высокой пищевой ценностью по структуре схожего с основными ингредиентами [9–12]. Для обогащения был взят ягодный компонент – осмо-обезвоженная сушеная черника и земляника садовая. Научные исследования показали, что осмо-обезвоженные ягоды имеют высокую пищевую ценность по сравнению с традиционной сушеной продукцией и с цукатами [14–21].

Материалы и методы

Объектами исследований явились осмо-обезвоженные сушеные ягоды черники и земляники садовой с низкой влажностью, хлопья кукурузные и пшеничные. Методами исследований явились усовершенствование рецептуры, технологической схемы, изучение органолептических свойств готового продукта, определение физико-химических, микробиологических показателей качества безопасности продукции.

Результаты и обсуждение

Нами была усовершенствована рецептура обогащенных сухих зерновых завтраков (таблица 1), контролем служил сухой зерновой завтрак с базовыми компонентами – кукурузные и пшеничные хлопья. Основными базовыми компонентами на 300 г. готового продукта являлись кукурузные (115 г.) и пшеничные глазированные хлопья (125 г.) в сочетании с осмо-обезвоженными сушеными ягодами с низкой влажностью: первая рецептура обогащена черникой (60 г.), вторая земляникой садовой (кубик 60 г.), а третья черникой (30 г.) и земляникой садовой (кубик 30 г.).

Таблица 1.

Усовершенствованная рецептура обогащенных сухих зерновых завтраков

Table 1.

Improved formulation of enriched cereal breakfast cereals

Наименование сырья Name of raw materials	Контроль Control	Моделируемые компоненты рецептуры Simulated components of the formulation		
		№ 1	№ 2	№ 3
Хлопья кукурузные, г Corn flakes, g	140	115	115	115
Хлопья пшеничные, г Wheat flakes, g	160	125	125	125
Осмо-обезвоженная сушеная черника с низкой влажностью, г Osmo-dehydrated dried blueberries with low humidity, g	–	60	–	30
Осмо-обезвоженная сушеная земляника садовая с низкой влажностью, г Osmo-dehydrated dried strawberries with low humidity, g	–	–	60	30
Итого, г This, g	300	300	300	300

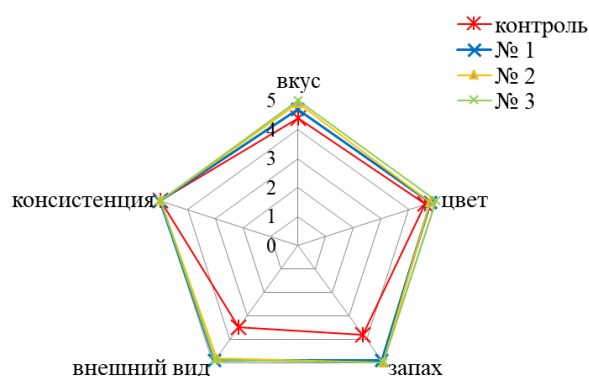


Рисунок 1. Органолептическая оценка обогащенных зерновых завтраков

Figure 1. Organoleptic evaluation of fortified cereal breakfasts

Готовые обогащенные зерновые завтраки оценивались по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям качества.

По органолептическим показателям установлено, что наиболее предпочтительнее по вкусовым качествам и наиболее выраженному запаху явился зерновой завтрак с земляникой и черникой, максимальная балльная оценка составила 5,0 баллов (рисунок 1).

Результаты исследований физико-химических показателей (таблица 2) свидетельствуют, что обогащенные сухие зерновые завтраки содержат биологически активные вещества, обогащены витамином С на 100%, больше всего его содержится в обогащенном

завтраке с добавлением земляники (38,5 мг%), содержание кальция увеличилось до 30%, железа и калия до 10%, пищевые волокна в 2,8–3,1 раза, массовая доля сахарозы увеличилась незначительно до 0,2–0,7%, массовая доля влаги соответствует контрольному образцу. По результатам показателя активности воды ягодный компонент (0,329–0,339) относится к продукту с низкой влажностью, что соответствует базовому компоненту.

Сухие обогащенные зерновые завтраки удовлетворяют суточную потребность (таблица 3) в белках на 8,6%, жирах на 1,2%, углеводах на 32,6%, калорийности на 18,3%.

Удовлетворение суточной потребности в витамине С сухие зерновые завтраки с черникой восполняют на 8,8%, с земляникой садовой на 64,1% и с черникой и земляникой садовой на 44,6%, калием примерно до 8%, кальцием до 10%, железом до 40%.

Таблица 2.

Физико-химический состав сухих обогащенных зерновых завтраков

Table 2.

Physico-chemical composition of dry enriched cereal breakfasts

Показатели Indicators	Сухие зерновые завтраки Dry cereal breakfasts			
	контроль control	№ 1	№ 2	№ 3
Белки, г Proteins, g	6,54	6,54	6,55	6,56
Жиры, г Fats, g	0,71	0,71	0,72	0,72
Углеводы, г Carbohydrates, g	68,32	68,51	68,84	69,01
Энергетическая ценность, ккал/кДж Energy value, kcal/kJ	306/1281	307/1286	308/1230	309/1294
Массовая доля сахарозы, % Mass fraction of sucrose, %	28,46	28,93	28,62	29,13
Массовая доля влаги, % Mass fraction of moisture, %	4,71	4,83	4,87	4,92
Массовая доля мелочи, % Mass fraction of change, %	0,15	0,08	0,09	0,09
Пищевые волокна, г Dietary fiber, g	1,72	4,78	5,36	5,02
Активность воды Water activity	0,321	0,337	0,329	0,339
Витамин С, мг Vitamin C, mg	–	5,29	38,46	26,73
К, мг K, mg	254,12	269,31	280,57	275,46
Ca, мг Ca, mg	65,77	74,25	93,75	86,21
Fe, мг Fe, mg	4,85	5,12	5,39	5,27

Таблица 3.

Химический состав обогащенных сухих зерновых завтраков с физиологической потребностью

Table 3.

The chemical composition of enriched cereal cereals with physiological needs

Показатели Indicators	Содержание в 100 г. Content in 100 g			Суточная потребность Daily requirement	Удовлетворение суточной потребности, % Satisfaction of daily needs, %
	№ 1	№ 2	№ 3		
Белки, г Proteins, g	6,54	6,55	6,56	76	8,6
Жиры, г Fats, g	0,71	0,72	0,72	60	1,2
Углеводы, г Carbohydrates, g	68,51	68,84	69,01	211	32,6
Калорийность, ккал Caloric content, kcal	307	308	309	1684	18,3
Витамин С, мг% Vitamin C, mg%	5,29	38,46	26,73	60	8,8 / 64,1 / 44,6
К, мг% K, mg%	269,31	280,57	275,46	3500	7,8 / 8,0 / 7,9
Ca, мг% Ca, mg%	74,25	93,75	86,21	1000	7,4 / 9,4 / 8,6
Fe, мг% Fe, mg%	5,12	5,39	5,27	14	36,6 / 38,5 / 37,6

Вкус обогащенных сухих завтраков выраженный сладкий, свойственный поджаренным глазированным хлопьям и входящим в состав ягод для черники или земляники садовой, посторонний привкус не выявлен. Цвет соответствует данным видам входящих в их состав ингредиентов, запах хорошо выражен свойственным поджаренным хлопьям с ягодными компонентами, без постороннего. Внешний вид кукурузных и пшеничных хлопьев тонкий, разной формы, поджаренные, на поверхности

имеют сахарную глазурь и пузырчатые вздутия, форма ягод земляники садовой мелкий кубик, черники целые круглые. Консистенция хрустящая, плотная, пористая свойственная входящая в состав данным видам продуктов (таблица 4). Следовательно, органолептическая оценка обогащенных сухих зерновых завтраков соответствует требованиям ГОСТ Р 50365–95 «Завтраки сухие. Хлопья кукурузные и пшеничные. Общие технические условия».

Органолептическая оценка обогащенных сухих зерновых завтраков

Table 4.

Organoleptic evaluation of enriched cereal cereals

Показатели качества Quality indicators	Характеристика Characteristic	Соответствие с ГОСТ Р 50365–95 Respond GOST R 50365–95
Вкус Taste	Свойственный поджаренным хлопьям и входящим в состав ягод (черники, земляники садовой), сладкий, без постороннего привкуса. Characteristic of toasted flakes and berries included in the composition (blueberries, strawberries), sweet, without an extraneous taste.	Соответствует Respond
Цвет Color	Свойственный данному виду продукту кремово-желтый с ярко красными (для земляники садовой) или темно синими (для черники) включениями. Characteristic of this type of product is creamy yellow with bright red (for strawberries) or dark blue (for blueberries) inclusions.	
Запах Smell	Выраженный, свойственный поджаренным хлопьям с ягодными добавками, без постороннего запаха. Pronounced, characteristic of toasted flakes with berry additives, without foreign smell.	
Внешний вид Appearance	Тонкие, разной формы хлопья, поджаренные, на поверхности имеют пузырчатые вздутия, форма ягод мелкий кубик (земляника садовая), целые круглые (черника). Thin, differently shaped flakes, toasted, have bubbly blisters on the surface, the shape of berries is a small cube (strawberry garden), round (blueberries).	
Консистенция Consistency	Хрупкая, плотная, пористая свойственная входящая в состав данным видам продуктов. Brittle, dense, porous characteristic of these types of products.	

Таблица 5.

Микробиологические показатели безопасности обогащенных сухих зерновых завтраков в процессе хранения

Table 5.

Microbiological safety indicators of fortified cereal cereals during storage

Наименование показателя The name of the indicator		Требования TP TC 021/2011 Requirements TR CU 021/2011	Хранение, мес. Storage, month			
			0	6	12	18
КМАФАнМ, КОЕ/г QMAFAnM / g		не более $1 \cdot 10^4$ no more $1 \cdot 10^4$	не обнаружено not detected		следы footprints	$2 \cdot 10^1$
Масса продукта (г), в которой не допускается The mass of the product (g) in which it is not allowed	БГКП, коли-формы coliform bacteria	1,0	не обнаружено not detected			
Плесени, КОЕ/г, не более Mildew / g, no more		50	не обнаружено not detected			<10

Обогащенные сухие зерновые завтраки герметично упаковывали массой по 300 г. в полиэтиленовые пакеты, и хранили при температуре 18–22 °С с влажностью 60–70% в течении 18 месяцев. В результате выявлено, что в течении 6 и 12 месяцев хранения количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, КОЕ не выявлено, через 18 месяцев выявлено 2×10^1 при норме не более 1×10^4 . Бактерии группы кишечных палочек (коли-формы) на протяжении 18 месяцев хранения не обнаружено, а плесени КОЕ

более 10 г., но в допустимой норме (не более 50 г.), рекомендуемый срок хранения составил 12 месяцев (таблица 5).

Заключение

Обогащенные сухие зерновые завтраки с осмо-обезвоженной сушеной черникой и земляникой садовой с низкой влажностью по физико-химическим, органолептическим и микробиологическим показателям безопасности удовлетворяют требованиям действующей в РФ нормативной документацией.

Литература

- Бахчевников О.Н., Брагинец С.В. Экструдирование растительного сырья для продуктов питания (обзор) // Техника и технология пищевых производств. 2020. Т. 50. № 4. С. 690–706.
- Касьянов Г.И., Ольховатов Е.А., Сакибаев К.Ш. Инновации в технологии производства сухих завтраков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. Т. 130. С. 922–933.

- 3 Сакибаев К.Ш., Касьянов Г.И., Шипулин В.И. Разработка технологии сухих завтраков с использованием бобового и орехового сырья // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2018. № 1(64). С. 33–39.
- 4 Добровольский В.Ф., Королёв А.А., Доронин А.Ф., Бакуменко О.Е., Лисова А.П. Разработка обогащенных зерновых экструдированных продуктов // Пищевая промышленность. 2012. № 5. С. 20–21.
- 5 Мартиросян В.В., Саленко Р.Н., Жиркова Е.В., Малкина В.Д. Обогащение экструзионных продуктов инулином // Пищевая промышленность. 2012. № 9. С. 42–44.
- 6 Рудась П.Г., Семыкин Д.В., Петергов А.И., Степанов В.И. Экструдированные пищевые изделия сложных форм и разнообразных вкусов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2011. № 9. С. 292–298.
- 7 Курочкин А.А., Воронина П.К., Шабурова Г.В., Фролов Д.И. Экструдаты из растительного сырья с повышенным содержанием липидов и пищевых волокон // Техника и технология пищевых производств. 2016. Т. 42. № 3. С. 104–111.
- 8 Wani S.A., Kumar P. Fenugreek enriched extruded product: optimization of ingredients using response surface methodology // International Food Research Journal. 2016. V. 23. № 1. P. 18.
- 9 Грибова Н.А., Беркетова Л.В. Осмотическая дегидратация ягод: изучение параметров массопереноса // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 30–37. doi: 10.20914/2310-1202-2018-2-30-37
- 10 Gribova N.A., Eliseeva L.G., Berketova L.V., Evdokimova O.V. et al. Formation and development of consumer properties of berry products with added nutrition value // International Journal of Advanced Science and Technology this link is disabled. 2020. V. 29. № 3. P. 3782–3791.
- 11 Shaimerdenova D., Chakanova, Z.M., Sultanova M.Z., Borovsky A.Y. et al. Instant cereals enriched with carboxylates // International Journal of Engineering and Technology (UAE). 2018. V. 7. P. 140–144.
- 12 Chavan U.D., Amarowicz R. Osmotic Dehydration Process for Preservation of Fruits and Vegetables // Journal of Food Research. 2012. V. 1. № 2. P. 202–209. doi:10.5539/jfr.v1n2p202.
- 13 Georgieva A.V. Development of technology for obtaining functional products based on grain enriched with mashed pumpkin and beet mixture. // EESJ. 2016. V. 7. P. 26-31.
- 14 Nahemiah D., Nkama I., Mamudu H.B. Application of Response Surface Methodology (RSM) for the Production and Optimization of Extruded Instant Porridge from Broken Rice Fractions Blended with Cowpea // International Journal of Nutrition and Food Sciences. 2016. V. 5. № 2. P. 105-116. doi: 10.11648/j.ijnfs.20160502.13.
- 15 Atzler J.J., Sahin A.W., Gallagher E. et al. Investigation of different dietary-fibre-ingredients for the design of a fibre enriched bread formulation low in FODMAPs based on wheat starch and vital gluten // Eur Food Res Technol. 2021. V. 247. P. 1939–1957. doi:10.1007/s00217-021-03762-6
- 16 Oliveira D.M. et al. Sensory analysis and chemical characterization of cereal enriched with grape peel and seed flour // Acta Scientiarum-technology. 2013. V. 35. P. 427-431.
- 17 Petrulakova M., Valík L. Development of New Cereal-, Pseudocereal-, and Cereal-Leguminous-Based Probiotic Foods // Czech Journal of Food Sciences. 2014. V. 32. P. 391-397.
- 18 Bozkir H. et al. Ultrasonics-Sonochemistry Influence of ultrasound and osmotic dehydration pre-treatments on drying and quality properties of persimmon fruit // Ultrason. Sonochem. 2019. V. 54. P. 135–141.
- 19 Francisco X.O.G. et al. Evaluation of osmotic dehydration as a tool for enrichment with bioactive compounds in apple // Revista Mexicana Ciencias Agrícolas. 2019. V. 10. № 5. P. 1151-1156.
- 20 Rascón M.P. et al. Osmotic dehydration assisted impregnation of Lactobacillus rhamnosus in banana and effect of water activity on the storage stability of probiotic in the freeze-dried product. // LWT. 2018. V. 92. № 3. P. 490-496.
- 21 Jiménez-Hernández J. Osmotic dehydration of mango with impregnation of inulin and piquin-pepper oleoresin // LWT. Food Sci. Technol. 2017. V. 79. № 1. P. 609-515.

References

- 1 Bakhchevnikov O.N., Braginets S.V. Extrusion of vegetable raw materials for food (review). Technique and technology of food production. 2020. vol. 50. no. 4. pp. 690–706. (in Russian).
- 2 Kasyanov G.I., Olkhovaton E.A., Sakibaev K.S. Innovations in the technology of production of breakfast cereals. Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2017. vol. 130. pp. 922–933. (in Russian).
- 3 Sakibaev K.Sh., Kasyanov G.I., Shipulin V.I. Development of the technology of breakfast cereals using bean and nut raw materials. Bulletin of the North Caucasus Federal University. 2018. no. 1(64). pp. 33–39. (in Russian).
- 4 Dobrovolsky V.F., Korolev A.A., Doronin A.F., Bakumenko O.E. et al. Development of enriched grain extruded products. Food industry. 2012. vol. 5. pp. 20–21. (in Russian).
- 5 Martirosyan V.V., Salenko R.N., Zhirkova E.V., Malkina V.D. Enrichment of extrusion products with inulin. Food industry. 2012. vol. 9. pp. 42–44. (in Russian).
- 6 Rudas P.G., Semykin D.V., Petergov A.I., Stepanov V.I. Extruded food products of complex shapes and various tastes. Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2011. vol. 9. p. 292–298. (in Russian).
- 7 Kurochkin A.A., Voronina P.K., Shaburova G.V., Frolov D.I. Extrudates from vegetable raw materials with a high content of lipids and dietary fibers. Technique and technology of food production. 2016. vol. 42. no. 3. pp. 104–111. (in Russian).
- 8 Wani S., Kumar P. Fenugreek enriched extruded product: optimization of ingredients using response surface methodology. International Food Research Journal. 2016. vol. 23. no. 1. pp. 18–25.
- 9 Gribova N.A., Berketova L.V. Osmotic dehydration of berries: study of mass transfer parameters. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 30–37. doi: 10.20914/2310-1202-2018-2-30-3 (in Russian).

- 10 Gribova N.A., Eliseeva L.G., Berketova L.V., Evdokimova O.V. et al. Formation and development of consumer properties of berry products with added nutrition value. *International Journal of Advanced Science and Technology* this link is disabled. 2020. vol. 29. no. 3. pp. 3782–3791.
- 11 Shaimerdenova D., Chakanova, Z.M., Sultanova M.Z., Borovsky A.Y. et al. Instant cereals enriched with carboxylates. *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*. 2018. vol. 7. pp. 140–144.
- 12 Chavan U.D., Amarowicz R. Osmotic Dehydration Process for Preservation of Fruits and Vegetables. *Journal of Food Research*. 2012. vol. 1. no. 2. pp. 202–209. doi:10.5539/jfr.v1n2p202
- 13 Georgieva A.V. Development of technology for obtaining functional products based on grain enriched with mashed pumpkin and beet mixture. *EESJ*. 2016. vol. 7. pp. 26–31.
- 14 Nahemiah D., Nkama I., Mamudu H.B. Application of Response Surface Methodology (RSM) for the Production and Optimization of Extruded Instant Porridge from Broken Rice Fractions Blended with Cowpea. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*. 2016. vol. 5. no. 2. pp. 105–116. doi: 10.11648/j.ijnfs.20160502.13
- 15 Atzler J.J., Sahin A.W., Gallagher E. et al. Investigation of different dietary-fibre-ingredients for the design of a fibre enriched bread formulation low in FODMAPs based on wheat starch and vital gluten. *Eur Food Res Technol*. 2021. vol. 247. pp. 1939–1957. doi:10.1007/s00217-021-03762-6
- 16 Oliveira D.M. et al. Sensory analysis and chemical characterization of cereal enriched with grape peel and seed flour. *Acta Scientiarum-technology*. 2013. vol. 35. pp. 427–431.
- 17 Petrulakova M., Valík L. Development of New Cereal-, Pseudocereal-, and Cereal-Leguminous-Based Probiotic Foods. *Czech Journal of Food Sciences*. 2014. vol. 32. pp. 391–397.
- 18 Bozkir H. et al. Ultrasonics-Sonochemistry Influence of ultrasound and osmotic dehydration pre-treatments on drying and quality properties of persimmon fruit. *Ultrason. Sonochem*. 2019. vol. 54. pp. 135–141.
- 19 Francisco X.O.G. et al. Evaluation of osmotic dehydration as a tool for enrichment with bioactive compounds in apple. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*. 2019. vol. 10. no. 5. pp. 1151–1156.
- 20 Rascón M.P. et al. Osmotic dehydration assisted impregnation of *Lactobacillus rhamnosus* in banana and effect of water activity on the storage stability of probiotic in the freeze-dried product. *LWT*. 2018. vol. 92. no. 3. pp. 490–496.
- 21 Jiménez-Hernández J. Osmotic dehydration of mango with impregnation of inulin and piquin-pepper oleoresin. *LWT. Food Sci. Technol*. 2017. vol. 79. no. 1. pp. 609–515.

22

Сведения об авторах

Наталья А. Грибова к.т.н., доцент, кафедра ресторанного бизнеса, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36, г. Москва, 117997, Россия, natali-g@bk.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8440-5325>

Людмила Г. Елисеева д.т.н., профессор, кафедра товароведения и товарной экспертизы, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36, г. Москва, 117997, Россия, eliseeva-reu@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2715-9989>

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

Natalya A. Gribova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, restaurant business department, Plekhanov Russian Economic University, Stremyanniy lane, 36, Moscow, 117997, Russia, natali-g@bk.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8440-5325>

Lyudmila G. Eliseeva Dr. Sci. (Engin.), professor, commodity and commodity expertise department, Plekhanov Russian Economic University, Stremyanniy lane, 36, Moscow, 117997, Russia, eliseeva-reu@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2715-9989>

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 20/07/2021	После редакции 01/08/2021	Принята в печать 25/08/2021
Received 20/07/2021	Accepted in revised 01/08/2021	Accepted 25/08/2021

Научное обоснование отбора сортов смородины красной при формировании качества желе

Нина В. Мясичева¹ makarkinanv@mail.ru  0000-0001-5922-5616

¹ Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Россия

Аннотация. Существующее разнообразие и создание новых сортов смородины красной требует получения и систематизации базы данных по техническим, технологическим свойствам, химическому составу ягод с целью создания научного унифицированного подхода, позволяющего формировать критерии отбора сырья для производства функциональных продуктов питания с заданными характеристиками. Красная смородина обладает высокими пищевыми свойствами и антиоксидантной активностью входящих в ее состав химических компонентов. Ценность красной смородины для производства изделий со студнеобразной структурой определяется содержанием в ее плодах высокоэтерифицированных пектиновых веществ и кальция, что позволяет получать высокопрочные золи. Объекты и методы исследования: ягоды смородины красной выделенных сортов и желе на их основе. Результаты и их обсуждение. Научное обоснование отбора сортов ягод смородины красной при разработке качества жележных продуктов основано на выявлении и систематизации данных о технико-технологических свойствах, химическом составе, структурно-механических показателях опытных образцов, последующем определении корреляций между значимыми критериями и получении закономерностей формирования ценных характеристик целевого продукта. На основании полученной информации принимается решение и делается заключение о технологической пригодности сортов для приготовления жележных изделий или отказе от сырья. Разрабатываются оценочные критерии для получения продуктов высокого качества, выделяются наиболее ценные сортообразцы, даются рекомендации для дальнейшего использования ягод этих сортов в качестве функциональных ингредиентов при производстве жележных продуктов с прогнозируемыми свойствами. Выявление оценочных критериев отбора ягод сортов смородины позволяет установить закономерности формирования качества жележных продуктов с заданными свойствами.

Ключевые слова: смородина красная, пектин, кальций, этерификация, желе, корреляция, отбор сортов

Scientific justification of selection of varieties of red currant in formation of jelly quality

Nina V. Myasishcheva¹ makarkinanv@mail.ru  0000-0001-5922-5616

¹ Moscow State University of Food Production, 11, Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russia

Abstract. The existing variety and the creation of new varieties of red currant requires obtaining and systematizing a database on technical, technological properties, chemical composition of berries in order to create a scientific unified approach that allows to form criteria for the selection of raw materials for the production of functional food products with specified characteristics. Red currant has high nutritional properties and antioxidant activity of its constituent chemical components. The value of red currants for the production of products with a jelly-like structure is determined by the content of highly esterified pectin substances and calcium in its fruits, which makes it possible to obtain high-strength sols. Objects and methods of research: red currant berries of selected varieties and jelly based on them. Results and its discussion. The scientific justification for the selection of varieties of red currant berries in the development of the quality of jelly products is based on the identification and systematization of data on the technical and technological properties, chemical composition, structural and mechanical indicators of prototypes, the subsequent determination of correlations between significant criteria and obtaining regularities in the formation of valuable characteristics of the target product. Based on the information received, a decision is made and a conclusion is made about the technological suitability of varieties for the preparation of jelly products or the refusal of raw materials. Evaluation criteria are developed for obtaining high quality products, the most valuable varieties are selected, recommendations are given for the further use of these varieties of berries as functional ingredients in the production of jelly products with predictable properties. Identification of evaluation criteria for the selection of berries of currant varieties allows us to establish patterns in the formation of the quality of jelly products with specified properties

Keywords: red currant, pectin, calcium, esterification, jelly, correlation, selection of varieties

Введение

В последние годы внимание селекционеров во всем мире направлено на получение перспективных сортов плодов и ягод, обладающих ценными хозяйственными признаками, товарными качествами, высоким адаптивным потенциалом, улучшенной пищевой ценностью [1–8]. Существующее разнообразие и создание новых сортов смородины красной требует получения и систематизации базы данных по техническим, технологическим свойствам, химическому составу ягод с целью создания научного

унифицированного подхода, позволяющего формировать критерии отбора сырья для производства функциональных продуктов питания с заданными характеристиками. Это позволит установить зависимости между качеством ягод и продуктов переработки на их основе, выработать алгоритм выделения сортов и разработать методологические рекомендации для предприятий сельского хозяйства и пищевой промышленности о целесообразности технологического использования сырья в производстве продуктов целевой направленности.

Для цитирования

Мясичева Н.В. Научное обоснование отбора сортов смородины красной при формировании качества желе // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 141–152. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-141-152

For citation

Myasishcheva N.V. Scientific justification of selection of varieties of red currant in formation of jelly quality. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 141–152. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-141-152

Красная смородина – ягодная культура, характеризующаяся высокими пищевыми свойствами и антиоксидантной активностью входящих в ее состав химических компонентов, способствующих уменьшению окислительных повреждений в клетках за счет нейтрализации активности свободных радикалов. Наличие в ягодах в больших количествах органических кислот, сахаров, витамина С, флавоноидов, пектинов, микро- и макроэлементов обеспечивают полезные свойства продуктов питания на их основе. Аскорбиновая кислота препятствует развитию процессов свободно радикального окисления, участвует в функционировании иммунной системы, способствует усвоению железа и нормальному кроветворению. Р-активные вещества ягод смородины характеризуется противовоспалительными, антимикробными, гепатопротекторными свойствами, предотвращают сердечно-сосудистые заболевания [9–17].

Ценность красной смородины для производства изделий со студнеобразной структурой определяется содержанием в ее плодах высокоэтерифицированных пектиновых веществ и кальция, что позволяет получать высокопрочные золи. К высокоэтерифицированным относят пектины, в которых степень этерификации карбоксильных групп в молекуле полигалактуроновой кислоты равна или более 50%. Пектины в составе растительного сырья или по отдельности применяются в производстве пищевых продуктов, включая продукты детского питания и функциональные пищевые продукты. Технологические и функциональные свойства пектина определяются его гелеобразующей, загущающей, стабилизирующей и комплексообразующей способностью. Объем данных, имеющихся в научной литературе, свидетельствует о существенном недостатке в исследованиях свойств пектинов смородины и обуславливает привлекательность ягод этой культуры для использования в технологии инновационных пищевых продуктов как нового источника гидроколлоидов [18–22].

Цель работы – формирование критериев отбора сортов смородины красной по технологическим и биохимическим показателям ягод для производства жележных продуктов с прогнозируемо высоким качеством.

Объекты и методы

В качестве объектов исследования были выбраны ягоды смородины красной сортов Виксне, Голландская красная (контроль), Рачновская в том числе селекции ВНИИСПК: Ася, Баяна, Валентиновка, Вика, Дана, Дар Орла,

Мармеладница, Нива, Орловская звезда, Орловчанка, Подарок лета, а также желе на их основе.

Микроструктурные исследования толщины кожицы ягод выполняли на электронном сканирующем микроскопе JEOL 15M 6390 (Япония), измерение средней массы одной ягоды – путем взвешивания 50 ягод на лабораторных весах типа ВЛКТ-500.

Определение пищевой ценности ягод и желе по показателям: сахара; титруемые кислоты (общая кислотность); активная кислотность (рН); аскорбиновая кислота; Р-активные вещества (антоцианы, лейкоантоцианы, катехины); пектиновые веществ; степень этерификации пектиновых веществ; содержание кальция проводили в соответствии с действующей нормативной документацией.

Органолептическая оценка ягод проводилась по разработанной 5-ти балльной эталонной шкале по показателям: внешний вид, цвет, вкус, запах, консистенция. Изучение прочности студня желе по усилию нагружения проводилось на приборах «Структурометр» согласно стандартной методике «Bloom Strength», а также «Реотест-2» фундаментальным методом ротационной вискозиметрии. Расчет коэффициентов корреляции (r), многофакторный эксперимент для выбора критериев отбора сортов по технологическим и биохимическим показателям и их дальнейшей оптимизации для производства желе выполнялся с применением современных методов анализа, статистической, математической и графической обработкой данных результатов эксперимента с использованием пакета компьютерных программ приложения Excel MS Office и Statistica 6.0.

Результаты и их обсуждение

Большое разнообразие существующих сортов смородины и селекция новых, требует их разделения по физиологическим, техническим и технологическим признакам для практического приложения к современным технологиям. Это указывает на необходимость разработки методологических подходов, которые бы связали качество исходного сырья – ягод смородины красной с конечным результатом – качеством железирующих продуктов. Научное обоснование отбора ягод сортов смородины по биохимическому и технологическому потенциалу при формировании качества жележных продуктов базируется на систематизации критериев отбора сырья, выделяемых в результате комплексной оценки ягод смородины красной (рисунок 1).

Технологические свойства желейных продуктов Technological properties of jelly products	Органолептические свойства; сахар/ кислота; выход сока; масса ягод / величина съедобной части; толщина кожицы ягод; количество и качество пектинов; содержание кальция Organoleptic properties; sugar/acid; juice yield; weight of berries / size of edible part; thickness of berry skin; quantity and quality of pectins; calcium content
Пищевая ценность желейных продуктов Nutritional value of jelly products	Органические кислоты; сахара, аскорбиновая кислота, Р-активные вещества; пектины; минеральные вещества Organic acids; sugars, ascorbic acid, P-active substances; pectins; minerals
Структурно механические свойства желейных продуктов Structural and mechanical properties of jelly products	Сахар / кислота; количество и качество пектинов; pH Sugars/acids; quantity and quality of pectins; pH
Выделение лучших сортов образцов Selection of the best variety	Выявление корреляций; обоснование значимых критериев Detection of correlations; substantiation of significant criteria

Рисунок 1. Систематизация критериев отбора ягод смородины красной и черной при формировании качества желейной продукции

Figure 1. Systematization of criteria for the selection of red and black currant berries in the formation of the quality of jelly products

Методы отбора сырья базируются на комплексной оценке его качества посредством выявления закономерностей изменения биохимических и технологических свойств ягод смородины красной. В основе комплексной оценки сырья лежит выявление корреляций между биохимическими и технологическими свойствами ягод и студнеобразными изделиями на их основе, установление критериев отбора сырья по биохимическим и технологическим свойствам для производства желейной продукции прогнозируемого высокого качества.

Систематизация и формирование критериев отбора сортов основано на комплексном подходе к всестороннему анализу сырья по технико-технологическим, органолептическим, желирующим свойствам ягод с последующим принятием решения о целесообразности их использования в технологии желейных продуктов.

Органолептические свойства сырья находятся в прямой зависимости с потребительские характеристики готового желе. Изучая внешний вид, цвет, вкус, запах ягод смородины красной исследуемых сортов, выявлено высокое качество образцов, превосходящее контрольные варианты (таблица 1). Отмечено, что ягоды сортов смородины красной, получившие при органолептической оценке 4,5 балла и выше, наиболее ценны для переработки. Соки из них

имеют возможность купажирования в качестве полуфабрикатов с менее ценными образцами.

Выход сока из ягод смородины красной зависит как от химических, так и технико-технологическими показателей сырья: величина съедобной части и масса ягод, соответственно, толщина кожицы ягод, содержание в них пектиновых веществ – растворимого пектина и протопектина. Минимальным значением выхода сока характеризовались ягоды смородины красной сорта Мармеладница – 68,7 (%) при наибольшем значении толщины кожицы ягод (151,6 мкм), максимальным – Подарок лета 81,2 (%), имевшем наименьшее значение толщины кожицы ягод (103,5 мкм). Значения выхода сока выше среднего (75,9%) отмены в ягодах смородины красной сортов – Ася (77,3%), Баяна (76%), Вика (77,4%), Дана (77,2%), Дар Орла (80,0%), Нива (76,4%), Орловская звезда (78,7%). Отмечено, что ягоды данных сортов имели толщину кожицы ниже среднего значения – 130,9 (мкм). Это выгодно характеризует их для переработки.

Важным технологическим параметром при оценке пригодности плодов к использованию в производстве продуктов с желейной структурой является сахаро-кислотный коэффициент (СКК). Важно установить оптимальное соотношение значений сахара и кислоты в сырье для выработки желе, обеспечивающее его высокие вкусовые качества и прочную консистенцию (таблица 1). Установлено, что для формирования ценных потребительских характеристик продукта этот показатель не должен быть ниже 2,6 при среднесортном значении 3,6.

Таблица 1.
Технологические и биохимические показатели ягод смородины красной

Table 1.
Technological and biochemical parameters of red currant berries

Показатель	Indicator	Среднее значение по сортам Average value by variety
Органолептическая оценка, баллы	Organoleptic evaluation, points	4,50
Выход сока, %	Juice yield, %	76,0
СКК	SCC	3,60
Пектин, %	Pectin, %	3,30
Сумма ПВ, %	Value of PV, %	8,34
Степень этерификации ПВ, %	Degree of esterification of PV, %	57,0
Кальций, мг/100 г.	Calcium, mg/100 g.	55,6

Желирующие свойства плодов зависят не только от абсолютного содержания пектиновых веществ, но и в значительной степени от их фракционного состава и способности переходить в раствор, что в свою очередь определяет сокоотдачу ягод. Следовательно, высокими студнеобразующими свойствами обладают плоды, содержащие достаточное количество пектиновых веществ (в том числе протопектина), легко переходящего в раствор и не разрушающихся при термическом воздействии.

Количество пектиновых веществ (ПВ) – это основной критерий отбора плодово-ягодного сырья для технологии производства жележных продуктов с прочным студнем. Значение этих высокомолекулярных соединений заключается в способности образовывать гель в присутствии определенных количеств сахара и кислоты. Студнеобразующие свойства плодов зависят не только от количества общего пектина, но и от соотношения растворимого пектина и протопектина. Температурный режим и продолжительность технологического воздействия способствуют переходу протопектина в растворимую форму, что положительно сказывается на студнеобразующих свойствах продукта. Среднее содержание пектиновых веществ в свежих ягодах смородины красной изучаемых сортов составило 8,3% на сухую массу, при этом минимальное значение данного показателя отмечено в ягодах сорта Виксне (6,8%), максимальное – Орловчанка (11,0%). Значение пектиновых веществ выше или на уровне среднего имели ягоды сортов Голландская красная (9,3%), Баяна (8,3%), Валентиновка (9,3%), Орловская звезда (8,5%), Подарок лета (10,0%). Выявлено, что содержания в ягодах сортов смородины красной пектина 2,5 (%) и суммы ПВ 7,0 (%) и более обеспечивают получение продукта с прогнозируемо высокими жележными характеристиками и позволяют применять их в технологии совместно с менее ценными сортами по этим показателям.

Установлено, что свежие ягоды смородины красной изучаемых сортов характеризуются высокой степенью метоксилированности пектинов (выше 50%), за исключением сорта Виксне, ягоды которого характеризовались минимальным значением этого показателя – 39,4%. Максимальное значение степени этерификации отмечено в свежих ягодах смородины красной сорта Мармеладница (66,7%), значения выше среднего (57%) имели свежие ягоды смородины красной сортов Баяна (63,8%),

Вика (58,0%), Дар Орла (57,3%), Нива (60,5%), Орловская звезда (62,7%), Орловчанка (64,9%).

Студнеобразующая способность ПВ зависит от степени этерификации остатков галактуроновой кислоты метоксильными группами OCH_3 . В ягодах смородины красной степень этерификации пектинов в среднем по сорта составила 57 (%). При этом установлено, что значение этого показателя 50 (%) обеспечивает высокопрочную жележную структуру.

Стабильности сетки способствуют ионы поливалентных металлов, в частности Са, связывающих между собой молекулы пектина через карбоксильные группы. Для желирования пектинов с низкой степенью этерификации необходимым является присутствие кальция в определенном количестве, которое может вноситься с фруктово-ягодным сырьем, с водой или его необходимо добавлять в процессе производства в виде солей кальция. Оптимальное содержание кальция имеет определяющее значение. При более низкой его концентрации получается непрочный студень. Высокое содержание увеличивает ломкость геля и способствует синерезису.

Наименьшее содержание кальция выявлено в ягодах смородины красной сорта Дана (39,20 мг/100 г.), наибольшее (75,20 мг/100 г.) – Нива. Ягоды сортов Баяна, Валентиновка, Вика, Мармеладница, Орловская звезда имели значение этого показателя выше среднего – 55,61 мг/100 г., что выгодно характеризует их для производства жележных продуктов. Данные эксперимента указывают, что содержание кальция 39,0 (мг/100г) в ягодах красной смородины является достаточным для получения желе с прочным студнем. Значение этого показателя в ягодах 55,0 (мг/100 г.) и выше дает возможность их совместного технологического использования с менее пригодными для производства желе сортами.

Выделение критериев отбора сортов смородины красной при формировании качества жележной продукции базируется на выявлении корреляций между показателями качества ягод с целью их рекомендаций для дальнейшей переработки.

Значимым технологическим параметром пригодности ягод для производства желе является выход сока. В связи с этим интерес представляло выделение технологических и биохимических показателей качества сырья, влияющих на его сокоотдачу, а также установление критериев отбора сортов, наиболее ценных по выходу сока (таблица 2).

Таблица 2.

Корреляция между технологическими и биохимическими показателями качества ягод смородины красной

Table 2.

Correlation between technological and biochemical indicators of the quality of red currant berries

Сопрягаемые показатели	Related Indicators	Выход сока, % Juice yield, %	Содержание кальция, мг/100 г. Calcium content, mg/100 g.
Толщина кожицы ягоды, мкм	Berry skin thickness, microns	-0,861	–
Величина съедобной части, %	Value of edible part, %	-0,236	–
Масса ягоды, г	Weight of berry, g	+0,487	–
Содержание протопектина, %	Protopectin content, %	-0,169	+0,117
Содержание пектина, %	Pectin content, %	-0,091	-0,229
Сумма ПВ, %	Sum of PV, %	-0,137	-0,094
СЭ пектинов, %	PE of pectins, %	-0,260	+0,532

Выявлена высокая отрицательная корреляция (-0,861) между толщиной кожицы ягоды и выходом сока, а также средняя положительная корреляция (+0,487) между массой ягоды сырья и его сокоотдачей. При этом определена низкая отрицательная зависимость между выходом сока и содержанием протопектина (-0,169), пектина (-0,091), суммой пектиновых веществ (-0,137), степенью их этерификации (-0,260). Таким образом научно доказано, что сортообразцы сырья, имеющие толщину кожицы ягод ниже среднесортowego значения и массу ягоды выше среднесортowego значения, характеризуются лучшей сокоотдачей.

Между количеством пектиновых веществ и кальция в ягодах смородины красной корреляции не установлено. При этом содержание кальция находится в прямой зависимости со степенью этерификации пектинов (+0,532). На основании этого можно предположить, что ягоды, характеризующиеся высокими значениями кальция, обладают хорошей желирующей способностью.

Одним из важных критериев отбора ягод сортов смородины для производства жележных изделий является их способность сохранять ценные пищевые свойства при переработке. На основании экспериментальных данных

по пищевой ценности опытных образцов были рассчитаны коэффициенты парной корреляции, которые указывают на положительную зависимость между содержанием биологически активных веществ в ягодах смородины красной и желе на их основе (таблица 3).

Таблица 3.

Корреляция между содержанием биологически активных веществ в ягодах смородины красной и в желе на их основе

Table 3.

Correlation between the content of biologically active substances in red currant berries and in jelly based on them

Содержание в ягодах Content in berries	Содержание в желе Content in jelly			
	Органические кислоты, % Organic acids, %	Аскорбиновая кислота, мг/100 г. Ascorbic acid, mg/100 g.	Р-активные вещества, мг/100 г. P-active substances, mg/100 g.	Пектиновые вещества, % Pectin substances, %
Органические кислоты, % Organic acids, %	+0,185	+0,443	+0,936	
Аскорбиновая кислота, мг/100 г. Ascorbic acid, mg/100 g.				
Р-активные вещества, мг/100 г. P-active substances, mg/100 g.				
Пектиновые вещества, % Pectin substances, %				+0,538

Высокие и средние положительные коэффициенты корреляции по количеству Р-активных веществ (+0,936), аскорбиновой кислоты (+0,443) и пектинов (+0,443) указывают на целесообразность использования ягод смородины красной для производства студнеобразных продуктов функциональной направленности.

При систематизации критериев отбора ягод сортов смородины красной для получения жележных продуктов с прогнозируемо высоким качеством и рекомендации их производству важным этапом являлось установление влияния биохимических значимых показателей сырья на структурно-механические свойства студня, оптимизация полученных данных и формирование оптимальных параметров.

Для этого была измерена прочность студня опытных образцов и проведен многофакторный эксперимент с применением системы для статистического анализа данных Statistica 6.1.478, учитывая экспериментальные данные по химическому составу ягод.

Данные рисунка 2 указывают, что наилучшая прочность студня по предельному напряжению сдвига отмечена в области значения сахаров в ягодах от 6,5 до 9,5 (%).

При этом для обеспечения наилучшей желирующей способности продукта количество пектинов в сырье должно быть не ниже 6,5 (%), кислот – находится в пределах от 1,8 до 3 (%) (рисунок 3).

Областью значений pH для оптимального желирования являлся интервал от 2,6 до 3,3, СКК – от 2,4 (рисунок 4).

Экспериментально установлено и графически подтверждено, что для производства продуктов с прогнозируемо высоко прочным студнем

по усилию нагружения степень этерификации пектинов ягод смородины красной должна составлять не ниже 50%, при этом количество сахаров и органических кислот должно удовлетворять установленным значениям (рисунок 5).

Таким образом были научно и практически выделены и оптимизированы значимые технологические и биохимические показатели ягод смородины красной для производства желе (таблица 4).

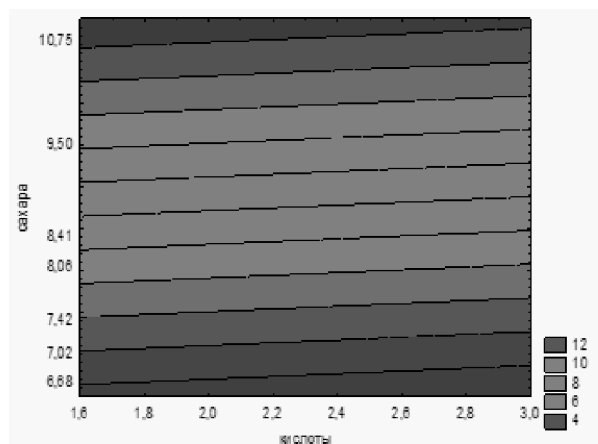


Рисунок 2. Зависимость прочности студня (сдвиг) желе от содержания сахаров и кислот в ягодах смородины

Figure 2. The dependence of the strength of the jelly (shear) of the jelly on the content of sugars and acids in currant berries

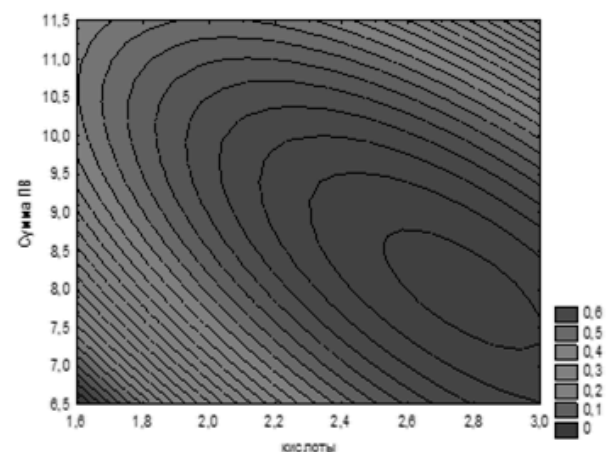


Рисунок 4. Зависимость прочности студня желе от суммы пектинов и содержания кислот в ягодах смородины

Figure 4. The dependence of the strength of the jelly of the jelly on the amount of pectins and acid content in currant berries

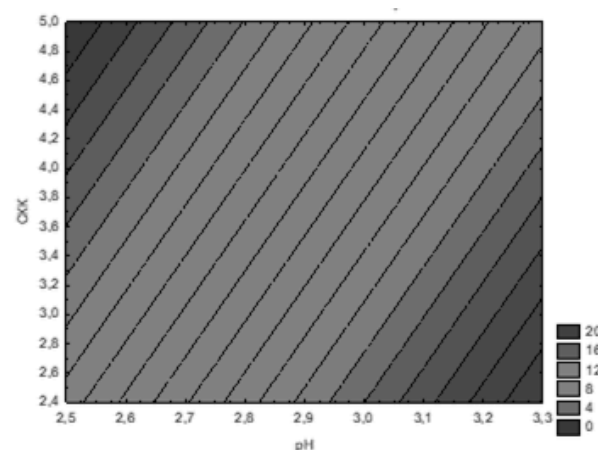


Рисунок 3. Зависимость прочности студня желе от pH и СКК ягод смородины

Figure 3. The dependence of the strength of the jelly of the jelly on pH and sugar-acid coefficient of currant berries

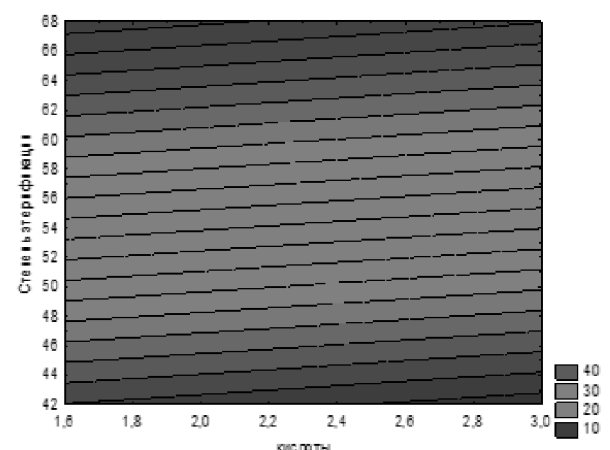


Рисунок 5. Зависимость прочности студня (усилие) желе от степени этерификации пектинов и содержания кислот в ягодах смородины

Figure 5. The dependence of the strength of the jelly (effort) of the jelly on the degree of esterification of pectins and the acid content in currant berries

Таблица 4.
Критерии отбора ягод смородины красной при формировании качества жележных продуктов
Table 4.
Criteria for the selection of red currant berries in the formation of the quality of jelly products

Показатель Index	Рекомендуемое значение Recommended value	Характеристика, рекомендации к производству Characteristics, recommendations for production
Органолептическая оценка, баллы Organoleptic assessment, points	$\geq 4,5$	Наиболее ценные органолептические свойства: внешний вид, цвет, вкус, запах. Возможность купаживания с менее ценными сортами. Высокая сокоотдача ягод. Высокая пищевая ценность ягод и желе на их основе. Ценные студнеобразующие свойства ягод. Высокая прочность желе, отсутствие синерезиса. Наибольшая ценность для технологии производства желе. The most valuable organoleptic properties: appearance, color, taste, smell. Possibility of blending with less valuable varieties. High yield of berries. High nutritional value of berries and jelly based on them. Valuable jelly-forming properties of berries. High jelly strength, no syneresis. Highest value for jelly production technology.
Масса ягоды, г Berry weight, g	$\geq 0,39$	
Толщина кожицы ягоды, мкм Berry skin thickness, microns	$\leq 151,6$	
Сумма сахаров, % The amount of sugars, %	6,5 – 9,5	
Органические кислоты, % Organic acids, %	1,8 – 3,0	
СКК CCM	$\geq 2,4$	
Аскорбиновая кислота, мг/100 г. Ascorbic acid, mg/100 g.	$\geq 50,0$	
Сумма Р-активных веществ, мг/100 г. The amount of P-active substances, mg/100 g.	$\geq 365,0$	
Пектин, % Pectin, %	$\geq 2,5$	
Сумма ПВ, % PV amount, %	$\geq 6,5$	
Степень этерификации ПВ, % Esterification degree of PV, %	≥ 50	
Кальций, мг/100 г. Calcium, mg/100 g.	$\geq 39,0$	
pH	2,6 – 3,3	

Закключение

Научное обоснование отбора сортов ягод смородины красной при разработке качества жележных продуктов основано на выявлении и систематизации данных о технико-технологических свойствах, химическом составе, структурно-механических показателях опытных образцов, последующем определении корреляций между значимыми критериями и получении закономерностей формирования ценных характеристик целевого продукта.

На основании полученной информации принимается решение и делается заключение о технологической пригодности сортов для приготовления жележных изделий или отказе от сырья, разрабатываются оценочные критерии для получения продуктов высокого качества, выделяются наиболее ценные сортообразцы, даются рекомендации для дальнейшего использования ягод этих сортов в качестве функциональных ингредиентов при производстве жележных продуктов с прогнозируемыми свойствами.

Выявление оценочных критериев отбора ягод сортов смородины позволило установить закономерности формирования качества жележных продуктов.

Среднее содержание РСВ в свежих ягодах смородины красной изучаемых сортов составило 11,8%, органических кислот – 2,3%, сахаров –

8,19%, аскорбиновой кислоты – 50,6 мг/100 г., Р-активных веществ – 365,4 мг/100 г., пектинов – 8,3%. Определено, что пектины ягод смородины красной являлись высокоэтерифицированными, так как степень их метоксилирования у большинства сортов превышала 50%. Выявлена высокая отрицательная корреляция (-0,861) между толщиной кожицы ягоды смородины красной и выходом сока, а также средняя положительная корреляция (+0,487) между массой ягоды сырья и его сокоотдачей. Установлено, что сорта, имеющие толщину кожицы ягод ниже среднесортного значения (131 мкм) и массу ягоды выше среднесортного значения (0,53 г.), характеризуются лучшей сокоотдачей: Ася, Дана, Дар Орла, Нива, Орловская звезда, Подарок лета. При этом отмечено, что количество пектиновых веществ в ягодах, как протопектина, так и растворимого пектина, не оказывает существенного влияния на выход сока – корреляции между этими показателями не установлено.

Полученные экспериментальные данные указывают, что ягоды смородины красной исследуемых сортов целесообразно использовать в качестве сырья для производства жележных продуктов со студнеобразной структурой прогнозируемо высокого качества.

Использование в технологии желе ягод сортов смородины Баяна, Валентиновка, Вика,

Дар Орла, Мармеладница, Нива, Орловская звезда, Орловчанка, Подарок лета, удовлетворяющим по технико-технологическим свойствам и показателям химического состава установленным значениям, позволит получить целевой продукт с заданными потребительскими характеристиками.

Благодарности

Автор выражает особую благодарность доктору сельскохозяйственных наук, заведующему лабораторией биохимической и технологической оценки сортов и хранения ВНИИСПК Макаркиной М.А. за помощь в проведении лабораторных исследований.

Литература

- 1 Голяева О.Д., Панфилова О.В. Основные итоги селекции Красной смородины во ВНИИСПК // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2020. Т. 7. № 1–2. С. 49–51. doi: 10.24411/2500–0454–2020–11212
- 2 Ильин В.С. Смородина Красная селекции ФГБНУ ЮУНИИСК // Актуальные вопросы садоводства и картофелеводства: сборник трудов Международной дистанционной научно-практической конференции, Челябинск, 15 марта 2018 года. Челябинск: ФГБНУ «Южно-Уральский научно-исследовательский институт садоводства и картофелеводства», 2018. С. 37–43.
- 3 Макаркина М.А., Голяева О.Д. Биохимическая оценка ягод новых сортов смородины красной для дальнейшего их использования в селекции на улучшенный химический состав плодов // Садоводство и виноградарство. 2020. № 2. С. 28–33. doi: 10.31676/0235–2591–2020–2–28–33
- 4 Васильева Н.А. Сортоизучение ягодных культур (крыжовник, малина, смородина Красная, земляника садовая) в условиях Западного Забайкалья // Актуальные вопросы развития аграрного сектора экономики Байкальского региона: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной Дню российской науки, Улан-Удэ, 06 – 07 февраля 2020 года. Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, 2020. С. 23–27.
- 5 Горбунов А.Б., Кукушкина Т.А. Химический состав ягод видов и межвидовых гибридов Красной смородины в условиях культуры // Химия растительного сырья. 2019. № 3. С. 85–93. doi: 10.14258/jcprm.2019034815
- 6 Pikunova A.V., Goryunova S.V., Goryunov D.V. et al. Development of a Genetic Linkage Map of Redcurrant (*Ribes rubrum* L.) by Means of SSR and SNP DNA Markers // Russian Journal of Genetics. 2020. V. 56. № 11. P. 1387–1390. doi: 10.1134/S1022795420100105
- 7 Verzhuk V., Pavlov A., Novikova L.Y., Filipenko G. Viability of Red (*Ribes rubrum* L.) and Black (*Ribes nigrum* L.) Currant Cuttings in Field Conditions after Cryopreservation in Vapors of Liquid Nitrogen // Agriculture. 2020. № 10(10). P. 476. doi: 10.3390/agriculture10100476
- 8 Бадиу Д.Ю., Емельяненко А.А. Оценка отборных форм смородины чёрной и красной по качеству консервированных продуктов // Инновационные технологии – в практику сельского хозяйства: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 75-летию со дня образования агрономического факультета ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, Киров, 12 декабря 2019 года. Киров: Вятская, 2019. С. 49–53.
- 9 Сазонова И.Д. Биохимический состав и вкус ягод смородины Красной до и после хранения в замороженном виде // Пища. Экология. Качество: сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции. В двух томах, Барнаул, 24–26 июня 2019 года. Барнаул: Алтайский государственный университет, 2019. С. 165–168.
- 10 Голуб О.В., Степанова Е.Н., Тяпкина Е.В. Пищевая ценность и качество ягод Красной смородины // Техника и технология пищевых производств. 2017. № 1(44). С. 105–110.
- 11 Романова Н.К., Романова Е.В., Ямашев Т.А. Перспективность использования плодово-ягодного сырья в создании продуктов функциональной направленности // Технологии и продукты здорового питания: Сборник статей XII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 17–18 декабря 2020 года. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2021. С. 589–591.
- 12 Акимов М.Ю., Макаров В.Н., Жбанова Е.В. Роль плодов и ягод в обеспечении человека жизненно важными биологически активными веществами // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 2. С. 56–60. doi: 10.24411/0235–2451–2019–10214
- 13 Jara-Palacios M.J., Santisteban A., Gordillo B. et al. Comparative study of red berry pomaces (blueberry, red raspberry, red currant and blackberry) as source of antioxidants and pigments // European Food Research and Technology. 2019. V. 245. P. 1–9. doi: 10.1007/s00217–018–3135-z
- 14 Berk S., Gundogdu M., Tuna S., Tas A. Role of maturity stages on phenolic compounds and organic acids contents in red currant fruits // International Journal of Fruit Science. 2020. V. 20. P. 1054–1071. doi: 10.1080/15538362.2020.1774476
- 15 Eksi Karaagac H., Cavus F., Kadioglu B., Ugur N. et al. Evaluation of nutritional, color and volatiles properties of currant (*Ribes* spp.) cultivars in Turkey // Food Science and Technology. 2021. V. 41. № 2. doi: 10.1590/fst.29119
- 16 Jideani Afam I.O., Silungwe H., Takalani T., Omolola A.O. et al. Antioxidant-rich natural fruit and vegetable products and human health // International Journal of Food Properties. 2021. V. 24. № 1. P. 41–67. doi: 10.1080/10942912.2020.1866597
- 17 Kirina I.B., Belosokhov F.G., Titova L.V. et al. Biochemical assessment of berry crops as a source of production of functional food products // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2020. V. 548. № 8. P. 082068. doi: 10.1088/1755–1315/548/8/082068
- 18 Салина Е.С., Левгерова Н.С., Сидорова И.А., Голяева О.Д. Химико-технологическая оценка сортообразцов смородины красной селекции Всероссийского научно-исследовательского института селекции плодовых культур для желе // Садоводство и виноградарство. 2020. № 6. С. 46–55. doi: 10.31676/0235–2591–2020–6–46–55
- 19 Мясичева Н.В., Артемова Е.Н., Макаркина М.А. Желирующая способность пектинов свежих и замороженных ягод Красной смородины // Техника и технология пищевых производств. 2017. № 2(45). С. 62–68.

20 Мясищева Н.В., Артемова Е.Н., Макаркина М.А. Технологическое обоснование целесообразности использования ягод красной смородины новых сортов в производстве желе // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2016. № 1(36). С. 64–69.

21 Müller-Maatsch J., Bencivenni M., Caligiani A., Tedeschi T. Pectin content and composition from different food waste streams // Food Chemistry. 2016. V. 201. P. 37–45. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.01.012

22 Pancerza M., Kruka J., Łukasiewicz M., Witek M. et al. Red currant pectin: The physicochemical characteristic of pectin solutions in dilute and semi dilute regimes // Food Hydrocolloids. 2021. V. 113. 106420. doi: 10.1016/j.foodhyd.2020.106420

References

1 Golyaeva O.D., Panfilova O.V. The main results of the selection of red currants in VNIISPK. Selection and cultivation of garden crops. 2020. vol. 7. no. 1–2. pp. 49–51. doi: 10.24411/2500-0454-2020-11212 (in Russian).

2 Ilyin V.S. Red currant selection of FGBNU YUNIISK. Actual issues of gardening and potato growing: collection of proceedings of the International Distance Scientific and Practical Conference, Chelyabinsk, March 15, 2018. Chelyabinsk: Federal State Budgetary Scientific Institution "South Ural Research Institute of Horticulture and Potato Growing", 2018. pp. 37–43. (in Russian).

3 Makarkina M.A., Golyaeva O.D. Biochemical evaluation of new varieties of red currant berries for their further use in breeding for improved chemical composition of fruits. Gardening and viticulture. 2020. no. 2. pp. 28–33. doi: 10.31676/0235–2591–2020–2–28–33 (in Russian).

4 Vasilyeva N.A. Variety study of berry crops (gooseberries, raspberries, Red currants, garden strawberries) in the conditions of Western Transbaikalia. Actual issues of the development of the agricultural sector of the Baikal region economy: materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference dedicated to the Day of Russian Science, Ulan-Ude, 06 - 07 February 2020 Ulan-Ude, Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippova, 2020. pp. 23–27. (in Russian).

5 Gorbunov A.B., Kukushkina T.A. The chemical composition of the berries of the species and interspecific hybrids of red currant in the conditions of culture. Chemistry of vegetable raw materials. 2019. no. 3. pp. 85–93. doi: 10.14258/jcprm.2019034815 (in Russian).

6 Pikunova A.V., Goryunova S.V., Goryunov D.V. et al. Development of a Genetic Linkage Map of Redcurrant (*Ribes rubrum* L.) by Means of SSR and SNP DNA Markers. Russian Journal of Genetics. 2020. vol. 56. no. 11. pp. 1387–1390. doi: 10.1134/S1022795420100105

7 Verzhuk V., Pavlov A., Novikova L.Y., Filipenko G. Viability of Red (*Ribes rubrum* L.) and Black (*Ribes nigrum* L.) Currant Cuttings in Field Conditions after Cryopreservation in Vapors of Liquid Nitrogen. Agriculture. 2020. no. 10(10). pp. 476. doi: 10.3390/agriculture10100476

8 Badiu D.Yu., Emelianenko A.A. Evaluation of selected forms of black and red currants for the quality of canned products. Innovative technologies - into the practice of agriculture: materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation, dedicated to the 75th anniversary of the founding of the agronomic faculty of the Vyatka State Agricultural Academy, Kirov, December 12, 2019. Kirov, Vyatskaya, 2019. pp. 49–53. (in Russian).

9 Sazonova I.D. Biochemical composition and taste of Red currant berries before and after frozen storage. Food. Ecology. Quality: collection of materials of the XVI International Scientific and Practical Conference. In two volumes, Barnaul, June 24–26, 2019. Barnaul, Altai State University, 2019. pp. 165–168. (in Russian).

10 Golub O.V., Stepanova E.N., Tyapkina E.V. Nutritional value and quality of red currant berries. Technics and technology of food production. 2017. no. 1 (44). pp. 105–110. (in Russian).

11 Romanova N.K., Romanova E.V., Yamashev T.A. Prospects for the use of fruit and berry raw materials in the creation of functional products. Technologies and healthy food products: Collection of articles of the XII National Scientific and Practical Conference with International Participation, Saratov, December 17–18, 2020. Saratov, Saratov State Agrarian University. N.I. Vavilova, 2021. pp. 589–591. (in Russian).

12 Akimov M.Yu., Makarov V.N., Zhbanova E.V. The role of fruits and berries in providing a person with vital biologically active substances. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2019. vol. 33. no. 2. P. 56–60. doi: 10.24411/0235-2451-2019-10214 (in Russian).

13 Jara-Palacios M.J., Santisteban A., Gordillo B. et al. Comparative study of red berry pomaces (blueberry, red raspberry, red currant and blackberry) as source of antioxidants and pigments. European Food Research and Technology. 2019. vol. 245. pp. 1–9. doi: 10.1007/s00217–018–3135 z

14 Berk S., Gundogdu M., Tuna S., Tas A. Role of maturity stages on phenolic compounds and organic acids contents in red currant fruits. International Journal of Fruit Science. 2020. vol. 20. pp. 1054–1071. doi: 10.1080/15538362.2020.1774476

15 Eksi Karaagac H., Cavus F., Kadioglu B., Ugur N. et al. Evaluation of nutritional, color and volatiles properties of currant (*Ribes* spp.) cultivars in Turkey. Food Science and Technology. 2021. vol. 41. no. 2. doi: 10.1590/fst.29119

16 Jideani Afam I.O., Silungwe H., Takalani T., Omolola A.O. et al. Antioxidant-rich natural fruit and vegetable products and human health. International Journal of Food Properties. 2021. vol. 24. no. 1. pp. 41–67. doi: 10.1080/10942912.2020.1866597

17 Kirina I.B., Belosokhov F.G., Titova L.V. et al. Biochemical assessment of berry crops as a source of production of functional food products. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2020. vol. 548. no. 8. pp. 082068. doi: 10.1088/1755–1315/548/8/082068

18 Salina E.S., Levgerova N.S., Sidorova I.A., Golyaeva O.D. Chemical and technological assessment of varieties of red currant selection of the All-Russian Research Institute for the selection of fruit crops for jelly. Gardening and viticulture. 2020. no. 6. pp. 46–55. doi: 10.31676/0235–2591–2020–6–46–55 (in Russian).

19 Myasishcheva N.V., Artemova E.N., Makarkina M.A. Gelling ability of pectins of fresh and frozen berries of red currant. Technics and technology of food production. 2017. no. 2 (45). pp. 62–68. (in Russian).

20 Myasishcheva N.V., Artemova E.N., Makarkina M.A. Technological substantiation of the expediency of using new varieties of red currant berries in the production of jelly. *Technology and commodity science of innovative food products*. 2016. no. 1 (36). pp. 64–69. (in Russian).

21 Müller-Maatsch J., Bencivenni M., Caligiani A., Tedeschi T. Pectin content and composition from different food waste streams. *Food Chemistry*. 2016. vol. 201. pp. 37–45. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.01.012

22 Pancerza M., Kruka J., Łukasiewicz M., Witek M. et al. Red currant pectin: The physicochemical characteristic of pectin solutions in dilute and semi dilute regimes. *Food Hydrocolloids*. 2021. vol. 113. 106420. doi: 10.1016/j.foodhyd.2020.106420

Сведения об авторах

Нина В. Мяснищева д.с.-х.н., доцент, кафедра зерна, хлебо-пекарных и кондитерских технологий, Московский государственный университет пищевых производств, шоссе Волоколамское, 11, г. Москва, 125080, Россия, makarkinanv@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-5922-5616>

Information about authors

Nina V. Myasishcheva Dr. Sci. (Agric.), associate professor, grain, bakery and confectionery technologies department, Moscow State University of Food Production, 11. Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russia, makarkinanv@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-5922-5616>

Вклад авторов

Нина В. Мяснищева написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Contribution

Nina V. Myasishcheva 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 15/07/2021	После редакции 06/08/2021	Принята в печать 01/09/2021
Received 15/07/2021	Accepted in revised 06/08/2021	Accepted 01/09/2021

Анализ потребления молока и выявление фальсификаций в молочной продукции

Дарья И. Шишкина	¹	shishkina.di@rea.ru	 0000-0002-0620-8465
Анна В. Сергеева	¹	chana10@ya.ru	 0000-0003-0699-7529
Александра А. Морозова	²	morozova-aleksandra@bk.ru	 0000-0002-5547-6175

¹ Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, 117997, Россия

² Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское ш., 11, г. Москва, 125080, Россия

Аннотация. Потребительская корзина напрямую зависит от доходов населения, которые, по данным Росстата снижаются в последние годы. Федеральные торговые сети устанавливают низкие закупочные цены, ориентируясь на экономическую ситуацию в стране и стремясь сохранить низкие цены для поддержания объемов продаж. Производители, в свою очередь, вынуждены фальсифицировать продукт, чтобы сохранять объемы поставок. В материале рассматривается химический состав молока, раскрывается пищевая и биологическая ценность данного продукта. Статья посвящена способам фальсификации молочной продукции и методам их выявления при помощи прибора "Лактан 1-4 мини". Были определены сухой обезжиренный молочный остаток, плотность и массовая доля жира образцов, проанализированы органолептические показатели качества. На основании полученных данных сделаны выводы о доброкачественности продуктов, проанализированы возможные причины несоответствия реальных показателей требованиям нормативно-правовых документов и данным маркировки. Также был проведен сравнительный анализ молока частных фермерских хозяйств и молока промышленной переработки. Для сопоставления образцов был использован метод органолептической оценки, далее физико-химические показатели были сравнены с нормами ГОСТ. Был проведен холл-тест с закрытой дегустацией образцов молока частных фермерских хозяйств и молока промышленной переработки. В ходе опроса участники оценивали каждый из образцов в зависимости от желания его приобрести. В статье рассмотрены различные факторы, влияющие на выбор потребителем продукта промышленной переработки или «фермерского» молока. Отражены результаты социального опроса современных потребителей касательно их предпочтений в выборе молочной продукции.

Ключевые слова: молоко, фальсификации молока, выявление фальсификаций, пищевые технологии, химический состав.

Milk consumption analysis and detection of dairy products falsifications

Daria I. Shishkina	¹	shishkina.di@rea.ru	 0000-0002-0620-8465
Anna V. Sergeeva	¹	chana10@ya.ru	 0000-0003-0699-7529
Aleksandra A. Morozova	²	morozova-aleksandra@bk.ru	 0000-0002-5547-6175

¹ Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny lane 36, Moscow, 117997, Russia

² Moscow State University of Food Production, Volokolamskoe Hwy, 11, Moscow, 125080, Russia

Abstract. The consumer's basket directly depends on the incomes, which, according to Rosstat, have been declining in recent years. Federal retail chains set low purchase prices, focusing on economic situation in the country and striving to keep prices low to maintain sales volumes. Manufacturers, in turn, are forced to falsify the product in order to maintain supply volumes. The material examines chemical composition of milk, reveals the nutritional and biological value of this product. The article is devoted to the methods of dairy products falsification and methods of their detection using the device "Lactane 1-4 mini". The dry fat-free milk residue, density and mass share of fat of the samples were determined, organoleptic quality indicators were analyzed. Based on the data obtained, conclusions are drawn about the quality of products, possible reasons for non-compliance of real indicators with the requirements of regulatory documents and labeling data are analyzed. A comparative analysis of the milk of private farms and milk of industrial processing was also carried out. To compare the samples, the method of organoleptic evaluation was used, then the physico-chemical parameters were compared with State Standard requirements. A hall test was conducted with a closed tasting of samples of milk from private farms and milk from industrial processing. During the survey, participants evaluated each of the samples depending on their desire to purchase it. The article considers various factors influencing the consumer's choice of an industrial processing product or "farm" milk. The results of the social survey of modern consumers regarding their preferences in choosing dairy products are reflected.

Keywords: milk, milk falsification, detection of falsifications, food technologies, chemical composition.

Введение

Молоко и молочные продукты являются источниками большинства необходимых питательных веществ для млекопитающих животных и человека. Высокая питательная ценность обусловлена содержанием различных органических соединений. В первую очередь это различные азотистые соединения: белковые вещества (казеин, сывороточные белки, протеино-пептоны), пептиды и свободные аминокислоты. В сочетании с белками пшеницы, белки молока составляют

смесь по количеству и соотношению незаменимых аминокислот, близкую к эталонному белку. Также в молоке содержатся различные липиды: триацилглицерины (известные современному потребителю как жиры), фосфолипиды (лецитин), стерин, представленные в основном холестерином; наблюдается небольшое содержание свободных жирных кислот. Соотношение насыщенных и ненасыщенных жирных кислот (НЖК) и триглицеридов изменяется в зависимости

Для цитирования

Шишкина Д.И., Сергеева А.В., Морозова А.А. Анализ потребления молока и выявление фальсификаций в молочной продукции // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 151–159. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-151-159

For citation

Shishkina D.I., Sergeeva A.V., Morozova A.A. Milk consumption analysis and detection of dairy products falsifications. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 151–159. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-151-159

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

от сезона и состава кормов, наибольшее количество НЖК наблюдается в составе молока и молочных продуктов в летний период. Основными углеводами молока являются лактоза, глюкоза и галактоза. Соотношение данных органических соединений, витаминов и минеральных веществ считается одним из самых оптимальных. К сожалению, некоторые витамины разлагаются и теряют свою биологическую активность в процессе хранения, транспортировки и пастеризации. Наиболее важными показателями содержания вышеуказанных веществ в молоке являются массовая доля жира (МДЖ) и содержание молочной плазмы (все вещества, кроме жира). Этот показатель принято называть сухим обезжиренным молочным остатком (СОМО).

Потребительская корзина напрямую зависит от доходов населения. Данные Росстата [2] указывают на снижение доходов населения в последние годы. Наблюдается снижение доходов на 10% относительно уровня 2013 года, на фоне кризиса прошлого года реальные располагаемые доходы россиян снизились на 3,5%. Около 13% россиян находятся за чертой бедности. Экономия россиян на всем, в том числе на продуктах питания, привела к появлению продуктовых сетей, ориентированных на покупателей с низким доходом. Для сохранения и поддержания уровня продаж, топ-менеджмент ритейла среднего и низшего ценового сегмента, требует от производителей максимально низкие цены.

В сложившейся ситуации, когда на рынке наблюдается олигополия федеральных торговых сетей, блокирующих повышение закупочных цен на продукты питания, собственники бизнеса вынуждены идти на различные фальсификации продукта.

Фальсифицируют молоко различными способами: разбавляют водой и уменьшают объем нетто и массовую долю жира относительно заявленной в маркировке, заменяют молочный жир растительным, а сухое молоко – сухой подсырной и творожной сывороткой, растительными белками и мальтодекстринами. В сложившейся ситуации возникает вопрос: не скрывается ли за привычным потребителю вкусом совершенно другой продукт, являющийся результатом многочисленных достижений пищевой технологии? Не будет ли правильным решением сделать выбор в пользу молока, произведенного в небольших фермерских хозяйствах? Не обусловлена ли высокая цена “фермерского” продукта его качеством?

Современные технологии пищевой промышленности позволяют не только значительно изменять химический состав молочных

продуктов, но и выявлять часть вышеуказанных фальсификаций буквально за несколько минут.

Цель работы – определение фальсификаций молока и сравнительный анализ молока частных фермерских хозяйств и молока промышленной переработки.

Материалы и методы

Органолептическая оценка

Для проведения органолептической оценки и исследования физико-химических показателей было использовано 5 образцов молока. В качестве образца молока частных фермерских хозяйств было использовано довольно известное в Москве молоко Истринской сыроварни Олега Сироты. Для анализа использовалось молоко цельное пастеризованное с массовой долей жира 3,6–6%.

Для определения качества молока промышленной переработки были использованы 4 образца: молоко собственной торговой марки (СТМ) АО «Тандер» «Магнит свежесть», молоко собственной торговой марки сети магазинов для здорового питания «ВкусВилл», молоко брендов «Parmalat» и «Домик в деревне». Все вышеуказанные образцы были заявлены производителями как молоко пастеризованное с массовой долей жира 2,5%.

Органолептическая оценка качества проводилась в сравнении с требованиями ГОСТ 31450 «Молоко питьевое. Технические условия» [1].

Анализ физико-химических показателей

Исследование физико-химических показателей проводилось на приборе «Лактан 1–4 мини». Каждое измерение проводилось в 3 повторностях. Были измерены 3 показателя – СОМО, плотность и МДЖ. Полученные результаты были сопоставлены с информацией, указанной на этикетке, а также с требованиями ГОСТ 31450 «Молоко питьевое. Технические условия».

Социальный опрос

Для исследования органолептических предпочтений современных потребителей методом социального опроса с дегустацией было использовано молоко Истринской сыроварни Олега Сироты (далее – Образец 1), а противопоставлялось ему молоко промышленной переработки бренда «Parmalat» (далее – Образец 2).

Участникам было предложено оценить готовность приобрести каждый образец по 6-балльной шкале. После проведения органолептического анализа молока респондентам было предложено ответить на ряд вопросов, в той или иной степени касающихся потребления ими молочной продукции. Участникам предлагалось порассуждать над темой “Готовы ли

Вы переплачивать за качество молока?», а затем указать некоторые характеристики, которые влияют на выбор ими молока частных фермерских хозяйств или же молока промышленной переработки.

Результаты

Органолептическая оценка

В ГОСТ 31450 «Молоко питьевое. Технические условия» устанавливаются следующие органолептические показатели качества: внешний вид – непрозрачная жидкость. Консистенция – жидкая, однородная нетягучая, слегка вязкая, без хлопьев белка и слипшихся комочков жира. Вкус и запах – характерные для молока, без посторонних привкусов и запахов, с легким привкусом кипячения. Допускается сладковатый привкус. Цвет – белый.

Внешний вид и консистенция у всех образцов схожи. Несмотря на заявленную одинаковую жирность наблюдалось различие оттенков белого у разных производителей. Так, идеально белый цвет был отмечен у молока бренда «Parmalat». Молоко Истринской сыроварни имеет кремовый оттенок.

Вкус и цвет молока также несколько различны. Образец Истринской сыроварни

обладает слабым характерным запахом молока и сладковатым привкусом, образец «ВкусВилл» – ванильным ароматом и привкусом, «Домик в деревне» – слабо выраженным сладковатым привкусом и ароматом сливок. Образец марки «Parmalat» – характерным сладковатым привкусом сливочного жира и аналогичным ароматом. На фоне данных образцов выделяется «Магнит Свежесть». Несмотря на название, молоко обладало ярко выраженным запахом кефира и необычным вкусом: некоторые респонденты ощутили ярко выраженный привкус сухого молока, другие – горьковатый привкус, остальные участники провели аналогию со вкусом простокваши. В целом, данный образец можно охарактеризовать как прокисшее молоко, однако никаких изменений в консистенции отмечено не было.

Анализ физико-химических показателей

ГОСТ 31450 «Молоко питьевое. Технические условия» предусматривает следующие нормы: СОМО не менее 8,2% для всех образцов, плотность не менее 1028 кг/м³ для образцов с МДЖ 2,5% и не менее 1024 кг/м³ для цельного молока.

Данные, представленные в таблице 1, являются средними значениями полученных данных с учетом погрешности измерения прибора.

Таблица 1.
Результаты анализа физико-химических показателей молока на приборе «Лактан 1–4» и их сравнение с показателями, представленными в маркировке и требованиям ГОСТ

Table 1.
Results of physico-chemical indicators analysis of milk by the «Lactan 1–4» device and their comparison with indicators presented on the labelling or State Standard requirements

Образец Sample	Показатель Rate	Значение по маркировке или по ГОСТ Value according to labelling or the State Standard requirements	Фактическое среднее значение Actual average
1	2	3	4
Истринская сыроварня Олега Сироты цельное МДЖ 3,6–6% пастеризованное Istraregion Oleg Sirota's cheese factory whole pasteurized milk with 3,6–6% mass share of fat (MSF)	Плотность, кг/м ³ Density, kg/m ³	>1024	1030 ± 3
	МДЖ, % Mass share of fat (MSF), %	3,6–6	4,0
	СОМО, % Dry fat-free milk residue (DFFMR), %	>8,2	8,7
ВкусВилл МДЖ 2,5% пастеризованное Vkus Vill pasteurized milk with 2,5% mass share of fat (MSF)	Плотность, кг/м ³ Density, kg/m ³	>1028	1025 ± 2*
	МДЖ, % Mass share of fat (MSF), %	>2,5	2,38
	СОМО, % Dry fat-free milk residue (DFFMR), %	>8,2	7,36

Продолжить таблицу 1 | Continue table 1 |

1	2	3	4
Домик в деревне МДЖ 2,5% пастеризованное Domik-v-derevne pasteurized milk with 2,5% mass share of fat (MSF)	Плотность, кг/м ³ Density, kg/m ³	>1028	1026 ± 2
	МДЖ, % Mass share of fat (MSF), %	>2,5	2,53
	COMO, % Dry fat-free milk residue (DFFMR), %	>8,2	7,7
Parmalat МДЖ 2,5% пастеризованное Parmalat pasteurized milk with 2,5% mass share of fat (MSF)	Плотность, кг/м ³ Density, kg/m ³	>1028	1028 ± 2
	МДЖ, % Mass share of fat (MSF), %	>2,5	3,17
	COMO, % Dry fat-free milk residue (DFFMR), %	>8,2	7,93
Магнит Свежесть МДЖ 2,5% пастеризованное Magnit Svezhest pasteurized milk with 2,5% mass share of fat (MSF)	Плотность, кг/м ³ Density, kg/m ³	>1028	1029 ± 2
	МДЖ, % Mass share of fat (MSF), %	>2,5	2,56
	COMO, % Dry fat-free milk residue (DFFMR), %	>8,2	8,23
* – Несоответствие ГОСТ или данным с маркировки * – Noncompliance with the State Standard requirements or data from the labelling			

Социальный опрос

Опрос был проведен между студентами и преподавателями Российского Экономического Университета им. Г.В. Плеханова и Московского Государственного Университета Пищевых Производств, с учетом возрастных категорий участников. На диаграмме (рисунок 1) представлено их распределение по возрастам.

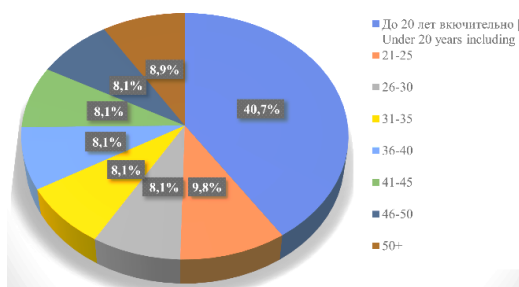


Рисунок 1. Распределение участников опроса по возрастам
Figure 1. Distribution of respondents by age

Был организован холл-тест, в ходе которого респонденты пробовали “в закрытую” 2 образца молока и оценивали возможность приобретения ими данных продуктов.

Результаты исследования приведены на рисунке 2.

Схема оценивания предлагалась следующая:
0 баллов – это наименьшее число баллов, которое мог набрать продукт. Респондент утверждает, что не приобрел бы продукт ни в коем случае.

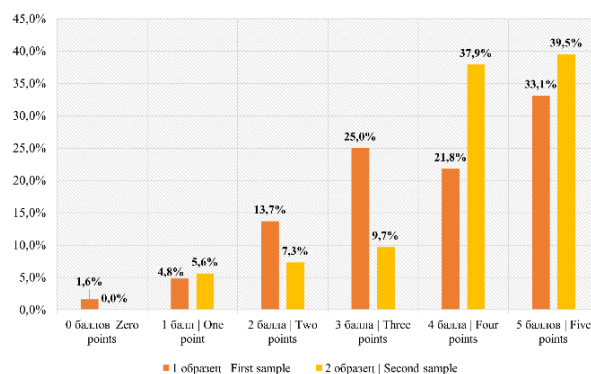


Рисунок 2. Готовность участников опроса приобрести каждый образец по 6-балльной шкале

Figure 2. Willingness of respondents to purchase each sample on a 6-point scale

Образец оценивался в 1 балл, если участник опроса рассматривал приобретение данного продукта только в крайнем случае.

Оценка в 2 балла предполагала, что образец был бы приобретен с малой долей вероятности.

В 3 балла – покупку в случае акции или выгодного предложения.

В 4 балла продукт оценивался в случае, если респондент допускал приобретение продукта со средней долей вероятности.

5 баллов – это наивысшая оценка, которую мог получить продукт. Участники, выбравшие этот ответ, с удовольствием бы приобрели молоко данного образца.

Затем участники исследования отвечали на несколько вопросов, касающихся их отношения к качеству продуктов, причин выбора ими тех или иных продуктов питания.

Результаты приведены на рисунке 3.

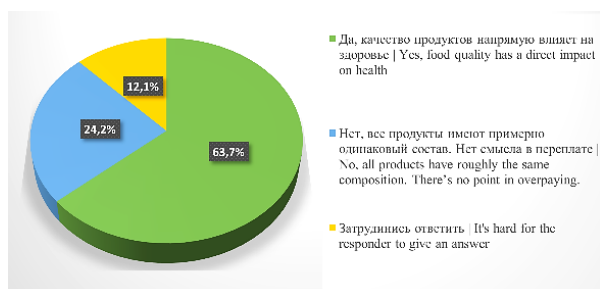


Рисунок 3. Готовность участников переплачивать за качество молока

Figure 3. Willingness of respondents to overpay for the milk quality

Далее респондентам было предложено поразмышлять над критериями выбора ими фермерского или промышленного молока, при этом допускалось указывать одному участнику несколько вариантов ответа.

Результаты опроса приведены на рисунке 4.

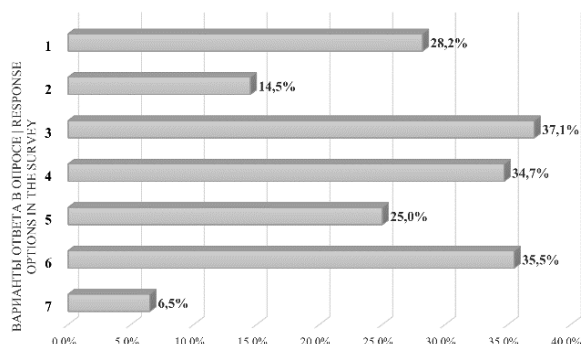


Рисунок 4. Предпочтения участников опроса к приобретению «фермерского» или промышленного молока: 1 – фермерское, потому что мне больше нравится его вкус/запах/цвет; 2 – фермерское, потому что я поддерживаю осознанное потребление, и мне важны условия содержания животных; 3 – фермерское, потому что оно натуральнее; 4 – промышленной переработки, потому что мне больше нравится его вкус/запах/цвет; 5 – промышленной переработки, потому что оно более бюджетное; 6 – промышленной переработки, потому что производитель гарантирует безопасность продукта; 7 – затрудняюсь ответить

Figure 4. Respondents' preference for "farmer" or industrial milk: 1 – the farmer one, because I like it's taste/smell/color better; 2 – the farmer one, because I support conscious consumption and I care about animal housing; 3 – the farmer one, because it's more natural; 4 – the industrial one, because I like it's taste/smell/color better; 5 – the industrial one, because it's cheaper; 6 – the industrial one, because the manufacture guarantees the product's safety; 7 – it's hard for me to give an answer

Обсуждение

Органолептическая оценка

В целом, большинство исследуемых образцов соответствует требованиям ГОСТ. По цвету отличается от остальных образцов молоко Истринской сыроварни, что объяснимо его высокой жирностью. Цвет молока напрямую зависит от кормов. Бета-каротин – жирорастворимый пигмент желтого цвета, который содержится в траве и, соответственно, входит состав коровьего молока. Также он является провитамином А. Образец «Магнит Свежесть» обладает характерным вкусом и запахом, свидетельствующими о нарушении режимов производства или хранения продукта.

Анализ физико-химических показателей

В результате исследования были получены нижеследующие данные: молоко Истринской сыроварни Олега Сироты соответствует данным, указанным в маркировке и требованиям ГОСТ по исследуемым показателям. Молоко «Магнит Свежесть» также соответствует вышеуказанным нормам, однако его органолептические показатели свидетельствуют о недоброкачественности молока или же о нарушении условий хранения продукта. Образцы «Parmalat» и «Домик в деревне» имеют пониженное содержание СОМО, образец «ВкусВилл» не соответствует ни указанной в маркировке массовой доле жира, ни требованиям ГОСТ относительно плотности и содержания сухих веществ. Удивляет сильно завышенное относительно требований ГОСТ содержание жира в образце бренда «Parmalat», так как молочный жир является достаточно дорогим пищевым ингредиентом, и производители зачастую занижают его содержание в продукте вопреки требованиям нормативно-правовых документов. Молочный жир используется для производства десертов, соусов, высокожирных молочных продуктов.

Отдельно необходимо проанализировать недостаток СОМО в исследуемых образцах. Согласно исследованиям, молоко здоровой коровы содержит не менее 8,5% сухих обезжиренных веществ. Современная нормативно-правовая база допускает содержание СОМО не менее 8,2%. Данному показателю уделяется больше внимания, чем МДЖ, так как МДЖ – показатель нестабильный. В сыром молоке, полученном от одной коровы, он может изменяться несколько раз в день, а также он сильно зависит от времени года и рациона животного. СОМО же – достаточно стабильный как в количественном, так и в качественном отношении показатель. Недостаток сухих веществ при

одновременном понижении плотности свидетельствует о разбавлении продукта водой. При соответствии плотности нормам ГОСТ можно допустить наличие у животного различных заболеваний (мастит, нарушение обмена веществ) либо использование сухого молока в производстве продукта.

Социальный опрос

После анализа физико-химических показателей молока был проведен социальный опрос. Его основной целью являлось изучение предпочтений современных потребителей. Нормативные акты устанавливают показатели качества, которым в той или иной степени удовлетворяют исследованные продукты. Однако потребитель ежедневно делает выбор в магазине, ориентируясь не на отклонения продукта в десятых долях процента от заявленных показателей, а исходя из своих личных предпочтений. К ним можно отнести некоторые органолептические особенности продукта, его позиционирование на рынке, и, конечно же, цену.

Для полноценного анализа ситуации на рынке были рассмотрены сайты производителей молока, участвовавших в экспертизе, а также сопоставлены цены образцов. Производитель молока Истринской сыроварни на официальном сайте заявляет [14], что производство находится в деревне Дубровское Истринского района Московской области и даже предлагает лично понаблюдать за 130 коровами, чье молоко и используется для производства сыров, йогуртов и других молочных продуктов. Сыры данного производителя ежегодно занимают призовые места на конкурсах российского и международного уровня, что является косвенным показателем качества и безопасности сырья. Цена достаточно высокая: 100 рублей за 750 мл.

Остальные образцы известны современному потребителю как типичные представители молока промышленной переработки различных ценовых категорий. «Магнит Свежесть» нормализованное пастеризованное – самый бюджетный вариант: 45,99 руб. за 0,9 л. Производитель – ООО «Никон». На официальном сайте «Магнита» [16] потребителю рекламируют продукцию СТМ как товары по доступным ценам и отличного качества, а также обещают продукты из натурального сырья, поступающего из экологически чистых районов страны. Более того, гарантируют отказ от консервантов. Молоко пастеризованное нормализованное «Домик в деревне» [12] также можно отнести к бюджетным вариантам: за 930 мл 60 рублей. На официальном сайте оно заявлено как вкусное и свежее молоко, «как у бабушки». Отдельно стоит рассмотреть молоко

«ВкусВилл». В разделе «Миссии и ценности» на официальном сайте [15] утверждается, что «компания «ВкусВилл» предлагает людям натуральные здоровые продукты, а также честное отношение». Более того, компания заявляет о постоянных тестированиях продукции в независимых лабораториях. У потребителя создается ощущение, что он покупает действительно качественный, безопасный и натуральный продукт. При этом удивляет цена – всего 50 рублей за 0,9 л. Последний образец, участвовавший в исследовании – молоко нормализованное «Parmalat» [11]. Никаких громких заявлений о качестве и натуральности продукта на сайте найдено не было, однако цена значительно выше предыдущих образцов – 80 рублей за 930 мл.

В целом, анализ полученных результатов говорит о том, что современного потребителя привлекает вкус и запах молока промышленной переработки. Он ему более привычен и понятен, чем вкус «фермерского» молока, порой со специфическими, хоть и не порочащими, нотками вкуса и аромата. Количество респондентов, оценивших Образец 1 на 4 и 5 баллов, значительно меньше количества участников, готовых приобрести Образец 2.

Некоторым представителям старшего поколения хорошо знаком вкус молока «из-под коровы», он вызывает у них ностальгию по годам своей юности. Напротив, большинству участников опроса среднего возраста и представителям молодого поколения плохо или совсем не знаком вкус «фермерского» продукта, у некоторых он даже вызывает отвращение. Их выбор – привычное по органолептическим показателям молоко промышленной переработки. В последнем вопросе анкеты значительная доля респондентов также подтвердила это утверждение. Также среди факторов, влияющих на выбор потребителями молока промышленной переработки, был популярен такой аспект как гарантированная безопасность продукта. Около трети опрошенных заявили о том, что их выбор – «фермерское» молоко, так как оно гарантированно натуральное.

Готовность платить больше за более качественную продукцию напрямую зависит от популярности здорового образа жизни. По данным Минздрава РФ [13], 62% населения России ориентированы на здоровое питание. В целом, результаты проведенного исследования соответствуют официальным статистическим данным. Большая часть опрошенных заявила о готовности вкладывать средства в свое здоровье. Данная группа респондентов считает неразрывной связью между правильным питанием и состоянием

своего здоровья. Более того, заинтересованность в качестве своего питания была более выражена у молодого поколения, чем у пожилых людей, что в очередной раз подтверждает популярность тренда на ЗОЖ у молодежи.

Результаты опроса, в частности, низкая популярность молока частных фермерских хозяйств, являются следствием объективных факторов. Во-первых, в торговых сетях продукты частных фермерских хозяйств появились относительно недавно. Продвижением продуктов данного сегмента занимаются компании “ВкусВилл”, “Ешь деревенское” и некоторые другие. Ситуация осложняется большим объемом документов, которые необходимо получить для реализации продукции через данные сети. Контролировать микробиологические показатели качества в рамках небольшого хозяйства также довольно затруднительно. Следовательно, доля такой продукции на данный момент невысока. Для продвижения данной продукции необходимы временные затраты и активная рекламная кампания.

Во-вторых, молоко частных фермерских хозяйств существенно дороже молока СТМ. Для сравнения: молоко Истринской сыроварни на 55–160% дороже промышленных образцов. К сожалению, последствием пандемии COVID-19 стал резкий – на 1,8 млн человек – рост числа россиян, живущих за чертой бедности. По данным Росстата по итогам второго квартала 2020 года доходы ниже прожиточного минимума оказались почти у 20 млн человек, и пандемия продолжается. Следовательно, далеко не каждый человек может себе позволить данный продукт, несмотря на его натуральность и высокое качество.

Вопрос о выборе между молоком промышленной переработки и молоком “фермерским” – в том числе результат фальсификаций, некоторые из которых были подтверждены данным исследованием. К сожалению, современный потребитель регулярно сталкивается с обманом как со стороны торговых сетей [4–6], гарантирующих регулярные проверки качества товаров, так и со стороны производителей, заявляющих на официальных сайтах о натуральности продукции. Однако основная ответственность за происходящее лежит именно на ритейле. Очевидно, что абсолютное большинство здравомыслящих производителей ориентировано на устойчивое развитие своих предприятий, они стремятся сохранить свое честное имя и престиж торговой марки. В процессе рассмотрения экономических отношений между производителями и торговыми сетями становится очевидно, что первые находятся в достаточно невыгодном положении.

На фоне олигополии федеральных торговых сетей и уменьшения количеств мелких сетей и частных магазинов производители вынуждены полностью подчиняться требованиям ритейла. Федеральные торговые сети устанавливают низкие закупочные цены, ориентируясь на экономическую ситуацию в стране и стремясь сохранить низкие цены для поддержания объемов продаж. Производители, в свою очередь, вынуждены фальсифицировать продукт, чтобы сохранять объемы поставок буквально “любой ценой”. Необходимо на законодательном уровне ограничить влияние ритейла на производителей, а также сделать полностью прозрачной и доступной информацию о качестве и безопасности пищевых продуктов. Торговые сети не должны останавливаться на заявлениях о высоком качестве и безопасности своей продукции на официальных сайтах. Необходимо реализовывать это созданием здоровой среды для диалога с поставщиками, а также прикладывать реальные усилия для контроля за показателями качества товара, бороться с фальсификациями.

Заключение

В первую очередь, результатом исследования стало выявление фальсификаций молочной продукции по физико-химическим показателям в 3 образцах из 5. Еще у одного образца были выявлены явные нарушения условий производства и хранения. Стоит отметить, что нарушения были выявлены исключительно у образцов молока промышленной переработки, в то время как образец Истринской сыроварни отличается высоким качеством по исследованным показателям.

Также в ходе исследования были проанализированы пищевые привычки современных потребителей и выявлена популярность молока промышленной переработки относительно молока «фермерского». Основные причины – стабильность и привычность органолептических показателей. Однако, среди части населения все еще бытует мнение о том, что натурально и качественно лишь молоко частных фермерских хозяйств. Респонденты подтвердили свою заинтересованность в здоровом питании и готовность переплачивать за качество продуктов питания.

Более того, в исследовании были проанализированы факторы, потенциально влияющие на количество фальсификаций молочной продукции. К ним были отнесены олигополия федеральных торговых сетей, существенное снижение доходов населения и отсутствие нормативного регулирования ограничения влияния ритейла на производителей.

Благодарности

Авторы данной статьи выражают свою благодарность сотрудникам кафедры товароведения и товарной экспертизы Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова преподавателю-

ассистенту Молодкиной Полине Георгиевне и лаборанту Шаланкиной Алёне Денисовне за предоставление возможности проведения исследования и использования необходимого для этого оборудования (Лактана 1–4 и сопутствующих предметов).

Литература

- 1 ГОСТ 31450–2013. Государственная система обеспечения единства измерений. Молоко питьевое. Технические условия (Издание с Поправкой). М.: Стандартинформ, 2019. 9 с.
- 2 Витрина статистических данных Федеральной службы государственной статистики // Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://showdata.gks.ru/finder/>
- 3 Дернова О.В., Зуева Г.В., Фальсификация молока // Молодежь и наука. 2016. № 11. С. 1.
- 4 Коваленок А.В., Николаева Ю.В., Рудакова М.Ю. Борьба с фальсификацией пищевой продукции // Переработка молока. 2018. № 3(221). С. 50–53.
- 5 Коваленок А.В., Николаева Ю.В., Тарасова В.В. Борьба с фальсифицированной продукцией сегодня – лечение болезни, а не ее причины // Кондитерское и хлебопекарное производство. 2019. № 3–4(180). С. 38–45.
- 6 Коваленок А.В., Николаева Ю.В., Рудакова М.Ю. Разработка единых требований к пищевой безопасности участниками рынка продовольственных товаров // Мясные технологии. 2016. № 8(164). С. 48–54.
- 7 Комин А.Э., Ким И.Н., Бородин И.И. К вопросу о фальсификации молока и молочных продуктов // ТППП АПК. 2020. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-falsifikatsii-moloka-i-molochnyh-produktov>
- 8 Морозова А.А., Дерябина Д.А. Способы фальсификации молока и методы их выявления // Инновационные технологии, экономика и менеджмент в промышленности: сборник научных статей VII международной научной конференции, Волгоград, 22–23 июля 2021 года. Волгоград: Общество с ограниченной ответственностью "КОНВЕРТ", 2021. С. 79–86.
- 9 Николаева М.А. Рынок молочных товаров: состояние и перспективы развития // Food industry. 2018. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rynok-molochnyh-tovarov-sostoyanie-i-perspektivy-razvitiya>
- 10 Сарафанова Л.А. Современные пищевые ингредиенты. Особенности применения. СПб.: Профессия, 2009. 208 с.
- 11 Parmalat: официальный сайт. URL: <http://www.parmalat.ru/>
- 12 Домик в деревне: официальный сайт. URL: <https://domik-v-derevne.com/>
- 13 ЗОЖ-тренды: перспективный бизнес или модный фейк // РБК. URL: <https://pro.rbc.ru/demo/5cff8aa29a7947e344626117>
- 14 Истринская сыроварня Олега Сироты: официальный сайт. URL: <https://parmezan.ru/>
- 15 Миссия и ценности // ВкусВилл: официальный сайт. URL: <https://vkusvill.ru/mission/>
- 16 Собственная торговая марка // Магнит: официальный сайт. URL: <https://magnit.ru/stm/>
- 17 Vujadinović D., Beribaka M., Vukić M., Marjanović-Balaban Ž. Comparison of Methods for Determining the Falsification of Milk // Journal of Hygienic Engineering and Design. 2017. № 18. P. 19–24.
- 18 Smirnova A., Konoplev G., Mukhin N., Stepanova O. et al. Milk as a Complex Multiphase Polydisperse System: Approaches for the Quantitative and Qualitative Analysis // Journal of Composites Science. 2020. № 4(4). P. 151. doi: 10.3390/jcs4040151
- 19 Reznichenko L., Nikolenko E., Noskov S., Shcherbinin R. Development of histological detection methods of cottage cheese falsification // BIO Web of Conferences. EDP Sciences, 2020. V. 27. doi:10.1051/bioconf/20202700098
- 20 Florinskaya E.E. Analysis and prospects of development of identification and falsification of dairy products // The International Scientific Journal. 2017.

References

- 1 State Standard 31450–2013. State system for ensuring unity of measurement. Drinking milk. Technical conditions (Amendment edition). M.: Standardinform Publ., 2019. 9 p. (in Russian).
- 2 Statistical display case of Federal State Statistics Service. Federal State Statistics Service. Available at: <https://showdata.gks.ru/finder/> (in Russian).
- 3 Dernova O.V., Zueva G.V. Milk falsification. Youth and science Journal. 2016. no. 11. pp. 1. (in Russian).
- 4 Kovalenok A.V., Nikolaeva Y.V., Rudakova M.Y. Combating falsification of food products. Milk processing Publ. 2018. no. 3 (221). pp 50–53. (in Russian).
- 5 Kovalenok A.V., Nikolaeva Y.V., Tarasova V.V. Combating falsified products today is the treatment of disease, not its causes. Confectionery and bakery Publ. 2019. no. 3–4 (180). pp 38–45. (in Russian).
- 6 Kovalenok A.V., Nikolaeva Y.V., Rudakova M.Y. Development of common food safety requirements by food market participants. Meat technology Journal. 2016. no. 8 (164). pp 48–54. (in Russian).
- 7 Komin A.E., Kim I.N., Borodin I.I. In relation to the question of falsification of milk and dairy products. TPPP APK. 2020. no. 4. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-falsifikatsii-moloka-i-molochnyh-produktov> (in Russian).
- 8 Morozova A.A., Deryabina D.A. Methods of milk falsification and methods of its detection. Morozova A.A., Innovative technologies, economics and industrial management: collection of scientific articles VII International Scientific Conference, Volgograd, 22–23 July 2021. Volgograd, Limited liability company "ENVELOPE", 2021. pp.79–86. (in Russian).
- 9 Nikolaeva M.A. Dairy market: status and prospects. Food industry. 2018. no. 3. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/rynok-molochnyh-tovarov-sostoyanie-i-perspektivy-razvitiya> (in Russian).
- 10 Sarafanova L.A. Modern food ingredients. Application features. Saint-Petersburg, Profession Publ. 2009. 208 p. (in Russian).
- 11 Parmalat: the official site. Available at: <http://www.parmalat.ru/> (in Russian).
- 12 Domik-v-derevne: the official site. Available at: <https://domik-v-derevne.com/> (in Russian).

- 13 Healthy lifestyle-trends: promising business or a fashion fake. RBC. Available at: <https://pro.rbc.ru/demo/5cff8aa29a7947e344626117> (in Russian).
- 14 Istra region Oleg Sirota's cheese factory: the official site. Available at: <https://parmezan.ru/> (in Russian).
- 15 Mission and values. VkusVill: the official site. Available at: <https://vkusvill.ru/mission/> (in Russian).
- 16 Own trademark. Magnit: the official site. Available at: <https://magnit.ru/stm/> (in Russian).
- 17 Vujadinović D., Beribaka M., Vukić M., Marjanović-Balaban Ž. Comparison of Methods for Determining the Falsification of Milk. Journal of Hygienic Engineering and Design. 2017. no. 18. pp. 19–24.
- 18 Smirnova A., Konoplev G., Mukhin N., Stepanova O. et al. Milk as a Complex Multiphase Polydisperse System: Approaches for the Quantitative and Qualitative Analysis. Journal of Composites Science. 2020. no. 4(4). pp. 151. doi: 10.3390/jcs4040151
- 19 Reznichenko L., Nikolenko E., Noskov S., Shcherbinin R. Development of histological detection methods of cottage cheese falsification. BIO Web of Conferences. EDP Sciences, 2020. vol. 27. doi:10.1051/bioconf/20202700098
- 20 Florinskaya E.E. Analysis and prospects of development of identification and falsification of dairy products. The International Scientific Journal. 2017.

Сведения об авторах

Дарья И. Шишкина старший преподаватель, кафедра ресторанного бизнеса, Российский Экономический Университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, 117997, Россия, shishkina.di@rea.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0620-8465>

Анна В. Сергеева студент, факультет гостинично-ресторанной, туристической и спортивной индустрии, кафедра ресторанного бизнеса, Российский Экономический Университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, 117997, Россия, chana10@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0699-7529>

Александра А. Морозова студент, институт пищевых систем и здоровье сберегающих технологий, кафедра биотехнологии и продуктов биоорганического синтеза, Московский Государственный университет пищевых производств, Волоколамское ш., 11, г. Москва, 125080, Россия, morozova-aleksandra@bk.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5547-6175>

Вклад авторов

Дарья И. Шишкина консультация в ходе исследования, предложила методику проведения эксперимента и организовала производственные испытания, ответственна за плагиат

Анна В. Сергеева обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент

Александра А. Морозова написала рукопись, провела эксперимент, выполнила расчеты

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Daria I. Shishkina senior lecturer, restaurant business department, Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny lane 36, Moscow, 117997, Russia, shishkina.di@rea.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0620-8465>

Anna V. Sergeeva student, hotel, restaurant, tourism and sport industry, academic department of restaurant business faculty, Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny lane 36, Moscow, 117997, Russia, chana10@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0699-7529>

Aleksandra A. Morozova student, institute of food systems and health-saving technologies, academic department of biotechnology and bioorganic synthesis products, Moscow State University of Food Production, Volokolamskoe Hwy, 11, Moscow, 125080, Russia, morozova-aleksandra@bk.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5547-6175>

Contribution

Daria I. Shishkina consultation during the study, proposed a scheme of the experiment, organized production trials and is responsible for plagiarism

Anna V. Sergeeva review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment

Aleksandra A. Morozova wrote the manuscript, conducted an experiment, performed computations

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 16/07/2021	После редакции 04/08/2021	Принята в печать 25/08/2021
Received 16/07/2021	Accepted in revised 04/08/2021	Accepted 25/08/2021

Инновации в переработке ягодного сырья с использованием технологии осмотического обезвоживания на примере земляники садовой

Наталья А. Грибова¹ natali-g@bk.ru  0000-0002-8440-5325

¹ Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36, г. Москва, 117997, Россия

Аннотация. Осмотическое обезвоживание является важной унитарной операцией по превращению скоропортящихся фруктов, плодов, ягод в новые продукты с добавленной стоимостью и с более длительным сроком хранения. Основной целью и задачами являлось изучение осмотического обезвоживания в сочетании с комбинированной технологией переработки растительного сырья. Объектами исследований являлись свежие ягоды земляники садовой, в качестве осмотического агента взят гипертонический раствор сахарозы. В процессе исследований изучены активность воды, сухие вещества, потеря влаги, массы, витамины (С, β-каротин, РР), углеводы, органические кислоты, энергетическая ценность и макроэлементы (К, Са). В результате научных исследований установлено, что после осмотического обезвоживания ягод, уменьшение массы и потеря влаги составила до 23–26%, ягоды уплотнились на 4%. Выбор температурного режима имеет линейную зависимость от потери влажности во времени сушки осмодезицированных ягод. Изучены и определены пороговые значения активности воды для большинства микроорганизмов, за пределами которых, замедляются или прекращаются процессы их роста, следовательно, активность воды в осмодезицированных ягодах составила 0,578 и полученный продукт можно отнести к продукту с низкой влажностью. По органолептическим показателям осмодезицированные ягоды соответствуют требованиям, предъявляемым к нормативным правовым актам. Энергетическая ценность осмодезицированных ягод земляники садовой увеличилась примерно на 13%, кислотность уменьшилась на 38%, массовая доля сахаров в среднем меньше на 30% чем в цукатах. Изменения витаминного состава и макроэлементов в осмодезицированных ягодах имеют положительную динамику, потери во время комбинированной переработки были незначительны и составили около 5%. Следовательно, подтвержден положительный эффект комплексной технологии переработки ягодного сырья с применением предварительного обезвоживания гипертоническим раствором сахарозы с последующей конвективной сушкой.

Ключевые слова: дегидратация, осмотическое обезвоживание, ягоды, конвективная сушка, раствор сахарозы

Innovations in the processing of berry raw materials using osmotic dehydration technology on the example of strawberries

Natalya A. Gribova¹ natali-g@bk.ru  0000-0002-8440-5325

¹ Plekhanov Russian Economic University, Stremyanniy lane, 36, Moscow, 117997, Russia

Abstract. Osmotic dehydration is an important unitary operation to transform the perishable fruits, fruits, berries in new products with added value and longer shelf life. The main goal and task was to study osmotic dehydration in combination with the combined technology of processing of vegetable raw materials. Objects and methods were the fresh berries of the strawberries, as the osmotic agent used hypertonic solution of sucrose, in the process studied the activity of water, solids, moisture loss, mass, vitamins (C, β-carotene, PP), carbohydrates, organic acids, energy value and macronutrients (K, CA). As a result of scientific research, it was found that after osmotic dehydration of berries, weight reduction and moisture loss amounted to 23–26%, water loss to 26%, a solid gain above 4%. The choice of a temperature mode has a linear dependence on moisture loss in drying time of osmo-dehydrated berries. Studied and determined the threshold water activity for most microorganisms, outside of which, slow down or stop the process of their growth, therefore, the activity of the water in osmo-dehydrated berries amounted to 0,578 and the resulting product refers to the product with low humidity. On organoleptic characteristics of osmo-dehydrated, berries correspond to requirements of normative legal acts. The energy value of osmo-dehydrated the strawberries increased by about 13%, mass fraction of sugar in an average of less than 30% than in the candied fruit, acidity decreased by 38%. Changes in vitamin content and macroelements in the osmo-dehydrated berries have a positive trend; the loss during the combined processing was insignificant and amounted to only about 5%. Thus confirmed the positive effect of the combined technology for the processing of berry raw materials with application of preliminary dehydration in hypertonic sucrose solutions with convective drying.

Keywords: dehydration, osmotic dehydration, berries, convective drying, sucrose solution, strawberry.

Введение

Обезвоживание ягод, фруктов, плодов и овощей является одним из самых устаревших методов сохранения пищевых продуктов. На сегодняшний день большое внимание уделяется новым технологиям, способам и методам переработки растительного сырья с целью сохранения первоначальной питательной ценности и органолептических свойств [1–3].

Для цитирования

Грибова Н.А. Инновации в переработке ягодного сырья с использованием технологии осмотического обезвоживания на примере земляники садовой // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 160–167. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-160-167

For citation

Gribova N.A. Innovations in the processing of berry raw materials using osmotic dehydration technology on the example of strawberries. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 160–167. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-160-167

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

В современный период, осмотическое обезвоживание является важным промежуточным этапом предварительной обработки или технологии [1, 3, 10], которая получила большое внимание в области сохранения плодово-ягодного и плодово-ягодного сырья, из-за снижения потребления энергии и улучшения качества пищевых продуктов. Особенно широко применяется для сохранения фруктов и плодов так как происходят значительные потери воды, накопление твердых веществ в следствии чего снижается активность воды и риск развития микробиологических факторов [11, 12].

Осмотическое обезвоживание является одним из самых важных в консервации и имеет ряд преимуществ по вкусовым качествам, структуре, цвету и препятствует потемнению ферментов, а также уменьшает затраты на электроэнергию [5, 7, 9].

Сущность осмотического обезвоживания заключается в погружении растительного сырья в концентрированные сахара (осмотический агент), которые постепенно обезвоживают пищевой продукт [6, 8]. Следовательно, в данном процессе поток воды из плодово-ягодного сырья переходит в раствор, где вместе с водой некоторые минералы, витамины, органические кислоты и т. д. также двигаются в направлении решения, а сахара мигрируют в направлении материала (рисунок 1) [13].

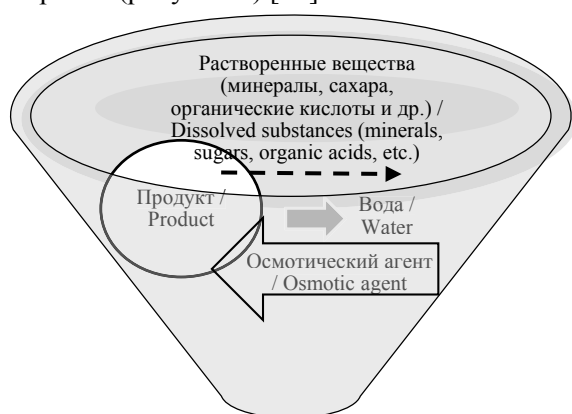


Рисунок 1. Перенос массы при осмотическом обезвоживании [1, 3–6]

Figure 1. Mass transfer during osmotic dehydration [1, 3–6]

В качестве осмотического агента для осмотического обезвоживания используются различные виды растворенных веществ, такие как фруктоза, сахароза, глюкоза, кукурузный, кленовый сиропы, инвертный сахар, лактоза, мальтоза, мед [3–8, 13, 15]. Низкие сахараиды молярной массы (сахароза, глюкоза и фруктоза) облегчают усвоение сахара за счет высокой диффузии молекул. В результате научных исследований было доказано, что применение

данного метода, конечный продукт получается высокого качества из-за органолептического сходства между натуральными и обезвоженными продуктами растительного происхождения [5, 7, 9].

Данный метод консервации осмотического обезвоживания является безопасным продуктом в течении длительного периода времени хранения и экономически выгодным [4, 8, 12, 14]. Авторы в своих научных исследованиях утверждают, что предварительное осмотическое обезвоживание перед дальнейшей переработкой плодово-ягодного сырья является наиболее предпочтительным по сравнению с другими методами так как в большей степени, сохраняются цвет, аромат, целостность структуры, питательные компоненты и улучшаются вкусовые качества готового продукта [14, 17].

Цель работы – разработка комплексного процесса переработки ягодного сырья на примере земляники садовой с использованием осмотического обезвоживания гипертоническим раствором сахарозы с последующим конвективным методом высушивания и изучение товароведных качеств готового продукта.

Материалы и методы

Для подготовки объекта комплексного процесса переработки были взяты свежие ягоды земляники садовой сорта «Коррадо», в качестве осмотического агента использовали гипертонический раствор сахарозы: дистиллированная вода и сахар-песок. Методами исследований являлось определение физико-химических свойств, активности воды, витаминов (С, β-каротин, РР), белков, жиров, углеводов, органических кислот, энергетической ценности, калия и кальция.

Результаты и обсуждение

На первом этапе научных исследований нами были изучены физико-химические изменения осмо-обезвоженных ягод земляники садовой. Ягоды погружали в гипертонический раствор сахарозы и выдерживали в течении определенного времени с регулярным взвешиванием определяя изменение массы, сухого вещества и потерю влаги.

На рисунке 2 показана кинетика изменения массы (WR, % от начальной массы) и потеря влаги (WL) земляники садовой во время осмотического обезвоживания в гипертоническом растворе сахарозы.

В результате проведенных исследований выявлено, что процесс обезвоживания у исследуемых ягод прогрессирует поэтапно: сначала гипертонический раствор проникает сквозь структуру кожицы, а затем уже и в мякоть.

Сущность обезвоживания заключается в том, что за счет градиента концентраций сахара в ягодах и агенте возникает осмотическое давление, под влиянием которого влага из клеток плодовой ткани через полупроницаемые стенки мигрирует в окружающий раствор. В системе имеется и встречный поток – сахара диффундирует из концентрированного раствора в ягодную ткань, замещая часть удаленной влаги [13, 16].

Как видно из гистограммы, изменение массы во время обезвоживания у ягод земляники садовой начинается сразу после погружения в гипертонический раствор сахарозы и протекает наиболее интенсивно в течение первых четырех часов, после этого процесс замедляется, что подтверждается увеличением твердого усиления. Установлено, что уменьшение массы и потеря влаги в осмо-обезвоженных ягодах земляники садовой в течении шести часов составило до 23–26%, соответственно.

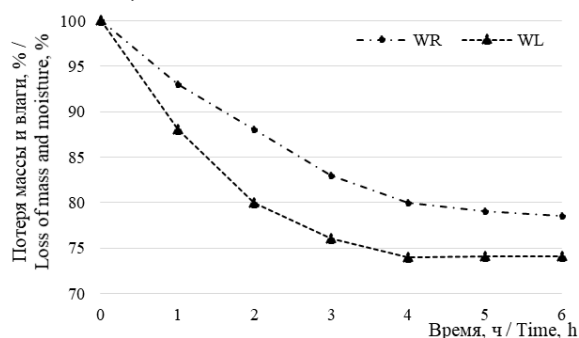


Рисунок 2. Динамика изменения массы (WR, %) и влаги (WL) от продолжительности осмотического обезвоживания (время, ч) земляники садовой

Figure 2. Dynamics of changes in weight (WR, %) and moisture (WL) from the duration of osmotic dehydration (time, h) of strawberries

Для более точности и достоверности полученных данных нами был произведен расчет методологии поверхности отклика (RSM) (таблица 1) по получению твердого усиления (SG), потери влаги (WL) и снижению массы (WR) [10, 15, 17, 18]. Методологию поверхностного отклика определяли в осмо-обезвоженных ягодах земляники садовой по формулам:

$$WR (\%) = \frac{M_n - M_k}{M_n} \times 100, \quad (1)$$

$$SG (\%) = \frac{M_{t1} - M_{t2}}{M_n} \times 100, \quad (2)$$

$$WL (\%) = SG + WR, \quad (3)$$

где M_n – начальная масса образца, г; M_k – конечная масса образца после осмотического обезвоживания, г; M_{t1} – начальная масса твердых веществ в образце, г; M_{t2} – конечная масса твердых веществ в образце после осмотического

обезвоживания, г; W_1 – начальная влажность образца, г; W_2 – конечная влажность образца после обезвоживания, г; W_n – исходное содержание влаги в образце, г.

Потеря влаги (WL) выражается как чистая потеря воды из свежих ягод после осмотического обезвоживания на основе исходной массы образца. Твердое усиление (SG) определяется как чистое поглощение твердого тела образцами ягод, основанный на исходном весе образцов [15, 17, 18]:

Таблица 1.

Методология поверхностного отклика осмо-обезвоженных ягод земляники садовой

Table 1.

Methodology of surface response of osmo-dehydrated strawberries

Наименование Name	DM (%)	WL (%)	WR (%)	SG (%)	RST
Земляника садовая Strawberry	26,03± 0,08	25,95± 0,15	22,31± 0,14	3,64± 0,01	1,83

Расчет индекса концентрации (RST) рассчитывали [15, 17, 18] следующим образом:

$$RST = \frac{DM_t}{DM_o}, \quad (4)$$

где DM_t – содержание твердого вещества в осмо-обезвоженных ягодах, %; DM_o – содержание твердого вещества в свежих ягодах, %.

Изменение твердого усиления (рисунок 3) после осмотического обезвоживания имеет также положительную динамику, в результате получено, что осмо-обезвоженные ягоды уплотнились примерно на 4%.

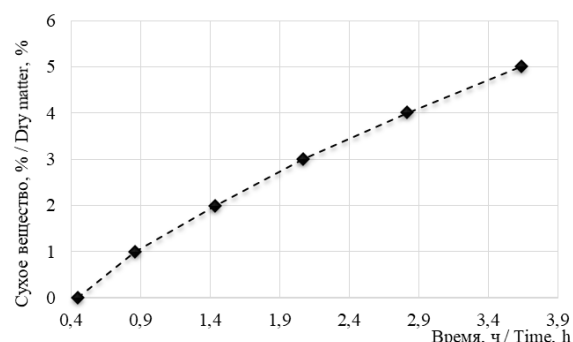


Рисунок 3. Динамика изменения твердого усиления (SG) осмо-обезвоженной земляники садовой

Figure 3. Dynamics of change in solid gain (SG) of osmo-dehydrated strawberry

В результате полученных данных изменения содержания массы, потеря влаги и увеличения твердых веществ в ягодах, подвергнутых осмотическому обезвоживанию гипертоническим раствором сахарозы ягод имеют положительную динамику.

Следующим технологическим этапом наших исследований явилось изучение осмо-обезвоженных ягод гипертоническим раствором сахарозы подверженных процессу высушивания. Осмо-обезвоженные ягоды земляники садовой высушивали конвективным способом при температуре не выше 60 °С.

В результате из полученных данных видно, что испарение влаги осмо-обезвоженных ягод происходит постепенно в течении заданного промежутка времени. Время сушки растительного сырья значительно уменьшилось (в 1,5 раза) за счет меньшего содержания влаги из-за предварительного его осмотического обезвоживания гипертоническим раствором.

Полученные данные подтверждаются уравнением линейной парной регрессии и как видно из графика (рисунок 4) существует хорошее согласие построенной регрессии с исходными данными и сильная прямая зависимость, описываемая уравнениями представленные в таблице 2.

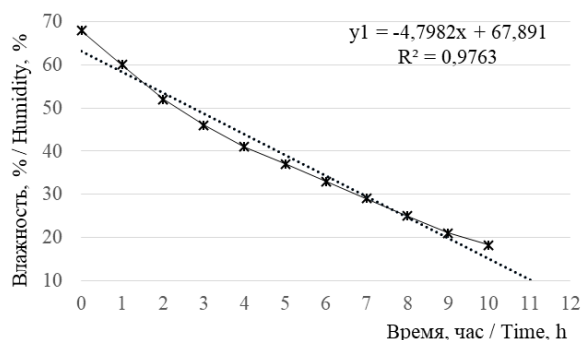


Рисунок 4. Корреляционно-регрессионная зависимость от потери влажности в процессе продолжительности осмотического дегидратирования земляники садовой

Figure 4. Correlation and regression dependence on the loss of humidity during the duration of osmotic dehydration of strawberries

В результате статистической обработки получены следующие математические зависимости с величиной достоверности аппроксимации $R^2 < 1$.

Таблица 2.

Регрессионный анализ осмо-обезвоженных сушеных ягод земляники садовой

Table 2.

Regression analysis of osmo-dehydrated dried strawberries

Наименование Name	y	$0 \leq R^2 \leq 1$
Земляника садовая Strawberry	$-4,7982x + 67,891$	$0 \leq 0,9763 \leq 1$

Доказано, чем ближе R^2 к единице, тем лучше регрессия аппроксимирует эмпирические данные. Следовательно, выбор температурного

режима имеет линейную зависимость от потери влажности во времени сушки осмо-обезвоженных ягод земляники садовой.

Изучение активности воды в осмо-обезвоженной дегидратированной землянике садовой

В сушеной осмо-обезвоженной землянике садовой определяли активность воды. Исходя из научных исследований активность воды является важным критерием способности воды, которая содержится в продукте, поддерживает рост микроорганизмов или принимает участие в химических реакциях. Содержание активности воды в продуктах, таких как сухофрукты, определяет их длительный срок хранения, поскольку очень малое содержание воды в них, ограничивает доступную для роста микроорганизмов среду. А рост микроорганизмов, как известно, вызывает порчу продуктов и представляет угрозу здоровью потребителей [17–19].

Для большинства бактерий и плесеней предельное значение активности воды составляет не ниже 0,90–0,99, которое обеспечивает их хорошее развитие. А как известно свежие плоды и ягоды относятся к продуктам с высокой промежуточной влажностью и $a_w = 1,0 - 0,9$, в следствии чего подвержены быстрой порчи. Также известно, что дрожжи и плесени менее чувствительны к низкому содержанию влаги и благоприятной средой их развития, когда значение активности воды выше 0,6, процесс порчи значительно замедляется, когда значение $a_w = 0,2 - 0,4$ [6, 11, 15, 22, 23].

В таблице 3 представлены данные по активности воды в осмо-обезвоженных сушеных ягодах земляники садовой.

Таблица 3.

Активность воды (a_w) в осмо-обезвоженных сушеных ягодах земляники садовой

Table 3.

Water activity (a_w) in osmo-dehydrated dried strawberries

Наименование Name	WL, %	a_w	t, °C
Земляника садовая Strawberry	18,18±0,14	0,578±0,02	25,3

Из табличных данных видно, что показатель активности воды в осмо-обезвоженных сушеных ягодах земляники садовой составило 0,578 при температуре 25,3 °С и влажности 18,2%.

Следовательно, активность воды в осмо-дегидратированных ягодах имеет значение 0,6>, что говорит о положительном результате. Полученный осмо-дегидратированный продукт можно отнести к продукту с низкой влажностью.

В результате концепция активности воды позволила оценить степень подверженности осмо-дегидратированных продуктов микробиологической и другой порче, контролировать функционально-технологические показатели в продукте и, в частности, показатель a_w , а также прогнозировать способность к хранению, что позволит создать стабильность полученного нового переработанного растительного сырья, и точно определить оптимальные условия их хранения.

Товароведные характеристики осмо-обезвоженной дегидратированной земляники садовой

Полученный осмо-дегидратированный продукт подвергался оценки показателей качества по органолептическим свойствам (таблица 4).

По органолептическим показателями осмо-дегидратированные ягоды имеют правильную форму без повреждения кожицы, вкус и аромат соответствуют данному виду ягод, ягоды мягкие, темно-бордовые.

В осмо-дегидратированных ягодах земляники садовой изучали динамику изменения химического состава и пищевой ценности в сравнении с эталонными (свежими) ягодами (таблица 5). По полученным данным энергетическая ценность осмо-дегидратированных ягод земляники

садовой увеличилась на 12,7% это объясняется тем, что содержание углеводного состава после осмотического обезвоживания ягод гипертоническим раствором сахарозы увеличилось, а также и за счет испарения влаги во время сушки.

В результате установлено, что массовая доля сахаров в среднем меньше на 30% чем в цукатах, что подтверждается о положительном результате.

Существенных изменений содержания белков и жиров в осмо-дегидратированной продукции не выявлено, кислотность уменьшились на 38%. Снижение кислотности обусловлено увеличением суммы сахаров, что придает готовой ягодной продукции более выраженные вкусовые качества.

Изменение витаминного состава и макроэлементов в осмо-дегидратированных ягодах имеют положительную динамику. В результате витамины лучше сохранились, потери витамина С составили всего 3,6%, β -каротина 0,2%, витамина РР 4,6% в отличие от эталонной продукции.

Содержание калия сохранилось до 95,4%, кальция до 97,7% в зависимости от эталонной продукции. Потери макроэлементов в зависимости от свежей продукции были незначительными до 2,3–4,6%.

Таблица 4.

Органолептические показатели осмо-дегидратированных ягод земляники садовой

Table 4.

Organoleptic parameters of osmo-dehydrated strawberries

Показатель Indicator	Характеристика Characteristic
Внешний вид и форма Appearance and shape	Целые, правильной формы с неповрежденной кожицей Whole, regular shape with intact skin
Вкус и аромат Taste and aroma	Свойственен данному виду без постороннего запаха и вкуса It is characteristic of this species without foreign smell and taste
Цвет Colour	Темно-бордовый Maroon
Консистенция Consistency	Средней мягкости при надавливании медленно восстанавливаются Medium softness when pressed slowly recover

Таблица 5.

Химический состав и пищевая ценность осмо-обезвоженных сушеных ягод

Table 5.

Chemical composition and nutritional value of osmo-dehydrated dried berries

Показатель Indicator	Содержание химического состава Chemical composition content
Белки, г Proteins, g	0,82 ± 0,02
Жиры, г Fats, g	0,33 ± 0,03
Углеводы, г Carbohydrates, g	73,42 ± 0,20
Органические кислоты, г Organic acids, g	0,97 ± 0,18
Сухие вещества, г Dry substances, g	81,62 ± 0,01
Энергетическая ценность, ккал/кДж Energy value, kcal/kJ	300/1256
Витамин С, мг% Vitamin C, mg%	82,32 ± 0,16
β -каротин, мкг% β -carotene, mcg%	5,12 ± 0,06
Витамины РР, мг% Vitamins PP, mg%	0,44 ± 0,02
Калий К, мг% K, mg%	153,26 ± 0,24
Кальций Са, мг% Ca, mg%	39,31 ± 0,11

Заключение

Подводя итог научным исследованиям установлено, что при осмотическом обезвоживании в гипертоническом растворе сахарозы ягод земляники садовой в течении заданного времени изменение массы достигает 23% и потеря влаги составляет до 26%, а усиление твердого вещества увеличивается на 4%. Время высушивания конвективным способом осмо-обезвоженных ягод при температуре не выше 60 °С в 2–2,5 раза меньше чем при использовании традиционной технологии переработки растительного сырья без осмоса. В результате показатель активности воды в осмо-дегидратированных ягодах имеет значение 0,578 и полученный продукт можно отнести к продукту с низкой влажностью.

По органолептическим показателями осмо-дегидратированные ягоды соответствуют

требованиям, предъявляемым к нормативным правовым актам. Энергетическая ценность увеличилась на 12,7% за счет увеличения углеводного состава и испарения влаги во время сушки и составила 300/1256 ккал/кДж. Положительная динамика прослеживается и в сохранности витаминной ценности и макроэлементов в осмо-дегидратированной продукции с незначительными потерями до 5%. Кислотность снизилась на 38% за счет увеличения суммы сахаров, что придает готовой ягодной продукции более выраженные вкусовые качества.

Следовательно, подтверждается положительный эффект комплексной технологии переработки растительного сырья с применением предварительного осмотического обезвоживания гипертоническим раствором сахарозы с последующей конвективной сушкой

Литература

- 1 Luchese C.L., Gurak P.D., Marczak L.D.F. Osmotic dehydration of physalis (*Physalis peruviana* L.): Evaluation of water loss and sucrose incorporation and the quantification of carotenoids // *LWT Food Sci. Technol.* 2015. V. 63. P. 1128–1136. doi: 10.1016/j.lwt.2015.04.060
- 2 Грибова Н.А., Елисеева Л.Г. Потребительские предпочтения в отношении переработанной плодово-ягодной продукции // *Вестник МГТУ.* 2017. Т. 20. № 3. С. 582–588.
- 3 Akbarian M., Ghasemkhani N., Moayed F. Osmotic dehydration of fruits in food industrial: A review // *International Journal of Biosciences.* 2013. V. 3. № 12. P. 1–16. doi: 3. 10.12692/ijb/4.1.42–57
- 4 Nuñez-Mancilla Y., Perez-Won M., Vega-Gálvez A., Arias V. et al. Modeling mass transfer during osmotic dehydration of strawberries under high hydrostatic pressure conditions // *Innovative Food Science and Emerging Technologies.* 2011. V. 12. P. 338–343. doi: 10.1016/j.ifset.2011.03.005
- 5 Ahmed I., Qazi I.M., Jamal S. Developments in osmotic dehydration technique for the preservation offruits and vegetables // *Innovative Food Science and Emerging Technologies.* 2016. V. 34. P. 29–43. doi: 10.1016/j.ifset.2016.01.003
- 6 Sagar V.R. Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: A review // *J. Food Sci. Technol.* 2010. V. 47. P. 15–26. doi: 10.1007/s13197-010-0010-8
- 7 Galanakis C.M. Functionality of food components and emerging technologies // *Foods.* 2021. V. 10. P. 128. doi: 10.3390/foods10010128
- 8 Yadav A.K., Singh S.V. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review // *Journal of Food Science and Technology.* 2012. V. 51. P. 1654–1673. doi: 10.1007/s13197-012-0659-2
- 9 Gribova N., Berketova L. et al. Main problems of the development of fruit and berry raw materials processing industry in the Russian Federation // *E3S Web of Conferences*. 2020. V. 210. P. 03003. doi: 10.1051/e3sconf/202021003003
- 10 Athmaselvi K., Arumuganathan T. Effect of osmotic dehydration and ultrasound treatment on water loss and solid gain of watermelon rind // *Carpathian Journal of Food Science and Technology.* 2015. V. 7. P. 137–148.
- 11 Castelló M.L., Fito P.J., Chiralt A. Changes in respiration rate and physical properties of strawberries due to osmotic dehydration and storage // *Journal of Food Engineering.* 2010. V. 97. P. 64–71.
- 12 Mercali G.D., Marczak L.D.F., Tessaro I.C., Noreña C.P.Z. Osmotic dehydration of bananas (*Musa sapientum*, shum.) in ternary aqueous solutions of sucrose and sodium chloride // *J. Food Process Eng.* 2012. V. 35. P. 149–165. doi: 10.1111/j.1745-4530.2010.00578.x
- 13 Moraga M.J., Moraga G., Martínez-Navarrete N. Effect of the re-use of the osmotic solution on the stability of osmodehydro-refrigerated grapefruit // *Lwt – Food Science and Technology.* 2011. V. 44. P. 35–41. doi: 10.1016/j.lwt.2010.05.018
- 14 Gribova N.A., Eliseeva L.G., Berketova L.V., Evdokimova O.V. et al. Formation and development of consumer properties of berry products with added nutrition value // *International Journal of Advanced Science and Technology* this link is disabled. 2020. V. 29. № 3. P. 3782–3791.
- 15 Jain S.K., Verma R.C., Murdia L.K., Jain H.K. et al. Optimization of process parameters for osmotic dehydration of papaya cubes // *J. Food Sci. Technol.* 2011. V. 48. P. 211–217. doi: 10.1007/s13197-010-0161-7
- 16 Barragán-Iglesias J., Rodríguez-Ramírez J., Sablani S.S., Méndez-Lagunas L.L. Texture analysis of dried papaya (*Carica papaya* L. cv. Maradol) pretreated with calcium and osmotic dehydration // *Dry. Technol.* 2019. V. 37. P. 906–919. doi: 10.1080/07373937.2018.1473420

- 17 Tirouchelame D., Sivakumar V., Maran J.P. Mass transfer kinetics during osmotic dehydration of amla (*Embllica officinalis* L.) cubes in sugar solution // *Chem. Ind. Chem. Eng. Q.* 2015. V. 21. № 4. P. 547–559. doi: 10.2298/CICEQ140712011T
- 18 Alam M.S., Amarjit S., Sawhney B.K. Response surface optimization of osmotic dehydration process for aonla slices // *J. Food Sci. Technol.* 2010. V. 47. P. 47–54. doi: 10.1007/s13197-010-0014-4
- 19 Bchir B., Besbes S., Attia H., Blecker C. Osmotic dehydration of pomegranate seeds (*Punica Granatum* L.): effect of freezing pre-treatment // *Journal of Food Process Engineering.* 2012. V. 35. P. 335–354. doi: 10.1111/j.1745-4530.2010.00591.x
- 20 Bozkir H., Ergün A.R., Serdar E., Metin G. et al. Ultrasonics-Sonochemistry Influence of ultrasound and osmotic dehydration pre-treatments on drying and quality properties of persimmon fruit // *Ultrason. Sonochem.* 2019. V. 54. P. 135–141. doi: 10.1016/j.ultsonch.2019.02.006
- 21 Mayor L., Moreira R., Sereno A.M. Shrinkage, density, porosity and shape changes during dehydration of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) fruits // *J. Food Eng.* 2011. V. 103. P. 29–37. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2010.08.031
- 22 Rajanya D., Singh G. Recent trends in osmotic dehydration of fruits: a review // *Plant Archives.* 2021. V. 21. № 1. P. 98–103.
- 23 Грибова Н.А., Беркетова Л.В. Осмотическая дегидратация ягод: изучение параметров массопереноса // *Вестник ВГУИТ.* 2018. V. 80. № 2. С. 30–37. doi: 10.20914/2310-1202-2018-2-30-37

References

1. Luchese C.L., Gurak P.D., Marczak L.D.F. Osmotic dehydration of physalis (*Physalis peruviana* L.): Evaluation of water loss and sucrose incorporation and the quantification of carotenoids. *LWT Food Sci. Technol.* 2015. vol. 63. pp. 1128–1136. doi: 10.1016/j.lwt.2015.04.060
2. Gribova N.A., Eliseeva L.G. Consumer preferences in relation to processed fruit and berry products. *Vestnik MGTU.* 2017. vol. 20. no. 3. pp. 582–588. (in Russian).
3. Akbarian M., Ghasemkhani N., Moayedi F. Osmotic dehydration of fruits in food industrial: A review. *International Journal of Biosciences.* 2013. vol. 3. no. 12. pp. 1–16. doi: 3. 10.12692/ijb/4.1.42–57
4. Nuñez-Mancilla Y., Perez-Won M., Vega-Gálvez A., Arias V. et al. Modeling mass transfer during osmotic dehydration of strawberries under high hydrostatic pressure conditions. *Innovative Food Science and Emerging Technologies.* 2011. vol. 12. pp. 338–343. doi: 10.1016/j.ifset.2011.03.005
5. Ahmed I., Qazi I.M., Jamal S. Developments in osmotic dehydration technique for the preservation offruits and vegetables. *Innovative Food Science and Emerging Technologies.* 2016. vol. 34. pp. 29–43. doi: 10.1016/j.ifset.2016.01.003
6. Sagar V.R. Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: A review. *J. Food Sci. Technol.* 2010. vol. 47. pp. 15–26. doi: 10.1007/s13197-010-0010-8
7. Galanakis C.M. Functionality of food components and emerging technologies. *Foods.* 2021. vol. 10. pp. 128. doi: 10.3390/foods10010128
8. Yadav A.K., Singh S.V. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of Food Science and Technology.* 2012. vol. 51. pp. 1654–1673. doi: 10.1007/s13197-012-0659-2
9. Gribova N., Berketova L. et al. Main problems of the development of fruit and berry raw materials processing industry in the Russian Federation. *E3S Web of Conferences* this. 2020. vol. 210. pp. 03003. doi: 10.1051/e3sconf/202021003003
10. Athmaselvi K., Arumuganathan T. Effect of osmotic dehydration and ultrasound treatment on water loss and solid gain of watermelon rind. *Carpathian Journal of Food Science and Technology.* 2015. vol. 7. pp. 137–148.
11. Castelló M.L., Fito P.J., Chiralt A. Changes in respiration rate and physical properties of strawberries due to osmotic dehydration and storage. *Journal of Food Engineering.* 2010. vol. 97. pp. 64–71.
12. Mercali G.D., Marczak L.D.F., Tessaro I.C., Noreña C.P.Z. Osmotic dehydration of bananas (*Musa sapientum*, shum.) in ternary aqueous solutions of sucrose and sodium chloride. *J. Food Process Eng.* 2012. vol. 35. pp. 149–165. doi: 10.1111/j.1745-4530.2010.00578.x
13. Moraga M.J., Moraga G., Martínez-Navarrete N. Effect of the re-use of the osmotic solution on the stability of osmodehydro-refrigerated grapefruit. *Lwt – Food Science and Technology.* 2011. vol. 44. pp. 35–41. doi: 10.1016/j.lwt.2010.05.018
14. Gribova N.A., Eliseeva L.G., Berketova L.V., Evdokimova O.V. et al. Formation and development of consumer properties of berry products with added nutrition value. *International Journal of Advanced Science and Technology* this link is disabled. 2020. vol. 29. no. 3. pp. 3782–3791.
15. Jain S.K., Verma R.C., Murdia L.K., Jain H.K. et al. Optimization of process parameters for osmotic dehydration of papaya cubes. *J. Food Sci. Technol.* 2011. vol. 48. pp. 211–217. doi: 10.1007/s13197-010-0161-7
16. Barragán-Iglesias J., Rodríguez-Ramírez J., Sablani S.S., Méndez-Lagunas L.L. Texture analysis of dried papaya (*Carica papaya* L. cv. Maradol) pretreated with calcium and osmotic dehydration. *Dry. Technol.* 2019. vol. 37. pp. 906–919. doi: 10.1080/07373937.2018.1473420
17. Tirouchelame D., Sivakumar V., Maran J.P. Mass transfer kinetics during osmotic dehydration of amla (*Embllica officinalis* L.) cubes in sugar solution. *Chem. Ind. Chem. Eng. Q.* 2015. vol. 21. no. 4. pp. 547–559. doi: 10.2298/CICEQ140712011T
18. Alam M.S., Amarjit S., Sawhney B.K. Response surface optimization of osmotic dehydration process for aonla slices. *J. Food Sci. Technol.* 2010. vol. 47. pp. 47–54. doi: 10.1007/s13197-010-0014-4
19. Bchir B., Besbes S., Attia H., Blecker C. Osmotic dehydration of pomegranate seeds (*Punica Granatum* L.): effect of freezing pre-treatment. *Journal of Food Process Engineering.* 2012. vol. 35. pp. 335–354. doi: 10.1111/j.1745-4530.2010.00591.x
20. Bozkir H., Ergün A.R., Serdar E., Metin G. et al. Ultrasonics-Sonochemistry Influence of ultrasound and osmotic dehydration pre-treatments on drying and quality properties of persimmon fruit. *Ultrason. Sonochem.* 2019. vol. 54. pp. 135–141. doi: 10.1016/j.ultsonch.2019.02.006

21. Mayor L., Moreira R., Sereno A.M. Shrinkage, density, porosity and shape changes during dehydration of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) fruits. *J. Food Eng.* 2011. vol. 103. pp. 29–37. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2010.08.031
22. Rajanya D., Singh G. Recent trends in osmotic dehydration of fruits: a review. *Plant Archives*. 2021. vol. 21. no. 1. pp. 98–103. 23
23. Gribova N.A., Berketova L.V. Osmotic dehydration of berries: study of mass transfer parameters. *Proceedings of VSUET*. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 30–37. doi: 10.20914 / 2310–1202–2018–2–30–37 (in Russian).

Сведения об авторах

Наталья А. Грибова к.т.н., доцент, кафедра ресторанного бизнеса, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36, г. Москва, 117997, Россия, natali-g@bk.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-8440-5325>

Information about authors

Natalya A. Gribova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, restaurant business department, Plekhanov Russian Economic University, Stremyanniy lane, 36, Moscow, 117997, Russia, natali-g@bk.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-8440-5325>

Вклад авторов

Наталья А. Грибова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Contribution

Natalya A. Gribova 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 16/07/2021	После редакции 02/08/2021	Принята в печать 25/08/2021
Received 01/06/2019	Accepted in revised 10/07/2019	Accepted 10/08/2019

Изучение реологических свойств структурированного молокосодержащего продукта

Ольга И. Долматова¹ olgadolmatova@rambler.ru  0000-0002-4450-8856

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

Аннотация. Проведен анализ растительного сырья, произрастающего на территории Воронежской области. Установлена повышенная массовая доля пектина в смородине, калине, крыжовнике, яблоке, терне, ревене. Указанные ягоды, плоды и овощи были перетерты с сахаром в соотношении 1:1 и подвергнуты тепловой обработке. Ввиду схожести органолептических показателей и излишней кислоты ревня, его вносили в виде пюре с добавлением яблочного. Предложена рецептура и технология производства структурированного молокосодержащего продукта. Изучены показатели качества продуктов, а также реологические показатели. Сравнительный анализ органолептических характеристик структурированных молокосодержащих продуктов показал, что, несмотря на высокие вязкостные показатели продуктов с черной смородиной, терном и калиной, данные вкусовые компоненты не рекомендуются к внесению из-за ухудшения при хранении их потребительских свойств. Исследована степень взбитости образцов. Микроструктурный анализ образцов молокосодержащих продуктов со смородиной, калиной и крыжовником показал наличие крупных пузырьков воздуха, а также их скопления. В остальных продуктах с вкусовыми компонентами: яблоком и ревнем, терном количество, размер и характер распределения пузырьков был идентичен контрольному образцу. Установлено, что наилучшей консистенцией обладает продукт с яблоком и ревнем. Отмечено, что вкус и запах внесенного наполнителя усиливается по мере хранения продукта. Таким образом, можно сделать вывод, что подобранные вкусовые компоненты для производства структурированных молокосодержащих продуктов позволяют увеличить ассортиментную линейку данных продуктов, и направлены на улучшение их реологических показателей.

Ключевые слова: молокосодержащий продукт, вкусовые компоненты, технология, реология, пектин

Study of the rheological properties of a structured milk-containing product

Olga I. Dolmatova¹ olgadolmatova@rambler.ru  0000-0002-4450-8856

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

Abstract. The analysis of plant materials growing on the territory of the Voronezh region has been carried out. An increased mass fraction of pectin in currants, viburnum, gooseberries, apples, thorns, rhubarb has been established. These berries, fruits and vegetables were ground with sugar in a 1: 1 ratio and heat-treated. Due to the similar organoleptic characteristics and excess acid, rhubarb was introduced as a puree with the addition of applesauce. The formulation and technology for the production of a structured milk-containing product are proposed. The indicators of product quality, as well as rheological indicators have been studied. Comparative analysis of the organoleptic characteristics of structured milk-containing products showed that, despite the high viscosity characteristics of products with black currants, thorns and viburnum, these flavoring components are not recommended for introduction due to the deterioration of their consumer properties during storage. The degree of overrun of the samples was investigated. Microstructural analysis of samples of milk-containing products with currants, viburnum and gooseberries showed the presence of large air bubbles, as well as their accumulation. In other products with aromatic components: apple and rhubarb, thorns, the number, size and distribution of bubbles were identical to the control sample. It turned out that the product with apple and rhubarb has the best consistency. It is noted that the taste and smell of the added filler increases as the products are stored. Thus, we can conclude that the selected flavoring components for the production of structured milk-containing products make it possible to expand the assortment line of these products and are aimed at improving their rheological parameters.

Keywords: milk-containing product, flavoring components, technology, rheology, pectin

Введение

В настоящее время все программы по разработке и производству пищевых продуктов связаны с получением «здоровых» продуктов питания. Структурированные продукты не являются исключением, так как содержат больше вкусовых компонентов по сравнению с другими молочными продуктами. В качестве наполнителей обычно используют фрукты, ягоды, реже овощи целиком, в виде пюре, сиропов и т. д. [1–8].

Они способны увеличить ассортимент данной группы продуктов, обогатить состав, улучшить их качественные характеристики, в том числе реологические показатели [9–13].

Перспективным направлением является использование растительного сырья, произрастающего в том регионе, где оно перерабатывается [14].

Такие продукты максимально адаптированы, при потреблении человеком лучше усваиваются и вероятность появления на них аллергических реакций на порядок ниже, по сравнению с привезенными из других стран.

Улучшить структуру продукта можно так же путем введения в его рецептуру стабилизирующих компонентов. Они позволяют регулировать вязкость продуктов на различных этапах технологического процесса, повышать его прочностные свойства без увеличения содержания жира и вырабатывать продукты пониженной калорийности, повышать их стойкость при хранении [15–20].

Для цитирования

Долматова О.И. Изучение реологических свойств структурированного молокосодержащего продукта // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 168–173. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-168-173

For citation

Dolmatova O.I. Study of the rheological properties of a structured milk-containing product. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 168–173. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-168-173

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

Наилучшими свойствами стабилизации консистенции обладают комплексы, включающие пектиновые вещества.

Материалы и методы

Основные органолептические, физико-химические, микробиологические показатели продуктов определяли стандартными и общепринятыми в молочной промышленности методами.

Динамическую вязкость определяли в лаборатории Центра стратегического развития научных исследований ВГУИТ на приборе «Синусоидальный вибровискозиметр SV-10».

Исследования микроструктуры продуктов проводили на сканирующем электронном микроскопе JSM-6380 LV.

Результаты и обсуждение

Проведен анализ растительного сырья, произрастающего на территории Воронежской области, как культурных сортов, так и дикорастущих. Особое внимание уделялось массовой доле пектина (таблица 1).

Таблица 1.

Массовая доля пектина в растительном сырье

Table 1.

The chemical composition of barberry berries

Наименование Name	Массовая доля пектина, % Mass fraction of pectin, %
Ягоды Berries	
Земляника Strawberry	0,6–0,7
Малина Raspberries	0,5–0,6
Крыжовник Gooseberry	1,0–1,2
Смородина Currant	1,4–1,5
Калина Viburnum	1,2–1,3
Плоды Fruit	
Яблоко Apple	1,0–1,5
Вишня Cherry	0,3–0,4
Груша Pear	0,5–0,6
Слива Plum	0,9–1,0
Терн Tum	1,3–1,4
Овощи Vegetables	
Морковь Carrot	0,7–0,8
Ревень Rhubarb	1,2–1,5

Установлена повышенная массовая доля пектина в смородине, калине, крыжовнике, яблоке, терне, ревене. Указанные ягоды, плоды и овощи были перетерты с сахаром в соотношении 1:1 и подвергнуты тепловой обработке. Ввиду схожести органолептических показателей и излишней кислоты ревня, его вносили в виде пюре с добавлением яблочного.

Подобрана рецептура структурированного молокосодержащего продукта на 1000 кг продукта, без учета потерь (таблица 2).

Таблица 2.

Рецептура структурированного молокосодержащего продукта

Table 2.

Structured Milk Product Recipe

Компонент Component	Масса, кг Weight, kg
Сливки молочные Milk cream	440
Заменитель сухих сливок Dry cream substitute	44
Вода питьевая Drinking water	396
Стабилизатор Stabilizer	20
Вкусовой компонент Flavor component	100
Итого Total	1000

Технологический процесс изготовления, структурированного молокосодержащего продукта, осуществляли в следующей последовательности:

- приемка и хранение сырья;
- подготовка компонентов смеси;
- составление смеси;
- перемешивание, эмульгирование и диспергирование;
- пастеризация при температуре 90 ± 2 °C без выдержки;
- охлаждение смеси (до температуры $1 - 2$ °C),
- взбивание,
- фасовка и упаковка, хранение (температура 4 ± 2 °C).

Полученные продукты исследовали при хранении: свежий продукт, через 3, 5 и 7 суток. В качестве контрольного образца был взят молокосодержащий продукт, полученный без добавления вкусового компонента.

Рассмотрим более подробно органолептические показатели структурированного молокосодержащего продукта.

При внесении в качестве вкусового компонента черной смородины с сахаром продукт характеризовался как взбитый крем, розоватого цвета со сладкосливочным вкусом и запахом, слабовыраженным привкусом смородины. При хранении продукта происходили изменения цвета, ухудшающие его потребительские свойства. Цвет от розоватого переходил в кремовый со слабозеленым оттенком, затем в кремовый с грязно сиреневым оттенком, в конце срока годности – в кремовый с синеватым оттенком. Изменения запаха не происходило, вкус стал слегка кисловатым. Консистенция продукта при хранении становилась более густой.

При внесении вкусового компонента калины с сахаром продукт характеризовался как взбитый крем, белый с розоватым оттенком цвета со сладкосливочным вкусом и запахом. При хранении продукта происходили изменения цвета, однако, на его потребительских свойствах указанный факт негативно не отразился. Цвет от белого с розоватым оттенком

переходил в кремовый. Изменения запаха не происходило, во вкусе при хранении появилась слабая горечь, что отрицательно отразилось на его качестве. Консистенция продукта при хранении становилась более густой, плотной.

При внесении в качестве вкусового компонента крыжовника с сахаром продукт характеризовался как взбитый крем с крупными пузырьками пены, желтоватого цвета со сладкосливочным вкусом и запахом, слабовыраженным привкусом крыжовника. При хранении продукта изменения цвета, вкуса и запаха не происходило, уменьшался диаметр пузырьков пены и их количество.

Учитывая органолептические показатели яблока и ревеня, а также результаты литературных данных о замене в ряде рецептов одного компонента другим, вышеуказанные наполнители были взяты в соотношении 1:0,5. Полученное пюре, как и в остальных случаях, было смешено с сахаром и подвергнуто тепловой обработке. При внесении в качестве вкусового компонента яблока и ревеня с сахаром продукт характеризовался как взбитый крем, приятного кремового цвета с персиковым оттенком со сладкосливочным вкусом и запахом, с привкусом яблока. При хранении продукта изменения цвета, вкуса и запаха не происходило. Консистенция продукта при хранении становилась более густой, пена – более устойчивой.

При внесении в качестве вкусового компонента терна с сахаром продукт характеризовался как взбитый крем густой консистенции, розовато-сиреневатого цвета со сладкосливочным вкусом и запахом, приятным кисловатым оттенком. При хранении продукта происходили изменения цвета, ухудшающие его потребительские свойства. Цвет от бледно-сиреневого переходил в сиреневый, затем в синеватый. Изменения запаха не происходило, во вкусе при хранении более выражен привкус терна. Консистенция продукта становилась более густой, плотной.

Сравнительный анализ органолептических характеристик структурированных молочкосодержащих продуктов показал, что, несмотря на высокие вязкостные показатели продуктов с черной смородиной, терном и калиной, данные вкусовые компоненты не рекомендуются к внесению из-за ухудшения при хранении их потребительских свойств.

Количество вносимого пектина в значительной степени влияет на вязкость и степень структурированности образцов. При органолептической оценке образцов установлено, что увеличение массовой доли пектина оказывает существенное влияние на их консистенцию.

Особое внимание было уделено изучению реологических показателей продуктов.

Проведены исследования изменения вязкости молочкосодержащих продуктов при хранении (рисунок 1.)

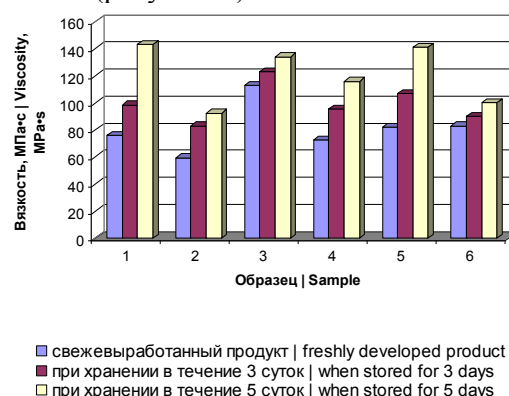


Рисунок 1. Вязкость структурированных продуктов: 1 – со смородиной; 2 – с калиной; 3 – с крыжовником; 4 – с яблоком и ревенем; 5 – с терном; 6 – без вкусовых компонентов

Figure 1. Viscosity of structured products: 1 – with currants; 2 – with viburnum; 3 – with gooseberries; 4 – with apple and rhubarb; 5 – with a turn; 6 – no flavoring components

Установлено увеличение вязкости структурированных молочкосодержащих продуктов, а также улучшение их структуры в образцах с черной смородиной – показатель вязкости увеличился в 1,9 раза и терном – 1,7 раза. Данный факт объясним тем, что в указанных наполнителях большая массовая доля пектина. В остальных структурированных продуктах увеличение вязкости при хранении происходило в меньшей степени: в образцах с калиной – показатель вязкости увеличился в 1,6 раза; с крыжовником – в 1,2 раза; с яблоком и ревенем – в 1,6 раза. Контрольный образец повысил показатель вязкости в 1,2 раза.

Исследована степень взбитости образцов (рисунок 2).

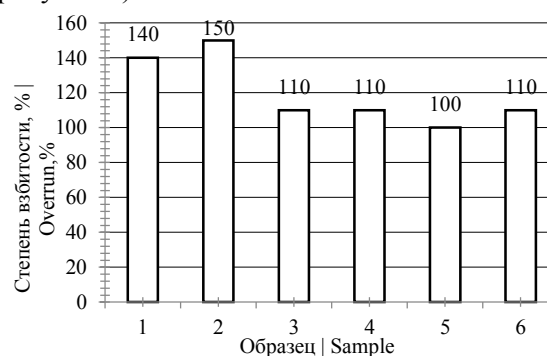


Рисунок 2. Степень взбитости структурированных продуктов: 1 – со смородиной; 2 – с калиной; 3 – с крыжовником; 4 – с яблоком и ревенем; 5 – с терном; 6 – без вкусовых компонентов

Figure 2. The degree of overrun of structured products: 1 – with currants; 2 – with viburnum; 3 – with gooseberries; 4 – with apple and rhubarb; 5 – with a turn; 6 – no flavoring components

Определено максимально увеличение в объеме образцах с калиной – на 150%, затем по уменьшению степени взбитости продуктов следуют образцы со смородиной – 140%, с крыжовником – 110%, с яблоком и ревенем – 110%, образец с терном не изменил своего объема при взбивании, что свидетельствует о его плотной и густой структуре.

Немаловажное значение на структуру взбитого продукта оказывает распределение пузырьков воздуха. Последние оценивали с помощью микроскопического метода. Слишком маленькие и слишком большие размеры воздушных ячеек в продукте нежелательны. Уменьшение

размера воздушных пузырьков, способствует улучшению качеств готового продукта.

Устойчивость газожидкостной дисперсной системы характеризуется продолжительностью самопроизвольного разрушения в результате коалесценции. Для регулирования устойчивости используют стабилизаторы структуры. Они располагаются на поверхности пузырьков газа в межфазных слоях, образуя прочную пленку, которая усиливает сопротивляемость пузырьков к слипанию. В качестве основного стабилизатора использовали каррагинан.

Фотографии микроструктуры продуктов представлены на рисунке 3.

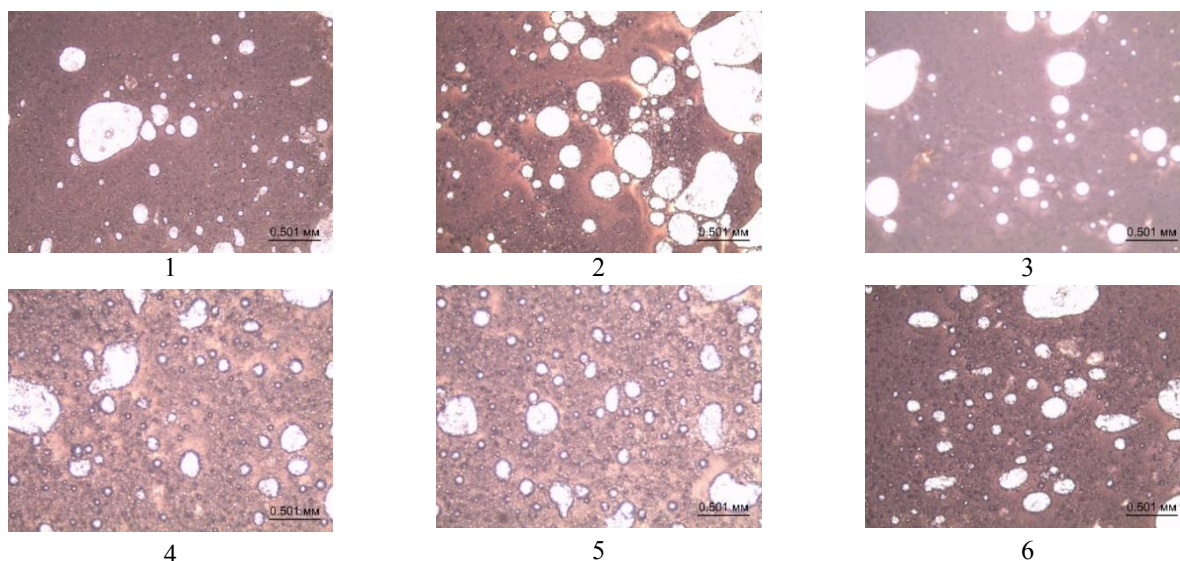


Рисунок 3. Микроструктура продуктов, %: 1 – со смородиной; 2 – с калиной; 3 – с крыжовником; 4 – с яблоком и ревенем; 5 – с терном; 6 – без вкусовых компонентов

Figure 3. Microstructure of products, %: 1 – with currants; 2 – with viburnum; 3 – with gooseberries; 4 – with apple and rhubarb; 5 – with a turn; 6 – no flavoring components

Микроструктурный анализ образцов продуктов со смородиной, калиной и крыжовником показал наличие крупных пузырьков воздуха, а также их скопления. В остальных продуктах с вкусовыми компонентами: яблоком и ревенем, терном количество, размер и характер распределения пузырьков был идентичен контрольному образцу (без вкусовых компонентов).

Заключение

Подобраны вкусовые компоненты для улучшения реологических показателей молоко-содержащих продуктов. Предложена рецептура

и технология производства структурированного молоко-содержащего продукта.

Изучены показатели качества продуктов, а также реологические показатели. Установлено, что наилучшей консистенцией обладает продукт с яблоком и ревенем.

Подобранные вкусовые компоненты для производства структурированных молоко-содержащих продуктов позволяют увеличить ассортиментную линейку данных продуктов, и направлены на улучшение их реологических показателей.

Литература

- 1 Ходырева З.Р., Вайтанис М.А. Разработка технологии молочного крема на основе ягодного сырья // Научная конференция с международным участием «Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: кадры и наука». Часть 2. М.: МГУПП, 2017. С. 86–90.
- 2 Ходырева З.Р., Вайтанис М.А., Щетинина Е.М. Обоснование и способ производства молочного десерта с использованием ягодного сырья // Научные инновации – аграрному производству: материалы Междунар. науч.-практич. конф., посвящ. 100-летию юбилею Омского ГАУ (21 февраля 2018 года). Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2018. С. 1471–1475.

3 Магдеева А.И., Петрова О.Н. Разработка молочных десертов с растительными добавками (крем ванильный с амарантовой мукой) // Пищевые технологии и биотехнологии: XVI Всероссийская конференция молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием, посвященная 150-летию Периодической таблицы химических элементов (16–19 апреля 2019 г.). Казань: Изд-во КНИТУ, 2019. С. 305–308.

4 Нияметзянова Г.Г., Габдукаева Л.З. Использование натуральных фруктово-ягодных наполнителей в технологии молочных продуктов // Современные технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей XIII Международной научно-практической конференции в 2 ч. Ч. 1. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2018. С. 34–37.

5 Мусина О.Н. Плодово-ягодные ингредиенты в технологии молочных продуктов // Молочная промышленность. 2021. № 2. С. 53–54.

6 Голубева Л.В., Долматова О.И., Гребенщиков А.В., Кирюшина И.С. и др. Производство кисломолочных напитков с растительными компонентами // Пищевая промышленность, 2017. № 2. С. 47–49.

7 Kuzmyk U., Marynin A., Svyatnenko R., Zheludenko Y. et al. Prospects of use of vegetable raw materials in the technology of sour-milk dessert // EUREKA: Life Sciences, (3). 2021. P. 29-35. doi:10.21303/2504-5695.2021.001848

8 Grychenko N. Development of technology of semi-finished dessert products based on dairy and fruit-berry raw materials using the principles of colloid stabilization of milk // EUREKA: Life Sciences. 2018. №. 1. P. 39-45. doi: 10.21303/2504-5695.2018.00539

9 Калисецкая Е.И., Серова О.П., Сложенкина М.И., Мосолова Н.И. Низкокалорийный молочный крем обогащенный биофлавоноидами // Инновационные аспекты технологий производства, экспертизы качества и безопасности сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов: материалы международной научно-практической конференции «Актуальные направления инновационного развития животноводства и современных технологий продуктов питания, медицины и техники», 28–29 ноября 2019 г. пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2019. С. 285–289.

10 Коденцова В.М., Рисник Д.В. Обогащенные молочные продукты как перспективный носитель дефицитных микронутриентов в рационе россиян // Молочная промышленность. 2021. № 8. С. 10 – 13.

11 Евдокимов И.А., Куликова И.К., Мисюра В.А., Володин Д.Н. и др. Факторы, формирующие структуру и консистенцию молочных десертов // Молочная промышленность. 2019. № 1. С. 44–46.

12 Kuzmyk U., Marynin A., Svyatnenko R., Zheludenko Y., Kurmach M. Determining the Effect of Apple and Banana Powders Dried by Sublimation on the Quality Indicators of a Sour Milk Dessert during Storage // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. V. 3. №. 11. P. 111. doi: 10.15587/1729-4061.2021.228083

13 Peng F., He S., Yi H., Li Q. et al. Physical, textural, and rheological properties of whipped cream affected by milk fat globule membrane protein // International journal of food properties. 2018. V. 21. №. 1. P. 1190-1202. doi: 10.1080/10942912.2018.1460755

14 Долматова О.И., Пожидаева Е.А., Гребенкина А.Г. Использование экстракта дикорастущих трав при производстве кисломолочного напитка // Пищевая промышленность, 2017. № 12. С. 26–28.

15 Karimi M., Sekhavatizadeh S.S., Hosseinzadeh S. Milk dessert containing *Lactobacillus reuteri* (ATCC 23272) encapsulated with sodium alginate, *Ferula assa-foetida* and Zedo (*Amygdalus scoparia*) gum as three layers of wall materials // Food and Bioprocess Processing. 2021. V. 127. P. 244-254. doi: 10.1016/j.fbp.2021.03.003

16 Калисецкая Е.И., Серова О.П., Сложенкина М.И., Злобина Е.Ю. Низкокалорийный крем на молочной основе // Аграрные пищевые инновации. 2019. № 2 (6). С. 88–93.

17 Божкова С.Е., Гайворонская Н.С., Погорелец Т.П., Пилипенко Д.Н. и др. Технология сливочных десертов профилактического питания // Аграрные пищевые инновации. 2019. № 2 (6). С. 67–73.

18 Ковалевская А.А., Дроздов А.Н., Калманович С.А. Разработка технологии и рецептур молочных десертов // Известия вузов. Пищевая технология. 2018. № 2–3. С. 68–70.

19 Гурская А.С., Куренкова Н.А. Современные тенденции разработки десертов на молочной основе // Молодые исследователи агропромышленного и лесного комплексов – регионам. Том 2. Часть 2. Технические науки: Сборник научных трудов по результатам работы V международной молодежной научно-практической конференции. Вологда–Молочное: ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА, 2020. С. 24–28.

20 Dzyuba N., Valevskaya L., Atanasova V., Sokolovskaya A. et al. Elaboration of the recipe of the fermented milk dessert for child food // EUREKA: Life Sciences. 2017. №. 4. P. 3-9. doi: 10.21303/2504-5695.2017.00371

References

1 Khodyreva Z.R., Vaitanis M.A. Development of milk cream technology based on berry raw materials. Scientific conference with international participation "Development of the food and processing industry in Russia: personnel and science". Part 2. Moscow, MGUPP, 2017. pp. 86–90. (in Russian).

2 Khodyreva Z.R., Vaitanis M.A., Shchetinina E.M. Rationale and method for the production of dairy dessert using berry raw materials. Scientific innovations for agricultural production: materials of the Intern. scientific and practical conf., dedicated. 100th anniversary of the Omsk State Agrarian University (February 21, 2018). Omsk, FGBOU VO Omsk GAU, 2018. pp. 1471–1475. (in Russian).

3 Magdeeva A.I., Petrova O.N. Development of dairy desserts with herbal additives (vanilla cream with amaranth flour). Food Technologies and Biotechnologies: XVI All-Russian Conference of Young Scientists, Postgraduates and Students with International Participation, dedicated to the 150th anniversary of the Periodic Table of Chemical Elements (April 16-19, 2019). Kazan, Publishing house of KNRTU, 2019. pp. 305–308. (in Russian).

4 N'metzyanova G.G., Gabdukaeva L.Z. The use of natural fruit and berry fillers in the technology of dairy products. Modern technologies: topical issues, achievements and innovations: a collection of articles of the XIII International Scientific and Practical Conference in 2 hours. Part 1. Penza: ICNS "Science and Education", 2018. pp. 34–37. (in Russian).

5 Musina O.N. Fruit and berry ingredients in the technology of dairy products. Dairy industry. 2021. no. 2. pp. 53–54. (in Russian).

- 6 Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Grebenshchikov A.V., Kiryushina I.S. et al. Production of fermented milk drinks with herbal ingredients. Food industry, 2017. no. 2. pp. 47–49. (in Russian).
- 7 Kuzmyk U., Marynin A., Svyatnenko R., Zheludenko Y. et al. Prospects of use of vegetable raw materials in the technology of sour-milk dessert. EUREKA: Life Sciences, (3). 2021. pp. 29–35. doi:10.21303/2504-5695.2021.001848
- 8 Grychenko N. Development of technology of semi-finished dessert products based on dairy and fruit-berry raw materials using the principles of colloid stabilization of milk. EUREKA: Life Sciences. 2018. no. 1. pp. 39–45. doi: 10.21303/2504-5695.2018.00539
- 9 Kalisetskaya E.I., Serova O.P., Slozhenkina M.I., Mosolova N.I. Low-calorie milk cream enriched with bioflavonoids. Innovative aspects of production technologies, examination of the quality and safety of agricultural raw materials and food products: materials of the international scientific-practical conference "Actual directions of innovative development of animal husbandry and modern technologies of food, medicine and technology", November 28–29, 2019 g. pos. Persianovsky: Donskoy State Agrarian University, 2019. pp. 285–289. (in Russian).
- 10 Kodentsova V.M., Risnik D.V. Fortified dairy products as a promising carrier of deficient micronutrients in the diet of Russians. Dairy Industry. 2021. no. 8. pp. 10–13. (in Russian).
- 11 Evdokimov I.A., Kulikova I.K., Misyura V.A., Volodin D.N. et al. Factors shaping the structure and consistency of dairy desserts. Dairy industry. 2019. no. 1. pp. 44–46. (in Russian).
- 12 Kuzmyk U., Marynin A., Svyatnenko R., Zheludenko Y., Kurmach M. Determining the Effect of Apple and Banana Powders Dried by Sublimation on the Quality Indicators of a Sour Milk Dessert during Storage. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. vol. 3. no. 11. pp. 111. doi: 10.15587/1729-4061.2021.228083
- 13 Peng F., He S., Yi H., Li Q. et al. Physical, textural, and rheological properties of whipped cream affected by milk fat globule membrane protein. International journal of food properties. 2018. vol. 21. no. 1. pp. 1190–1202. doi: 10.1080/10942912.2018.1460755
- 14 Dolmatova O.I., Pozhidaeva E.A., Grebenkina A.G. The use of wild herb extract in the production of fermented milk drink. Food Industry, 2017. no. 12. pp. 26–28. (in Russian).
- 15 Karimi M., Sekhavatizadeh S.S., Hosseinzadeh S. Milk dessert containing Lactobacillus reuteri (ATCC 23272) encapsulated with sodium alginate, Ferula assa-foetida and Zedo (Amygdalus scoparia) gum as three layers of wall materials. Food and Bioproducts Processing. 2021. vol. 127. pp. 244–254. doi: 10.1016/j.fbp.2021.03.003
- 16 Kalisetskaya E.I., Serova O.P., Slozhenkina M.I., Zlobina E.Yu. Low-calorie milk-based cream. Agricultural food innovations. 2019. no. 2 (6). pp. 88–93. (in Russian).
- 17 Bozhkova S.E., Gaivoronskaya N.S., Pogorelets T.P., Pilipenko D.N. et al. Technology of creamy desserts for preventive nutrition. Agrarian food innovations. 2019. no. 2 (6). pp. 67–73. (in Russian).
- 18 Kovalevskaya A.A., Drozdov A.N., Kalmanovich S.A. Development of technology and recipes for dairy desserts. Izvestiya vuzov. Food technology. 2018. no. 2–3. pp. 68–70. (in Russian).
- 19 Gurskaya A.S., Kurenkova N.A. Modern trends in the development of dairy-based desserts. Young researchers of agro-industrial and forestry complexes - to the regions. Volume 2. Part 2. Technical sciences: Collection of scientific papers based on the results of the V international youth scientific and practical conference. Vologda-Dairy, FGBOU VO Vologda State Medical Academy, 2020. pp. 24–28. (in Russian).
- 20 Dzyuba N., Valevskaya L., Atanasova V., Sokolovskaya A. et al. Elaboration of the recipe of the fermented milk dessert for child food. EUREKA: Life Sciences. 2017. no. 4. pp. 3–9. doi: 10.21303/2504-5695.2017.00371

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>

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

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>

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 05/07/2021	После редакции 30/07/2021	Принята в печать 23/08/2021
Received 05/07/2021	Accepted in revised 30/07/2021	Accepted 23/08/2021

Обоснование рациональной дозировки закваски «Эвиталя» для безглютенового хлеба из амарантовой муки

Ирина М. Жаркова¹ zharir@mail.ru  0000-0001-8662-4559
Юлия А. Сафонова¹ kulakova7@yandex.ru  0000-0002-2995-1905

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

Аннотация. Актуальной является разработка рецептур и технологий производства мучных изделий, которые предназначены для диетического профилактического питания, в том числе для людей, страдающих разными формами непереносимости глютена. К настоящему времени учеными разных стран и технологами промышленных предприятий разработан достаточно большой ассортимент безглютеновых мучных изделий, в частности, хлеба. Однако, «слабыми» местами таких разработок являются невысокие потребительские свойства продукции, ее низкая пищевая ценность, короткий срок хранения или высокая цена. Поэтому необходимо подобрать сырье, которое способно улучшить органолептические и физико-химические показатели качества данной категории хлеба, обогатить его эссенциальными микронутриентами, продлить срок сохранения свежести и замедлить микробиологическую порчу. Цель исследования – установление рациональной дозировки молочнокислой закваски «Эвиталя» в тесто на основе амарантовой муки при выработке безглютенового хлеба. Закваска «Эвиталя» отличается высокой биологической ценностью, обусловленной комбинацией молочнокислых бактерий – пробиотиков. Установлено, что образцы хлеба, в составе которых присутствовала молочнокислая закваска «Эвиталя» отличались более приятным вкусом и запахом с менее выраженным амарантовым оттенком; светлым и эластичным мякишем, более мелкой и равномерной пористостью мякиша. Применение данной закваски в дозировках 35–55% к массе мучной смеси позволило увеличить срок сохранения свежести изделий без микробиологической порчи до четырех суток, что в два раза больше по сравнению с безглютеновым хлебом, приготовленным из амарантовой муки, но без закваски.

Ключевые слова: безглютеновый хлеб, срок годности, микробиологическая порча, плесневение, черствение, закваска, молочнокислые бактерии

Substantiation of rational dosage of "Evitalia" sourdough culture for gluten-free bread from amaranth flour

Irina M. Zharkova¹ zharir@mail.ru  0000-0001-8662-4559
Julia A. Safonova¹ kulakova7@yandex.ru  0000-0002-2995-1905

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

Abstract. The development of recipes and technologies for the production of flour products, which are intended for preventive dietary nutrition, including for people suffering from various forms of gluten intolerance, is urgent. To date, scientists from different countries and technologists of industrial enterprises have developed a fairly large range of gluten-free flour products, in particular, bread. However, the "weak" points of such developments are the low consumer properties of the product, its low nutritional value, short shelf life or high price. Therefore, it is necessary to select raw materials that can improve the organoleptic and physicochemical indicators of the quality of this category of bread, enrich it with essential micronutrients, extend the shelf life of freshness and slow down microbiological spoilage. The aim of the study is to establish a rational dosage of the lactic acid sourdough "Evitalia" in dough based on amaranth flour when making gluten-free bread. The leaven "Evitalia" has a high biological value due to the combination of lactic acid bacteria – probiotics. It was found that bread samples containing lactic acid sourdough "Evitalia" were distinguished by a more pleasant taste and smell with a less pronounced amaranth hue; light and elastic crumb, finer and more uniform crumb porosity. The use of this sourdough in dosages of 35–55% by weight of the flour mixture allowed to increase the shelf life of products without microbiological spoilage up to four days, which is twice as much as compared to gluten-free bread made from amaranth flour, but without sourdough.

Keywords: gluten-free bread, shelf life, microbiological spoilage, mold, stale, leaven, lactic acid bacteria

Введение

В настоящее время важность вклада полноценного питания в формирование и поддержание здоровья людей признана на мировом уровне. Официальные данные свидетельствуют о том, что наиболее высокую летальность в мире провоцируют заболевания неинфекционной этиологии, в частности, сердечно-сосудистые, диабет, атеросклероз, гипертония, ожирение. Серьезным фактором, повышающим риск развития многочисленных неинфекционных заболеваний, является неполноценный рацион питания [1].

Для цитирования

Жаркова И.М., Сафонова Ю.А. Обоснование рациональной дозировки закваски «Эвиталя» для безглютенового хлеба из амарантовой муки // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 174–181. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-174-181

For citation

Zharkova I.M., Safonova Ju. Substantiation of rational dosage of "Evitalia" sourdough culture for gluten-free bread from amaranth flour. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 174–181. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-174-181

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

продукции достаточного скуден и не всегда она имеет высокие потребительские характеристики или доступную цену. Это в полной мере относится и к безглютеновому хлебу.

С каждым годом в России, как и во всем мире, все чаще диагностируют заболевания, связанные с различными формами непереносимости глютена (отдельных представителей проламиновой фракции белков злаковых культур). Основные рекомендации медиков по лечению и профилактике данных заболеваний сводятся к соблюдению строгой безглютеновой диеты, исключающей из рациона продукты питания, содержащие глютенную фракцию белка [3, 4, 5, 6]. При этом отмечается, что диета должна быть здоровой и полноценной, содержать все необходимые питательные вещества, витамины, минералы вещества и полноценный белок.

Резкое увеличение спроса на безглютеновые продукты питания, которое наблюдалось в двухтысячных годах в странах Европы и Северной Америки, вызвало интерес к данной категории изделий во всем мире. Осведомленность людей о существовании заболеваний, связанных с наличием в продуктах отдельных белковых фракций, становилась все больше, и соответственно, возрастал спрос на безглютеновые продукты. Поэтому производители стали разрабатывать рецептуры и технологии подобной продукции. Рынок безглютеновых продуктов неуклонно растет [7]. Основными ингредиентами являлись рисовая, кукурузная мука и различные виды крахмала (тапиоковый, кукурузный, картофельный). Однако производство безглютеновых мучных изделий сопряжено с рядом технологических сложностей, связанных с отсутствием основных структурообразующих компонентов – клейковинных белков. Глиадин и глютен, как основные белки муки, влияют на эластичность теста и его упругость, поэтому отсутствие их в составе сырья приводит к ухудшению реологических свойств теста и мякиша мучного продукта, в частности, повышается крошковатость мякиша. Можно констатировать, что хлеб является одним из наиболее сложных продуктов питания при производстве безглютеновых альтернатив [4]. Это связано, с одной стороны, с трудностями в поиске ингредиентов, способных в полной мере имитировать технологические свойства пшеничной клейковины в образовании текстуры хлеба [8, 9, 10]. С другой стороны, потребители, соблюдающие безглютеновую диету, зачастую имеют опыт употребления традиционных мучных изделий и вкусовые характеристики «простого» безглютенового

хлеба для них неприемлемы. Графическая интерпретация основных проблем, возникающих при производстве безглютенового хлеба и некоторых путей их решения представлена на рисунке 1.



Рисунок 1. Основные проблемы при производстве безглютенового хлеба и пути их решения

Figure 1. The main problems in the production of gluten-free bread and ways to solve them

К настоящему времени учеными разных стран и технологами промышленных предприятий разработан достаточно большой ассортимент безглютеновых мучных изделий, в том числе, хлеба. Однако, «слабыми» местами таких разработок являются невысокие потребительские свойства продукции [10], ее низкая пищевая ценность [11], короткий срок хранения [8, 12, 13] или высокая цена [4]. С учетом того, что у пациентов, длительно соблюдающих безглютеновую диету, зачастую отмечается недостаточное потребление растительного белка, кальция, железа, витамина D, фолиевой кислоты, клетчатки при повышенных уровнях потребления жиров, особую актуальность приобретает задача повышения нутритивной плотности обозначенной группы хлебобулочных изделий [11, 14–16]. Это позволит избежать увеличения риска возникновения многих сопутствующих заболеваний, в частности остеопороза, остеопении, микро- и макроцитарной анемии, хронической слабости или неврологических симптомов [3].

Для повышения пищевой ценности безглютенового хлеба используют разнообразное сырье, содержащее дефицитные макро- и микронутриенты, в частности, псевдозлаковые культуры (киноа, амарант) [2, 6, 17], плоды каменного и пробкового дуба [18], молочные продукты (йогурт, творожный сыр) [19], белковые продукты из микроводорослей, насекомых или растительного сырья [20]. Зайцевой Л.В. с соавторами [21] для улучшения пищевой ценности безглютенового хлеба предложено использовать композицию муки из семян чиа, люпиновой муки и переэтерифицированный заменитель молочного жира.

Замедлить процессы микробиологической порчи хлеба можно с помощью различных химических консервантов, например, кислот: молочной, уксусной, пропионовой или их солей, комбинированных химических препаратов или путем применения нетрадиционного растительного сырья, а также заквасок со специально подобранным комплексом микроорганизмов [22–25]. Для решения проблемы быстрого черствения безглютенового хлеба предложено использовать различные гидроколлоиды (ксантан, гуар, каррагинан, камедь рожкового дерева) [26], нетрадиционное сырье, содержащее гидроколлоиды (семена дикого шалфея, базилика или кресс-салата) [8], ферменты, например, мальтогенную амилазу [12], комбинацию хитозана и трансклутаминазы [10], экзополисахариды, продуцируемые молочнокислыми бактериями [27]. Следует отметить, что экзополисахариды могут составить реальную конкуренцию коммерческим гидроколлоидам при производстве безглютеновой продукции.

Улучшение органолептических характеристик безглютенового хлеба, в том числе вкуса и запаха, может достигаться благодаря использованию разнообразных заквасок, в ходе брожения которых происходит накопление специфических соединений (альдегидов, кетонов, кислот и др.) [23].

Цель работы – обоснование целесообразности использования молочнокислой закваски «Эвиталия» для приготовления теста на основе амарантовой муки при выработке безглютенового хлеба и установление ее рациональной дозировки.

Материалы и методы

Выбор закваски «Эвиталия» обусловлен тем, что в ее состав входит комбинация молочнокислых бактерий – пробиотиков: *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus* (*L. helveticus*, *L. lactis*, *L. acidophilus*), *Freudenreichi shermanii* subsp. (рисунок 2), благодаря которой в процессе брожения идет накопление веществ, способных улучшить органолептические характеристики безглютенового хлеба, его пищевую ценность (витамины В₁, В₂, В₆, В₁₂, фолиевая кислота, А, С, F, жирные кислоты), а также продляющих срок годности за счет замедления черствения (экзополисахариды) и микробиологической порчи (низин, ацидофилин, лактоцин, пропионовая кислота) [28].

Безглютеновый хлеб из амарантовой муки с использованием молочнокислой закваски «Эвиталия» готовили согласно способу, описанному в источнике [29]. В качестве сырья использовали муку амарантовую первого сорта,

соответствующую требованиям ТУ 9293–004–77872064–2011, крахмал кукурузный (ГОСТ 32159–2013), муку, получаемую из клубней чумы (ТУ 9293–016–778720064–2015), изолят соевого белка, соль поваренную пищевую (ГОСТ Р 51574–2018), сахар белый (ГОСТ 33222–2015), ксантановую камедь (свидетельство о государственной регистрации № ВУ.70.06.01.009.Е.001169.03.13), порошки яблочный и морковный (ТУ 9164–001–18419372), дрожжи хлебопекарные прессованные (ГОСТ Р 54731–2011), закваску «Эвиталия» (свидетельство о государственной регистрации № 77.99.23.3.У.1640.3.07), воду питьевую (СанПин 1.2.3685–21), масло подсолнечное (ГОСТ 1129–2013). Тесто замешивали до получения однородной массы, далее разделяли на куски массой 350 г., укладывали в формы и направляли на 90–120 мин на расстойку в термостат. Поверхность расстойшихся заготовок увлажняли и затем помещали в печь. Продолжительность выпечки составляла 30–50 мин при 180–220 °С.

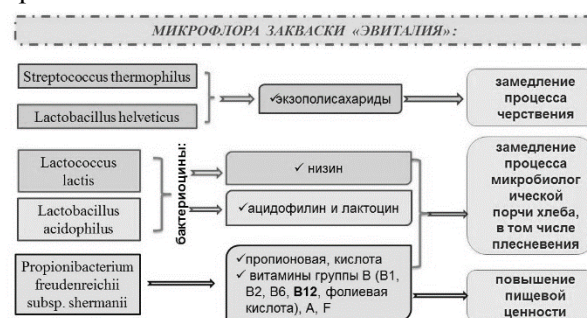


Рисунок 2. Характеристика микрофлоры молочнокислой закваски «Эвиталия» и ожидаемых эффектов от её применения в хлебопечении

Figure 2. Characteristics of the microflora of the lactic acid starter culture "Evitalia" and the expected effects of its use in baking

В процессе расстойки оценивали газодерживающую способность теста – величину изменения объема куска теста массой 50 г., помещенного в мерный цилиндр при температуре 32±2 °С, а также активную кислотность полуфабриката с помощью pH-метра. У готовых изделий определяли органолептические и физико-химические показатели качества в соответствии со стандартизованными методами анализа: форма, состояние поверхности и мякиша, вкус и запах – ГОСТ 5667–65; влажность мякиша (ГОСТ 21094–75), его кислотность (ГОСТ 5669–96), пористость (ГОСТ 5669–96) и удельный объем (ГОСТ 27669–88).

Способность мякиша связывать воду определяли методом нерастворяющего объема, а его намокаемость – по методике, которая позволяет найти коэффициент намокаемости изделия, характеризующий долю поглощенной изделием влаги.

Для определения соотношения сырьевых компонентов в рецептуре безглютенового хлеба использовали специально разработанный программный продукт, в основе которого решение математической модели, учитывающей относительное изменение суммарной доли незаменимых аминокислот в белке проектируемого изделия по сравнению с идеальным белком. Математическая модель представляет собой целевую функцию:

$$f(x_j, \dots, x_n) = \sum_{l=1}^L \left(1 - \frac{\sum_{j=1}^m (A_{jl} \cdot C_j^b \cdot x_j)}{A_l^{em} \cdot \sum_{j=1}^m C_j^b \cdot x_j} \right)^2 \rightarrow \min, \quad (1)$$

где A_{jl}, A_l^{em} – количество незаменимой аминокислоты l в белке рецептурного ингредиента j и белке-этalone, соответственно, мг/1 г белка; C_j^b – содержание белка в рецептурном ингредиенте j , %; x_j – количество рецептурного ингредиента j , г; $j = \overline{1, n}, l = \overline{1, L}$. Ограничения накладываются на массовую долю в готовом изделии белков, жиров, углеводов, пищевых волокон и кальция в диапазоне норм потребления данных веществ.

Результаты и обсуждение

Начальный этап работы включал проектирование ряда модельных рецептов теста на основе амарантовой муки для выработки безглютенового хлеба. Дозировка закваски «Эвиталия» находилась в интервале от 15 до 55% к массе мучной смеси. По спроектированным рецептурам осуществляли пробные лабораторные выпечки.

Увеличение дозировки молочнокислой закваски интенсифицирует процесс брожения в тестовых заготовках (рисунок 3), так образцы 4–6 отличались повышенным газообразованием и, соответственно, наблюдалось увеличение объема тестовых заготовок на 15–20% по сравнению с контролем. Наличие в закваске органических кислот и продуктов молочнокислого брожения благоприятно отражалось на жизнедеятельности дрожжевых клеток, так газодерживающая способность теста в процессе расстойки для контрольной пробы за 120 мин выдерживания в термостате составляла 89 см³, тогда как для опытных проб 2 и 3 аналогичный результат был достигнут за 112 мин, а для проб 4; 5 и 6 – за 85 мин, 90 мин и 95 мин, соответственно. Это позволит сократить продолжительность расстойки заготовок теста из амарантовой муки.

Согласно данным, представленным на рисунке 4, можно отметить, что применение

в рецептуре хлеба из амарантовой муки молочнокислой закваски «Эвиталия» отражается на показателе активной кислотности теста, т. е. с увеличением доли закваски наблюдается снижение pH теста с 5,65 (контроль) до 4,85 (образец 6). Опытные пробы имеют начальную кислотность выше, что способствует активизации микробиологических и биохимических процессов и возможно сокращение продолжительности расстойки тестовых заготовок на 25–35 мин для образцов 4–6 по сравнению с контролем.

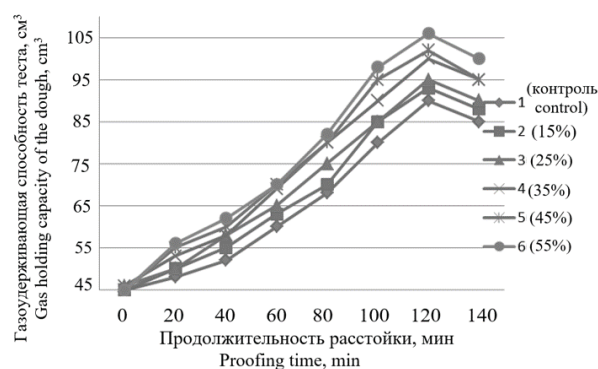


Рисунок 3. Изменение газодерживающей способности теста в процессе расстойки

Figure 3. Change in the gas holding capacity of the dough during the proving process

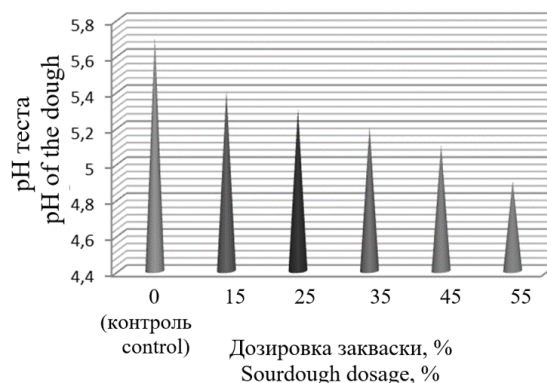


Рисунок 4. Влияние дозировки закваски «Эвиталия» на активную кислотность (pH) теста на основе амарантовой муки для безглютенового хлеба

Figure 4. Influence of the dosage of the Evitalia starter culture on the active acidity (pH) of dough based on amaranth flour for gluten-free bread

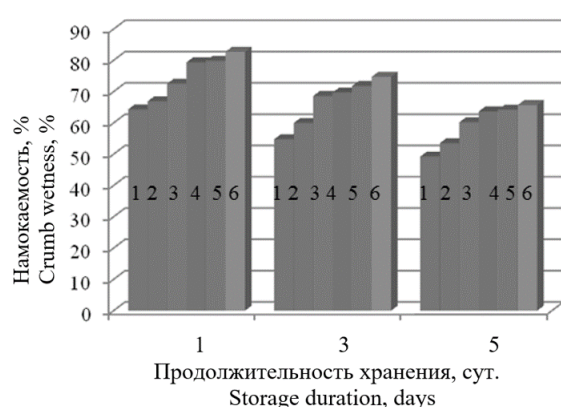
В ходе исследований установлено, что образцы хлеба, в составе которых присутствовала молочнокислая закваска «Эвиталия» отличались более приятным вкусом и запахом с менее выраженным амарантовым оттенком; более светлым и эластичным мякишем, более мелкой и равномерной пористостью мякиша. Пористость хлеба с дозировкой закваски 55% почти на 2% превышала показатель контрольного образца, кислотность – в 1,6 раз, что оказывает положительное воздействие на вкус изделий (таблица 1).

Показатели качества безглютенового амарантового хлеба

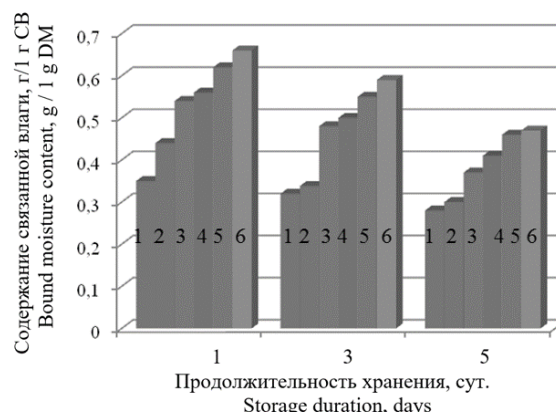
Table 1.

Quality indicators of gluten-free amaranth bread

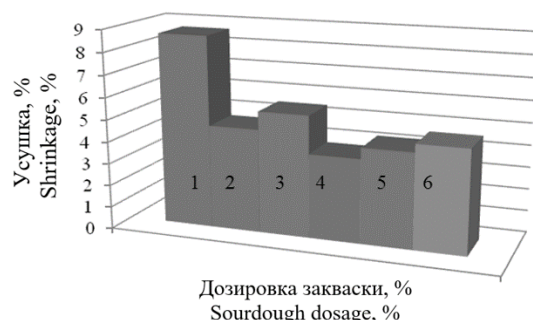
Показатель Indicators	Значение для изделий по образцам*: Value for products based on samples *:					
	контроль control	2	3	4	5	6
Органолептические показатели Organoleptic indicators						
Внешний вид: Appearance						
Форма Shape	Правильная, соответствующая хлебной форме, в которой производилась выпечка, с несколько выпуклой верхней коркой Correct, corresponding to the bread form in which the baked goods were made, with a slightly convex upper crust					
Поверхность Surface	Слегка шероховатая, без подрывов Slightly rough, no debris					
Цвет корки Peel color	От светло-коричневого до коричневого Light brown to brown					
Состояние мякиша: Crumb condition:	Хорошо пропеченный мякиш, без следов нечистоты Well-baked crumb, no traces of impurities					
Пористость Porosity	Развитая, неравномерная Developed, uneven					
	Крупнопористая Large pore	Среднепористая Medium-porous			Среднепористая Medium-porous	
Вкус Taste	Свойственный изделиям из амарантовой муки Peculiar to products made from amaranth flour			Более приятный вкус, без ощущения специфического амарантового привкуса A more pleasant taste, without the feeling of a specific amaranth aftertaste		
Запах Smell	С оттенком, присущим хлебу из амарантовой муки With a touch of amaranth flour bread			С наименее выраженным оттенком, присущим хлебу из амарантовой муки With the least pronounced shade inherent in amaranth flour bread		Без ярко выраженного оттенка, присущим хлебу из амарантовой муки Without the pronounced shade inherent in amaranth flour bread
Физико-химические показатели Physical and chemical indicators						
Массовая доля влаги, % Moisture content, %	49,5	49,0	49,0	50,0	49,5	49,7
Кислотность мякиша, град. Crumb acidity, degrees	1,5	1,75	1,85	2,05	2,2	2,45
Пористость, % Porosity, %	61,88	62,03	62,54	63,05	62,89	63,05
Удельный объем, см³/г Specific volume, cm³/g	1,96	1,96	1,963	1,964	1,97	1,98



(a)



(b)



(c)

Рисунок 5. Изменение показателя в процессе хранения безглютенового амарантового хлеба с различными дозировками закваски «Эвиталия» (%): (а) намокаемость; (б) содержание связанной влаги; (с) усушка мякиша для образцов – 1 – 0 (контроль), 2 – 15, 3 – 25, 4 – 35, 5 – 45, 6 – 55

Figure 5. Change in the indicator during storage of gluten-free amaranth bread with different dosages of Evitalia sourdough culture (%): (a) wetness; (b) bound moisture content; (c) crumb shrinkage for samples - 1 - 0 (control), 2 - 15, 3 - 25, 4 - 35, 5 - 45, 6 - 55

Изучение процесса хранения безглютенового хлеба из амарантовой муки позволило оценить степень микробиологической порчи готовых изделий. Визуальные признаки плесневения для контрольного образца наблюдались на вторые сутки, так были отмечены очаги видимых колоний плесневых грибов и резкий выраженный неприятный запах. В опытных изделиях, приготовленных с применением молочнокислой закваски «Эвиталия» в дозировке 35–55%, признаки плесневения появлялись на пятые сутки хранения, что объясняется замедлением процесса микробиологической порчи за счёт наличия в тесте пропионовой кислоты, которая является результатом жизнедеятельности бактерий *Propionibacterium freudenreichii shermanii* subsp. вносимых с закваской, а также бактериоцинов низина, ацидофилина и лактоцина, образующихся молочнокислыми бактериями *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus acidophilus*.

Заключение

Внесение в рецептуру безглютенового хлеба из амарантовой муки молочнокислой закваски «Эвиталия» в дозировках 35–55% к массе мучной смеси благоприятно отразилось на потребительских характеристиках готовых изделий. Опытные образцы хлеба, в составе которых присутствовала молочнокислая закваска «Эвиталия» отличались более приятным вкусом и запахом с менее выраженным амарантовым оттенком; светлым и эластичным мякишем, более

мелкой и равномерной пористостью мякиша. Показатель пористости опытных проб увеличился на 1,9%, а усушка сократилась в 1,8 раза, по сравнению с контрольным изделием, приготовленным без закваски. Значения намокаемости мякиша амарантового хлеба с закваской на первые и пятые сутки хранения возрастали на 28,6–33,4%, содержание связанной влаги увеличилось на 88,6–67,8% соответственно, по сравнению с изделием без закваски. Применение данной закваски в указанных дозировках позволило увеличить срок сохранения свежести изделий без микробиологической порчи до четырех суток, что в два раза больше по сравнению с безглютеновым хлебом, приготовленным из амарантовой муки, но без закваски.

Готовый безглютеновый хлеб из амарантовой муки содержит, %: белка – 6,3; углеводов – 41,7; пищевых волокон – 2,17, а также 124 мг/100 г. кальция.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке прикладных научных исследований Министерством образования и науки Российской Федерации в рамках реализации федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» по соглашению о предоставлении субсидии № 14.577.21.0256 от 26 сентября 2017 г. Уникальный идентификатор ПНИЭР RFMEFI5 7717X0256.

Литература

- 1 Всемирная организация здравоохранения. Европейское региональное бюро. Доклад о состоянии здравоохранения в европе 2018: Больше, чем просто цифры: фактические данные для всех. URL: <https://www.euro.who.int/ru/data-and-evidence/european-health-report/european-health-report-2018.-more-than-numbers-evidence-for-all-2018>
- 2 Бавыкина И.А., Звягин А.А., Мирошниченко Л.А. и др. Эффективность продуктов из амаранта в безглютеновом питании детей с непереносимостью глютена // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 2. С. 91–99.
- 3 Gładyś K., Dardzińska J., Guzek M., Adrych K. et al. Expanded Role of a Dietitian in Monitoring a Gluten-Free Diet in Patients with Celiac Disease: Implications for Clinical Practice // Nutrients. 2021. V. 13. №. 6. P. 1859. doi: 10.3390/nu13061859
- 4 El Khoury D., Balfour-Ducharme S., Joye J. A Review on the Gluten-Free Diet: Technological and Nutritional Challenges // Nutrients. 2018. V. 10. № 10. P. 1410. doi: 10.3390/nu10101410
- 5 Bascuñán K.A., Vespa M.C., Araya M. Celiac disease: understanding the gluten-free diet // European Journal of Nutrition. 2017. V. 56. № 2. P. 449–459. doi: 10.1007/s00394-016-1238-5
- 6 Жаркова И.М., Звягин А.А., Мирошниченко Л.А. и др. Оптимизация безглютеновой диеты новыми продуктами // Вопросы детской диетологии. 2017. № 6. С. 59–65.
- 7 Gorgitano M.T., Sodano V. Gluten-Free Products: From Dietary Necessity to Premium Price Extraction Tool // Nutrients. 2019. V. 11. № 9. P. 1997. doi: 10.3390/nu11091997
- 8 Salehi F. Improvement of gluten-free bread and cake properties using natural hydrocolloids: A review // Food science & nutrition. 2019. V. 7. №. 11. P. 3391–3402. doi: 10.1002/fsn3.1245.
- 9 Biesiekierski J.R. What is gluten? // J. Gastroenterol Hepatol. 2017. V. 32. №. 1. P. 78–81. doi: 10.1111/jgh.13703
- 10 Silva H.A., Paiva E.G., Lisboa H.M., Duarte E. et al. Role of chitosan and transglutaminase on the elaboration of gluten-free bread // J. Food Sci Technol. 2020. V. 57. №. 5. P. 1877–1886. doi: 10.1007/s13197-019-04223-5
- 11 Allen B., Orfila C. The Availability and Nutritional Adequacy of Gluten-Free Bread and Pasta // Nutrients. 2018. V. 10. №. 10. P. 1370. doi: 10.3390/nu10101370
- 12 Haghighat-Kharazi S., Reza Kasaii M., Milani J.M., Khajeh K. Antistaling properties of encapsulated maltogenic amylase in gluten-free bread // Food Science & Nutrition. 2020. V. 8. №. 11. P. 5888–5897. doi: 10.1002/fsn3.1865

- 13 Azizi S., Azizi M.H., Moogouei R., Rajaei P. The effect of Quinoa flour and enzymes on the quality of gluten-free bread // *Food Science & Nutrition*. 2020. V. 8. №. 5. P. 2373–2382. doi: 10.1002/fsn3.1527
- 14 Sue A., Dehlsen K., Ooi C. Y. Paediatric patients with coeliac disease on a gluten-free diet: nutritional adequacy and macro- and micronutrient imbalances // *Current gastroenterology reports*. 2018. V. 20. №. 1. P. 1–12. doi:10.1007/s11894-018-0606-0
- 15 Fry L., Madden A.M., Fallaize R. An investigation into the nutritional composition and cost of gluten-free versus regular food products in the UK // *J. Hum. Nutr. Diet*. 2018. № 31. P. 108–120.
- 16 Romão B., Botelho R.B.A., Alencar E.R., da Silva V.S.N. et al. Chemical Composition and Glycemic Index of Gluten-Free Bread Commercialized in Brazil // *Nutrients*. 2020. V. 12. №. 8. P. 2234. doi: 10.3390/nu12082234.
- 17 Урубков С.А., Хованская С.С., Смирнов С.О. Содержание селена в безглютеновой пищевой продукции // *Вопросы питания*. 2021. Т. 90. № 1 (533). С. 102–107.
- 18 Beltrão Martins R., Gouvêas L., Nunes M.C., Alcides Peres J. et al. Acorn Flour as a Source of Bioactive Compounds in Gluten-Free Bread // *Molecules*. 2020. V. 25. №. 16. P. 3568. doi: 10.3390/molecules25163568
- 19 Graça C., Mota J., Lima A., Boavida Ferreira R. et al. Glycemic Response and Bioactive Properties of Gluten-Free Bread with Yogurt or Curd-Cheese Addition // *Foods*. 2020. V. 9. №. 10. P. 1410. doi: 10.3390/foods9101410
- 20 Skendi A., Papageorgiou M., Varzakas T. High Protein Substitutes for Gluten in Gluten-Free Bread // *Foods*. 2021. V. 10. №. 9. P. 1997. doi: 10.3390/foods10091997
- 21 Zaytseva L.V., Yudina T.A., Ruban N.V., Bessonov V.V. et al. Modern approaches to the development of gluten-free bakery formulations // *Voprosy pitaniia*. 2020. V. 89. №. 1. P. 77–85. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10009
- 22 Дубровская Н.О., Кузнецова Л.И., Парахина О.И. Способ повышения микробиологической устойчивости безглютенового хлеба // *Хлебопечение России*. 2017. № 4. С. 22–24.
- 23 Цыганова Т.Б., Невская Е.В., Толмачева И.П., Головачева О.В. Разработка закваски на основе штамма *Lactobacillus acidophilus* а 146 с использованием питательных смесей из разных видов муки // *Устойчивое развитие, экологически безопасные технологии и оборудование для переработки пищевого сельскохозяйственного сырья; импортозамещение: мат. междунар. науч.-практ. конф., Краснодар, 21–22 июня 2016 г.* 2016. С. 314–320.
- 24 Невская Е.В., Цыганова Т.Б., Головачева О.В. Антимикробные свойства молочнокислых бактерий, используемых в хлебопечении для приготовления заквасок // *Кондитерское и хлебопекарное производство*. 2016. № 7–8 (166). С. 46–47.
- 25 Шмалько Н.А. Современные технологии ржано-пшеничного хлеба с использованием амарантовой муки // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2021. № 2–3 (380–381). С. 6–9.
- 26 Ren Y., Linter B.R., Linforth R., Foster T.J. A comprehensive investigation of gluten free bread dough rheology, proving and baking performance and bread qualities by response surface design and principal component analysis // *Food & function*. 2020. V. 11. №. 6. P. 5333–5345. doi: 10.1039/d0fo00115e.
- 27 Lynch K.M., Coffey A., Arendt E.K. Exopolysaccharide producing lactic acid bacteria: Their techno-functional role and potential application in gluten-free bread products // *Food research international*. 2018. V. 110. P. 52–61. doi: 10.1016/j.foodres.2017.03.012
- 28 Био-комплекс URL: <http://www.bio-complex.ru/evitaliya/kompleks-sukhikh-mikroorganizmov-probiotikov-zakvaska>
- 29 Пат. № 2718517, RU, A21 D 13/04. Способ производства безглютенового хлеба / Жаркова И.М., Гусинович В.Г., Самохвалов А.А., Колева Т.Н., Тихонова М.Ю., Слепокурова Ю.И. № 2019122617; Заявл. 18.07.2019; Опубл. 08.04.2020, Бюл. № 10.

References

- 1 World Health Organization. Regional Office for Europe. Europe health report 2018: More than numbers: evidence for all. Available at: <https://www.euro.who.int/ru/data-and-evidence/european-health-report/european-health-report-2018/european-health-report-2018-more-than-numbers-evidence-for-all-2018> (in Russian).
- 2 Bavykina I.A., Zvyagin A.A., Miroshnichenko L.A. et al. The effectiveness of amaranth products in gluten-free nutrition of children with gluten intolerance. *Nutrition issues*. 2017. vol. 86. no. 2. pp. 91–99. (in Russian).
- 3 Gładys K., Dardzińska J., Guzek M., Adrych K. et al. Expanded Role of a Dietitian in Monitoring a Gluten-Free Diet in Patients with Celiac Disease: Implications for Clinical Practice. *Nutrients*. 2021. vol. 13. no. 6. pp. 1859. doi: 10.3390/nu13061859
- 4 El Khoury D., Balfour-Ducharme S., Joye J. A Review on the Gluten-Free Diet: Technological and Nutritional Challenges. *Nutrients*. 2018. vol. 10. no. 10. pp. 1410. doi: 10.3390/nu10101410
- 5 Bascuñán K.A., Vespa M.C., Araya M. Celiac disease: understanding the gluten-free diet. *European Journal of Nutrition*. 2017. vol. 56. no. 2. pp. 449–459. doi: 10.1007/s00394-016-1238-5
- 6 Zharkova I.M., Zvyagin A.A., Miroshnichenko L.A. and other Optimization of a gluten-free diet with new products. *Questions of children's dietology*. 2017. no. 6. pp. 59–65. (in Russian).
- 7 Gorgitano M.T., Sodano V. Gluten-Free Products: From Dietary Necessity to Premium Price Extraction Tool. *Nutrients*. 2019. vol. 11. no. 9. pp. 1997. doi: 10.3390/nu11091997
- 8 Salehi F. Improvement of gluten-free bread and cake properties using natural hydrocolloids: A review. *Food science & nutrition*. 2019. vol. 7. no. 11. pp. 3391–3402. doi: 10.1002/fsn3.1245
- 9 Biesiekierski J.R. What is gluten? *J. Gastroenterol Hepatol*. 2017. vol. 32. no. 1. pp. 78–81. doi: 10.1111/jgh.13703
- 10 Silva H.A., Paiva E.G., Lisboa H.M., Duarte E. et al. Role of chitosan and transglutaminase on the elaboration of gluten-free bread. *J. Food Sci Technol*. 2020. vol. 57. no. 5. pp. 1877–1886. doi: 10.1007/s13197-019-04223-5
- 11 Allen B., Orfila C. The Availability and Nutritional Adequacy of Gluten-Free Bread and Pasta. *Nutrients*. 2018. vol. 10. no. 10. pp. 1370. doi: 10.3390/nu10101370
- 12 Haghighat-Kharazi S., Reza Kasaii M., Milani J.M., Khajeh K. Antistaling properties of encapsulated maltogenic amylase in gluten-free bread. *Food Science & Nutrition*. 2020. vol. 8. no. 11. pp. 5888–5897. doi: 10.1002/fsn3.1865

- 13 Azizi S., Azizi M.H., Moogouei R., Rajaei P. The effect of Quinoa flour and enzymes on the quality of gluten-free bread. *Food Science & Nutrition*. 2020. vol. 8. no. 5. pp. 2373–2382. doi: 10.1002/fsn3.1527
- 14 Sue A., Dehlsen K., Ooi C. Y. Paediatric patients with coeliac disease on a gluten-free diet: nutritional adequacy and macro- and micronutrient imbalances. *Current gastroenterology reports*. 2018. vol. 20. no. 1. pp. 1-12. doi:10.1007/s11894-018-0606-0
- 15 Fry L., Madden A.M., Fallaize R. An investigation into the nutritional composition and cost of gluten-free versus regular food products in the UK. *J. Hum. Nutr. Diet*. 2018. no. 31. pp. 108–120.
- 16 Romão B., Botelho R.B.A., Alencar E.R., da Silva V.S.N. et al. Chemical Composition and Glycemic Index of Gluten-Free Bread Commercialized in Brazil. *Nutrients*. 2020. vol. 12. no. 8. pp. 2234. doi: 10.3390/nu12082234.
- 17 Urubkov S.A., Khovanskaya S.S., Smirnov S.O. Selenium content in gluten-free food products. *Nutrition issues*. 2021. vol. 90. no. 1 (533). pp. 102-107. (in Russian).
- 18 Beltrão Martins R., Gouvêas L., Nunes M.C., Alcides Peres J. et al. Acorn Flour as a Source of Bioactive Compounds in Gluten-Free Bread. *Molecules*. 2020. vol. 25. no. 16. pp. 3568. doi: 10.3390/molecules25163568
- 19 Graça C., Mota J., Lima A., Boavida Ferreira R. et al. Glycemic Response and Bioactive Properties of Gluten-Free Bread with Yoghurt or Curd-Cheese Addition. *Foods*. 2020. vol. 9. no. 10. pp. 1410. doi: 10.3390/foods9101410
- 20 Skendi A., Papageorgiou M., Varzakas T. High Protein Substitutes for Gluten in Gluten-Free Bread. *Foods*. 2021. vol. 10. no. 9. pp. 1997. doi: 10.3390/foods10091997
- 21 Zaytseva L.V., Yudina T.A., Ruban N.V., Bessonov V.V. et al. Modern approaches to the development of gluten-free bakery formulations. *Voprosy pitaniia*. 2020. vol. 89. no. 1. pp. 77-85. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10009
- 22 Dubrovskaya N.O., Kuznetsova L.I., Parakhina O.I. A method for increasing the microbiological stability of gluten-free bread. *Khlebopechenie Rossii*. 2017. no. 4. pp. 22-24. (in Russian).
- 23 Tsyganova T.B., Nevskaya E.V., Tolmacheva I.P., Golovacheva O.V. Development of a starter culture based on the lactobacillus acidophilus a 146 strain using nutritional mixtures of different types of flour. Sustainable development, environmentally friendly technologies and equipment for processing food agricultural raw materials; import operezhdenie: mat. international scientific-practical Conf., Krasnodar, June 21–22, 2016. pp. 314–320. (in Russian).
- 24 Nevskaya E.V., Tsyganova T.B., Golovacheva O.V. Antimicrobial properties of lactic acid bacteria used in baking for the preparation of starter cultures. *Confectionery and bakery production*. 2016. no. 7-8 (166). pp. 46–47. (in Russian).
- 25 Shmalko N.A. Modern technologies of rye-wheat bread using amaranth flour. *News of higher educational institutions. Food technology*. 2021. no. 2-3 (380-381). pp. 6-9. (in Russian).
- 26 Ren Y., Linter B.R., Linforth R., Foster T.J. A comprehensive investigation of gluten free bread dough rheology, proving and baking performance and bread qualities by response surface design and principal component analysis. *Food & function*. 2020. vol. 11. no. 6. pp. 5333-5345. doi: 10.1039/d0fo00115e
- 27 Lynch K.M., Coffey A., Arendt E.K. Exopolysaccharide producing lactic acid bacteria: Their techno-functional role and potential application in gluten-free bread products. *Food research international*. 2018. vol. 110. pp. 52-61. doi: 10.1016/j.foodres.2017.03.012
- 28 Bio-complex. Available at: <http://www.bio-complex.ru/evitaliya/kompleks-sukhikh-mikroorganizmov-probiotikov-zakvaska> (in Russian).
- 29 Zharkova I.M., Gustinovich V.G., Samokhvalov A.A., Koleva T.N., Tikhonova M.Yu., Slepokurova Yu.I. Method for the production of gluten-free bread. Patent RF, no. 2718517, 2020.

Сведения об авторах

Ирина М. Жаркова д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, zharir@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8662-4559>

Юлия А. Сафонова к.т.н., доцент, кафедра высшей математики и информационных технологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kulakova7@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2995-1905>

Information about authors

Irina M. Zharkova Dr. Sci. (Engin.), professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, zharir@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8662-4559>

Julia A. Safonova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, higher mathematics and information technologies department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kulakova7@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2995-1905>

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 09/07/2021	После редакции 21/07/2021	Принята в печать 02/08/2021
Received 09/07/2021	Accepted in revised 21/07/2021	Accepted 02/08/2021

Использование продуктов микроволновой аминолитической деструкции полиэтилентерефталата в резинах на основе хлоропренового каучука

Михаил А. Вохмянин ¹	vmisha7@gmail.com	 0000-0003-3127-1543
Роман Л. Веснин ¹	vesninroman@mail.ru	 0000-0002-8359-7871
Александр Д. Краев ¹	syndicat11@mail.ru	 0000-0002-9086-347X
Валерий А. Седых ²	cdxva@mail.ru	 0000-0003-1054-6552

¹ Вятский Государственный университет, ул. Московская, 36, г. Киров, 610020, Россия.

² Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия.

Аннотация. В данной работе рассмотрен метод утилизации отходов полиэтилентерефталата (ПЭТ) смесью аминоспиртов – моноэтаноламина и триэтаноламина, взятых в определенном соотношении. В результате реакции деструкции образуется диамид терефталевой кислоты (N, N'-бис (2-гидроксиэтил) терефталамид). Для ускорения процесса деструкции было использовано микроволновое излучение различной мощности. Определены оптимальные условия разложения ПЭТ: время и мощность микроволнового излучения с выходом целевого продукта (диамида терефталевой кислоты) 80-85%. Процесс деструкции проводился без применения катализаторов и при атмосферном давлении. Продукт аминолитической деструкции ПЭТ (диамид терефталевой кислоты) был использован в качестве мономера в реакции поликонденсации при получении нового олигомера. Полученный олигомер и продукт деструкции ПЭТ исследовались в качестве новых компонентов в резинах на основе трех марок хлоропренового каучука различной скорости кристаллизации. Выявлено ускоряющее действие новых ингредиентов на процесс серной вулканизации резин на основе хлоропренового каучука. Продemonстрировано, что введение олигомера на основе продукта деструкции ПЭТ снижает вязкость резиновых смесей на 25-35%. Рассмотрено влияние на упруго-прочностные свойства полученных резин до и после термического старения. Показано, что диамид терефталевой кислоты и олигомер на его основе оказывают влияние на упруго-прочностные свойства исследуемых резин до и после термического старения. В дальнейшем планируется более подробное рассмотрение влияния новых полученных ингредиентов в резинах на основе полярных каучуков и термопластов на физико-химические и физико-механические параметры.

Ключевые слова: аминолиз, отходы полиэтилентерефталата, микроволновое излучение, хлоропреновый каучук

Use of microwave aminolytic destruction products of polyethylene terephthalate in rubbers based on chloroprene rubber

Mikhail A. Vokhmyanin ¹	vmisha7@gmail.com	 0000-0003-3127-1543
Roman L. Vesnin ¹	vesninroman@mail.ru	 0000-0002-8359-7871
Alexander D. Kraev ¹	syndicat11@mail.ru	 0000-0002-9086-347X
Valery A. Sedykh ²	cdxva@mail.ru	 0000-0003-1054-6552

¹ Vyatka State University, Moscow st., 36, Kirov, 610020, Russia

² Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia

Abstract. In this paper, a method of recycling polyethylene terephthalate (PET) waste with a mixture of amino-alcohols - monoethanolamine and triethanolamine, taken in a certain ratio, is considered. As a result, of the degradation reaction, terephthalic acid diamide (N, N'-bis (2-hydroxyethyl) terephthalamide) is formed. To accelerate the destruction process, microwave radiation of various powers was used. The optimal conditions for PET decomposition have been determined: the time and power of microwave radiation with the yield of the target product (terephthalic acid diamide) 80-85%. The destruction process was carried out without the use of catalysts and at atmospheric pressure. The aminolytic degradation product of PET (terephthalic acid diamide) was used as a monomer in the polycondensation reaction to obtain a new oligomer. The obtained oligomer and the PET degradation product were investigated as new components in rubbers based on three grades of chloroprene rubber with different crystallization rates. The accelerating effect of new ingredients on the process of sulfur vulcanization of rubbers based on chloroprene rubber has been revealed. It has been demonstrated that the introduction of an oligomer based on a PET degradation product reduces the viscosity of rubber compounds by 25-35%. The effect on the elastic-strength properties of the obtained rubbers before and after thermal aging is considered. It is shown that terephthalic acid diamide and oligomer based on it have an effect on the elastic-strength properties of the studied rubbers before and after thermal aging. In the future, a more detailed consideration of the effect of the new obtained ingredients in rubbers based on polar rubbers and thermoplastics on the physicochemical and physicochemical parameters is planned.

Keywords: aminolysis, waste polyethylene terephthalate, microwave radiation, chloroprene rubber

Для цитирования

Вохмянин М.А., Веснин Р.Л., Краев А.Д., Седых В.А. Использование продуктов микроволновой аминолитической деструкции полиэтилентерефталата в резинах на основе хлоропренового каучука // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 182–190. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-182-190

For citation

Vokhmyanin M.A., Vesnin R.L., Kraev A.D., Sedykh V.A. Use of microwave aminolytic destruction products of polyethylene terephthalate in rubbers based on chloroprene rubber. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 182–190. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-182-190

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

Введение

Переработка бытовых, либо промышленных твердых отходов полиэтилентерефталата (ПЭТ) с каждым годом привлекает к себе все больше внимания. Это связано не только со стремлением к снижению экологической нагрузки на окружающую среду, но и с тем, что продукты переработки ПЭТ могут быть использованы в различных отраслях промышленности [1].

В настоящее время существуют несколько основных методов переработки отходов ПЭТ: захоронение на полигонах, механическая переработка (измельчение и повторное использование), химическая переработка и сжигание. Среди вышеупомянутых методов рециркуляции наиболее важным является химический метод ввиду того, что он позволяет получать и производить сырье, которое в дальнейшем может использоваться в различных отраслях промышленности, в частности и для повторного синтеза полимеров [2–5].

Химическая переработка – один из методов переработки путем химической модификации или деконструкции полимерных макромолекул. Существует несколько сольволитических методов, эффективных для деконструкции ПЭТ. Такими методами являются: алкоголиз (реакция со спиртом) [6–11]; аминотиз (реакция с аминами) [12–15]; аммонолиз (реакция с аммиаком) и гидролиз (реакция с водой) [16–19]. Общим для этих методов утилизации является механизм нуклеофильной атаки карбонильного атома углерода в ПЭТ нуклеофильными реагентами. В результате этого происходит образование сложных эфиров, диамидов терефталевой кислоты, сложных эфиров терефталевой кислоты или терефталевой кислоты соответственно. Полученные соединения могут быть использованы в качестве добавок в асфальты и битумы [20–22]; в качестве модифицирующей, либо сшивающей добавки в эпоксидные смолы [23–25], для получения защитных покрытий [26–28]; в качестве одного из компонентов полиуретанов [29–31] и так далее.

Сольволитические методы деструкции ПЭТ могут протекать при различных условиях, с применением катализаторов и без них [33–37]. Особый интерес вызывают методы деструкции при использовании микроволнового излучения, вместо конвективного нагрева. Микроволновое излучение позволяет проводить процессы деструкции в несколько раз быстрее, чем при конвективном нагреве. В первую очередь это связано с тем, что все реагирующие компоненты при реакциях деструкции ПЭТ являются полярными соединениями [38–42].

Ввиду большого разнообразия возможных методов химической утилизации отходов ПЭТ для дальнейшего изучения был выбран аминотиз, как один из методов, который позволяет получить большое разнообразие продуктов, а также из-за возможности регулирования условий проведения реакции деструкции в широких диапазонах (время, температура, соотношение компонентов).

Цель работы – изучение процесса аминотизической деструкции отходов ПЭТ при микроволновом излучении различной мощности. Изучение влияния продуктов аминотизической деструкции ПЭТ и их производных на серную вулканизацию и упруго-прочностные свойства резин на основе хлоропренового каучука.

Материалы и методы

Для проведения процесса деструкции ПЭТ использовалась смесь аминотизов – моноэтанолламин (МЭА) технический (ТУ 2423–159–00203335–2004) и триэтанолламин (ТЭА) (ТУ 2423–168–00203335–2007) производства ПАО "Казаньоргсинтез". Отходы ПЭТ представляли собой измельченные пластиковые бутылки без этикетки, с размером частиц 5 x 5 мм.

Исследование влияние продукта деструкции ПЭТ и его производных проводилось в рецептурах на основе хлоропренового каучука трех марок различной скорости кристаллизации (регулируемые меркаптанами) CR121, CR232 и CR244, производства Китай, Shanxi Synthetic Rubber Group Co. Ltd. Рецептуры модельных резиновых смесей представлены в таблице 1.

Таблица 1.
Рецептура модельной резиновой смеси

Table 1.

Model rubber compounding

Ингредиенты Ingredients	Массовые части на 100 массовых частей каучука, масс. ч. Mass parts per 100 mass parts of rubber, mass.p.		
	1 (CR232)	2 (CR244)	3 (CR121)
Каучук Rubber	100	100	100
Оксид магния Magnesium oxide	4	4	4
Оксид цинка Zinc oxide	5	5	5
Сер Sulfur	1	1	1
ТМТД (Тетраметилтиурамдисульфид) Tetramethylthiuram disulfide	1	1	1
ДФГ (Дифенилгуанидин) Diphenylguanidine	1	1	1
Технический углерод (П 803) Carbon black (P 803)	40	40	40
Итого Total	160	100	80

За базовые были приняты три смеси с различными марками каучуков, различающихся скоростью кристаллизации.

Резиновые смеси были изготовлены на лабораторном микросмесителе с объёмом загрузочной камеры 0,1 л (производства ООО Полимермаш Групп).

Снятие вулканизационных характеристик осуществлялось на оборудовании Moving Die Rheometer, фирмы Prescott Instruments Ltd. Вязкость по Муни определялась на ротационном вискозиметре Mooneyline MV Variable Speed, фирмы Prescott Instruments Ltd. Определение упруго-прочностных свойств было произведено на разрывной машине AG-X 5 kN, фирмы Shimadzu.

Исследования изготовленных резин осуществлялись по стандартным методикам в соответствии с ГОСТ: снятие вулканизационных характеристик резиновых смесей (ГОСТ 12535–84), определение вязкости сырой резиновой смеси по Муни на ротационном вискозиметре (ГОСТ 10722–76), упруго-прочностные свойства (ГОСТ 270–75), твердость резин по Шору А (ГОСТ 263–75), испытания на ускоренное старение и теплостойкость (ГОСТ ISO 188–2013).

Результаты

Кинетика аминолитической деструкции полиэтилентерефталата при микроволновом излучении

За основу лабораторной установки для аминолитической деструкции ПЭТ была взята бытовая микроволновая печь с возможностью регулирования мощности микроволнового излучения (рисунок 1). Основным из главных изменений в конструкции является возможность присоединения обратного холодильника к реакционной колбе, находящейся внутри микроволновой печи.

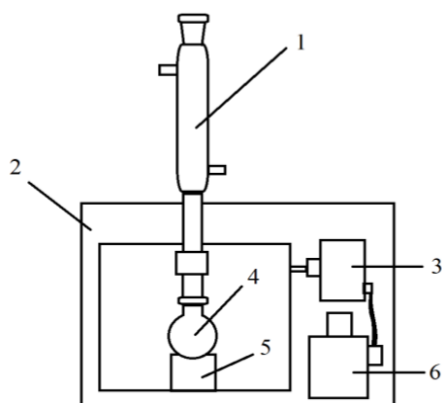


Рисунок 1. Схема лабораторной установки для проведения деструкции ПЭТ при микроволновом излучении (1 – обратный холодильник; 2 – корпус установки; 3 – магнетрон; 4 – реакционная колба; 5 – подставка; 6 – трансформатор)

Figure 1. Schematic of a laboratory setup for PET destruction under microwave radiation (1 – reverse cooler; 2 – installation body; 3 – magnetron; 4 – reaction flask; 5 – stand; 6 – transformer)

Аминолитическая деструкция частиц ПЭТ проводилась в смеси аминоспиртов, при соотношениях 1:4:5 и 1:3:4 соответственно для ПЭТ: МЭА:ТЭА. Выбор данных соотношений аминоспиртов обусловлен необходимостью достаточного количества аминоспиртов для разложения частиц ПЭТ. Кинетика деструкции ПЭТ при различной мощности микроволнового излучения (220, 540 и 700 ватт) и двух соотношениях компонентов приведена на рисунках 2 и 3.

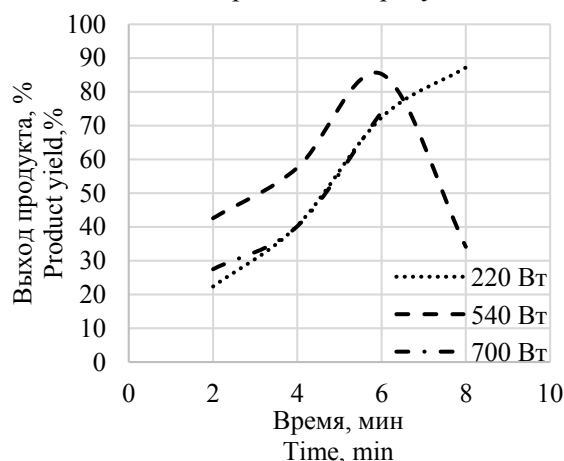


Рисунок 2. Кинетика деструкции ПЭТ при соотношении компонентов 1:4:5 (ПЭТ: МЭА:ТЭА)

Figure 2. Kinetics of PET destruction at a component ratio of 1: 4 : 5 (PET: MEA : TEA)

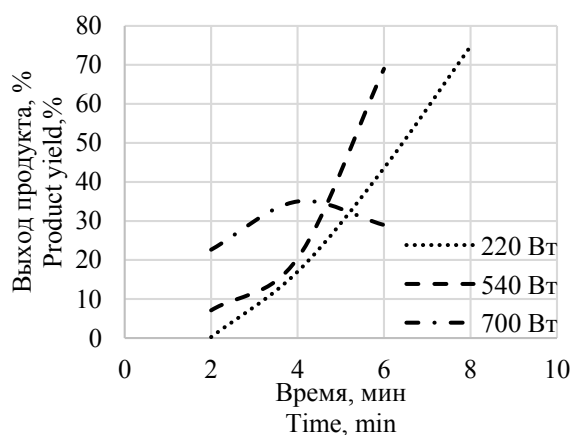


Рисунок 3. Кинетика деструкции ПЭТ при соотношении компонентов 1:3:4 (ПЭТ: МЭА:ТЭА)

Figure 3. Kinetics of PET destruction at a component ratio of 1: 3 : 4 (PET: MEA : TEA)

Получение олигомера на основе продукта деструкции ПЭТ.

Продукт деструкции ПЭТ (диамид терефталевой кислоты) был использован в качестве мономера в реакции поликонденсации с получением олигомера. Реакция проводилась в диапазоне температур от 200 до 215 °С, при вакуумировании для удаления побочных продуктов реакции (этаноламина). В качестве катализатора использовалась фосфорная кислота.

Изготовление резиновых смесей на основе
хлоропренового каучука

Резиновые смеси на основе трех видов хлоропреновых каучуков различной скорости кристаллизации были изготовлены в соответствии с рецептурами, приведенными в таблице 2.

Таблица 2.

Рецептуры резиновых смесей на основе хлоропренового каучука

Table 2.

Chloroprene rubber based rubber formulations

Ингредиенты Ingredients	Резиновая смесь, масс. части The rubber compound of the masses. part						
	4	5	6	7	8	9	
Каучук Rubber	100						
Оксид магния Magnesium oxide	4						
Оксид цинка Zinc oxide	5						
Сера Sulfur	1						
ТМТД (Тетраметилтиурамдисульфид) Tetramethylthiuram disulfide	1						
ДФГ (Дифенилгуанидин) Diphenylguanidine	1						
Технический углерод (П 803) Carbon black (P 803)	39						
БГЭТФА* ВНЕТА	1			—			
оАТФК** оАТРА	—			1			
Итого Total	152						

Примечание: * БГЭТФА – продукт аминолитической деструкции ПЭТ ** оАТФК – олигомер на основе продукта деструкции ПЭТ

Note: *ВНЕТА is a product of aminolytic degradation of PET

** оАТРА – oligomer based on PET degradation product

Резиновые смеси 4 и 7 сделаны на основе каучука CR232; смеси 5 и 8 – CR244; смеси 6 и 9 – CR121.

Кинетика вулканизации резиновых смесей

В первую очередь рассматривалось влияние диамида терефталевой кислоты и олигомера на его основе на кинетику серной вулканизации резиновых смесей. В таблице 3 представлены данные по ключевым вулканизационным характеристикам серной вулканизации исследуемых резин Т₁₀, Т₅₀ и Т₉₀.

Таблица 3.

Продолжительность периодов вулканизации резиновых смесей

Table 3.

The duration of the periods of vulcanization of rubber compounds

	Смесь			Compound					
	Модельные Modeling			4	5	6	7	8	9
	1	2	3						
T _{10%} , сек T _{10%, sec}	87	57	74	91	60	84	93	84	69
T _{50%} , сек T _{50%, sec}	220	226	148	265	229	149	278	242	158
T _{90%} , сек T _{90%, sec}	1107	967	833	1082	953	797	1094	961	723

Упруго-прочностные свойства
полученных резин

В дальнейшем исследовалась вязкость сырых резиновых смесей, а также упруго-прочностные характеристики вулканизатов. Вулканизация резин происходила в оптимуме вулканизации при температуре 160 °С в течение 15–17 минут.

Кроме этого, помимо основных упруго-прочностных свойств резин, оценивалось влияние диамида терефталевой кислоты и олигомера на его основе на процессы старения резин. В таблице 4 приведены данные по вязкости сырых резиновых смесей, а также некоторые показатели упруго-прочностных свойств резин до и после термического старения в течение 24 часов.

Таблица 4.

Упруго-прочностные показатели вулканизатов до и после термического старения

Table 4.

Elastic-strength characteristics of vulcanizates before and after thermal aging

Показатель резиновая смесь Indicator rubber compound	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вязкость, ед. Муни Viscosity, units Muni	70	90	79	70	83	75	70	79	72
Твердость, Шор А Hardness, Shore A	89	-	51	103	-	32	77	-	39
fp, МПа	20	25	19	21	23	18	22	26	19
e, %	336	214	241	310	236	293	352	281	313
Напряжение при 100%, МПа Voltage at 100%, MPa	4	13	7	5	11	6	4	10	5
Напряжение при 200%, МПа z Voltage at 200%, MPa	11	22	16	13	21	12	11	21	12
После старения (24 часа при 100 градусах Цельсия) After aging (24 hours at 100 degrees Celsius)									
fp, МПа	19	22	16	20	24	18	20	21	18
e, %	295	217	264	358	301	261	307	270	266

Обсуждение

Кинетика аминолитической деструкции полиэтилентерефталата

Из данных, представленных на рисунке 1, видно, что максимальный выход продукта, 85%, достигается при времени реакции 6 минут и мощности микроволнового излучения 540 Вт. При более длительном времени воздействия микроволнового излучения в данных условиях выход продукта снижается ввиду значительного испарения реакционной массы (смеси аминоспиртов) и нахождения её в месте соединения обратного холодильника и реакционной колбы в виде паров.

При использовании мощности 220 Вт наибольший выход продукта (84–86%) достигается при 8 минутах реакции, что связано с медленным разогревом реакционной массы и снижением скорости испарения смеси аминоспиртов.

Использование мощности излучения 700 Вт нецелесообразно ввиду слишком быстрого разогрева, закипания и испарения реакционной массы. Время контакта смеси аминоспиртов с частицами ПЭТ мало, что приводит к меньшему выходу продукта (до 74%).

При соотношении компонентов 1:3:4 наблюдается общее снижение выхода целевого продукта при всех используемых мощностях (рисунок 2). В данном случае максимальный выход продукта достигает лишь 74%. Снижение выхода продукта обусловлено недостатком смеси аминоспиртов, которая при микроволновом излучении, в особенности при мощности в 700 Вт, очень быстро испаряется и не успевает полностью конденсироваться, при попадании в обратный холодильник.

Олигомер на основе продукта деструкции ПЭТ.

В результате реакции получено светло-желтое смолообразное вещество, кристаллизующееся при остывании, с небольшим запахом аминоспиртов. Цвет и запах полученного продукта обусловлен неполным удалением побочных продуктов поликонденсации диамида терефталевой кислоты, а именно моноэтаноламина.

Полученный олигомер растворим в высокополярных растворителях – диметилсульфоксиде и диметилформамиде; обладает хорошей способностью вытягиваться в волокна (до нескольких метров) в тёплом и горячем состоянии. Температура плавления полученного продукта находится в диапазоне от 75 до 80 °С.

Кинетика вулканизации резиновых смесей

По данным таблицы 3 видно, что ускоряющее действие на процесс серной вулканизации наблюдалось практически во всех случаях с добавлением диамида терефталевой кислоты и олигомера на его основе, что особенно наглядно видно по параметру T_{90} . В смесях с добавлением продукта деструкции ПЭТ T_{90} сократилось на 1,5–4%, а в смесях с добавлением олигомера на основе диамида терефталевой кислоты T_{90} сократилось на 0,5–13%. Наиболее сильное сокращение T_{90} наблюдалось в смеси 9 – на 13,2% (сокращение времени вулканизации на 2 минуты).

Такое ускоряющее влияние на процесс серной вулканизации может быть обусловлено тем, что вводимые ингредиенты (диамид терефталевой кислоты и олигомер на его основе) имеют щелочной характер.

В случае параметров T_{10} и T_{50} наблюдалось незначительное (в пределах 5%) замедление процесса, что приводит к увеличению индукционного периода вулканизации.

Упруго-прочностные показатели исследуемых резин

Из данных таблицы 4 (исследование упруго-прочностных свойств) видно, что при добавлении диамида терефталевой кислоты значительных изменений в условной прочности при разрыве не наблюдалось, данный показатель остался на уровне базовых смесей сравнения. Однако, добавление данного компонента оказало влияние на удлинение при разрыве: увеличение данного показателя наблюдалось у смесей 5 и 6, особенно в случае последней смеси увеличение составило более 50% по сравнению со смесью со смесью 3 данной таблицы.

В случае использования олигомера на основе диамида терефталевой кислоты условная прочность смесей на основе хлоропреновых каучуков CR232 и CR244 увеличилась, а в случае каучука CR121 осталась соизмеримой с базовой смесью. Относительное удлинение при разрыве исследуемых смесей во всех трех случаях увеличилось на величину от 20 до 70%, что указывает на пластифицирующее действие полученного олигомера.

Кроме этого, пластифицирующее действие полученного олигомера подтверждаются данными по вязкости резиновых смесей. Вязкость сырых резиновых смесей 7 и 9 снижается на 13 и 24% соответственно.

Сравнивая упруго-прочностные параметры полученных вулканизатов до и после старения, можно сказать, что в некоторых случаях (смесь 4 и 5 с добавлением диамида

терефталевой кислоты) наблюдалось увеличение относительного удлинения при разрыве вулканизатов после старения на 49 и 65% соответственно.

Условная прочность при разрыве после старения у вулканизатов с добавлением диамида терефталевой кислоты снизилась в меньшей степени по сравнению с модельными смесями: снижение условной прочности при разрыве у модельных смесей порядка 13%, у смесей с добавлением диамида терефталевой кислоты 2%. Это может быть связано с тем, что диамид терефталевой кислоты выступает в качестве ингибитора термоокислительного процесса хлоропренового каучука за счет наличия амидной группы.

Заключение

Изучен процесс аминолитической деструкции отходов полиэтилентерефталата при микроволновом излучении различной мощности и при различном соотношении компонентов. Выявлены наиболее оптимальные условия деструкции ПЭТ при микроволновом излучении

с выходов продукта 82–85% и временем деструкции 4–6 минут.

Рассмотрена возможность использования продукта аминолитической деструкции ПЭТ и его олигомера в качестве новых ингредиентов в резинах на основе хлоропренового каучука. Показаны некоторые упруго-прочностные характеристики и характер их изменения с добавлением новых полученных ингредиентов. Выявлено, что новые ингредиенты немного ускоряют процесс серной вулканизации резин на основе хлоропреновых каучуков; оказывают пластифицирующее действие на исследуемые вулканизаты, а также могут выступать в качестве ингибиторов термоокислительных процессов.

В дальнейшем планируется более подробное рассмотрение влияния новых полученных ингредиентов в резинах на основе полярных каучуков и термопластов на физико-химические и физико-механические параметры.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20–33–90115

Литература

- 1 Yun X., Xin-Yi Y., Dun-Hong G., Yong-Bo D. et al. Preparation and characterization of waterborne alkyd-amino baking coatings based on waste polyethylene terephthalate // Royal Society open science. 2020. V. 7. №. 1. P. 191447. doi: 10.1098/rsos.191447
- 2 Веснин Р.Л., Алапыкин А.А., Вохмянин М.А. Технология утилизации отходов полиэтилентерефталата с получением амида терефталевой кислоты // Известия высших учебных заведений. Серия «Химия и химическая технология». 2020. № 2. С. 99–104.
- 3 Al-Sabagh A.M., Yehia F.Z., Eshaq G., Rabie A.M. et al. Greener routes for recycling of polyethylene terephthalate // Egyptian Journal of Petroleum. 2016. V. 25. №. 1. P. 53–64. doi: 10.1016/j.ejpe.2015.03.001
- 4 Jamdar V., Kathalewar M., Sabnis A. Depolymerization study of PET waste using aminoethylethanolamine and recycled product application as polyesteramide synthesis // Journal of Polymers and the Environment. 2018. V. 26. №. 6. P. 2601–2618. doi: 10.1007/s10924-017-1149-4
- 5 Логинова А.В., Тишин Д.Е., Касьянова О.В. Современные способы переработки вторичного полиэтилентерефталата и области применения полученных материалов // Глобализация экологических проблем: прошлое, настоящее и будущее. 2017. С. 221–221.
- 6 Woortman, A.J.J.; Loos, K.; Popovic, I.G. High Performance Alkyd Resins Synthesized from Postconsumer PET Bottles // RSC Advances. 2015. V. 5. №. 76. P. 62273–62283. doi: 10.1039/C5RA11777A
- 7 Scremin D.M., Miyazaki D.Y., Lunelli C.E., Silva S.A. et al. PET recycling by alcoholysis using a new heterogeneous catalyst: study and its use in polyurethane adhesives preparation // Macromolecular Symposia. 2019. V. 383. №. 1. P. 1800027. doi: 10.1002/masy.201800027
- 8 Zhou L., Lu X., Ju Z., Liu B. et al. Alcoholysis of polyethylene terephthalate to produce dioctyl terephthalate using choline chloride-based deep eutectic solvents as efficient catalysts // Green Chemistry. 2019. V. 21. №. 4. P. 897–906.
- 9 Zhou X., Wang C., Fang C., Yu R. et al. Structure and thermal properties of various alcoholysis products from waste poly (ethylene terephthalate) // Waste management. 2019. V. 85. P. 164–174. doi: 10.1016/j.wasman.2018.12.032
- 10 Li Y., Li M., Lu J., Li X. et al. Decoloration of waste PET alcoholysis liquid by an electrochemical method // Water Science and Technology. 2018. V. 77. №. 10. P. 2463–2473. doi: 10.2166/wst.2018.191
- 11 Linlin D.Y.M.Y.Z. Study on the chemical recycling technologies on hydrolysis and alcoholysis of PET waste [J] // Plastics Manufacture. 2011. V. 7.
- 12 Teotia M., Tarannum N., Soni R.K. Depolymerization of PET waste to potentially applicable aromatic amides: Their characterization and DFT study // Journal of Applied Polymer Science. 2017. № 31. P. 45153.
- 13 Панфилов Д.А., Дворко И.М. Химическая деструкция вторичного полиэтилентерефталата как метод получения смол-модификаторов полимеров // Научный альманах. 2018. №. 3–2. С. 183–186.
- 14 Tawfik M.E., Eskander S.B. Chemical Recycling of Poly(Ethylene Terephthalate) Waste Using Ethanolamine. Sorting of the End Products // Polymer Degradation and Stability. 2010. V. 95. №. 2. P. 187–194.
- 15 Parab Y.S., Shukla S.R. Novel synthesis, characterization of N1, N1, N4, N4-tetrakis (2-hydroxyethyl) terephthalamide (THETA) and terephthalic Acid (TPA) by depolymerization of PET bottle waste using diethanolamine // Journal of Macromolecular Science, Part A. 2013. V. 50. №. 11. P. 1149–1156. doi: 10.1080/10601325.2013.830004

- 16 Aguado A., Martínez L., Becerra L., Arieta-Araunabeña M. et al. Chemical depolymerisation of PET complex waste: hydrolysis vs. glycolysis // *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 2014. V. 16. №. 2. P. 201–210. doi: 10.1007/s10163-013-0177-y
- 17 Malik N., Kumar P., Shrivastava S., Ghosh S.B. An overview on PET waste recycling for application in packaging // *International Journal of Plastics Technology*. 2017. V. 21. №. 1. P. 1–24. doi: 10.1007/s12588-016-9164-1
- 18 Sinha V., Patel M.R., Patel J.V. PET waste management by chemical recycling: a review // *Journal of Polymers and the Environment*. 2010. V. 18. №. 1. P. 8–25.
- 19 Singh S., Sharma S., Umar A., Mehta S.K. et al. Recycling of waste poly (ethylene terephthalate) bottles by alkaline hydrolysis and recovery of pure nanospindle-shaped terephthalic acid // *Journal of nanoscience and nanotechnology*. 2018. V. 18. №. 8. P. 5804–5809. doi: 10.1166/jnn.2018.15363
- 20 Sreeram A., Leng Z., Padhan R.K., Qu X. Eco-friendly paving materials using waste PET and reclaimed asphalt pavement // *HKIE Transactions*. 2018. V. 25. №. 4. P. 237–247. doi: 10.1080/1023697X.2018.1534617
- 21 Padhan R.K., Mohanta C., Sreeram A., Gupta A. Rheological evaluation of bitumen modified using antistripping additives synthesised from waste polyethylene terephthalate (PET) // *International Journal of Pavement Engineering*. 2020. V. 21. №. 9. P. 1083–1091. doi: 10.1080/10298436.2018.1519192
- 22 Merkel D.R., Kuang W., Malhotra D., Petrossian G. et al. Waste PET chemical processing to terephthalic amides and their effect on asphalt performance // *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. 2020. V. 8. №. 14. P. 5615–5625. doi: 10.1021/acssuschemeng.0c00036
- 23 Dębska B., Lichołai L. The effect of the type of curing agent on selected properties of epoxy mortar modified with PET glycolisate // *Construction and Building Materials*. 2016. V. 124. P. 11–19.
- 24 Dębska B., Lichołai L. The selected mechanical properties of epoxy mortar containing PET waste // *Construction and Building materials*. 2015. V. 94. P. 579–588.
- 25 Dębska B., Lichołai L., Szyszka J. Innovative compo-site on the basis of an aerogel mat with an epoxy resin modified with PET waste and PCM // *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, 2018. V. 44. P. 31.
- 26 More A., Mhaske S. Epoxy-based anticorrosive coating developed with modified poly (o-anisidine) and depolymerized product of PET waste // *Iranian Polymer Journal*. 2018. V. 27. №. 6. P. 359–370.
- 27 Saidi N.M., Shafaamri A.S., Ma I.A.W., Kasi R. et al. Development of anti-corrosion coatings using the disposable waste material // *Pigment & Resin Technology*. 2018. V. 47. №. 6. P. 478–484. doi: 10.1108/PRT-03-2018-0030
- 28 Yun X., Xin-Yi Y., Dun-Hong G., Yong-Bo D. et al. Preparation and characterization of waterborne alkyd-amino baking coatings based on waste polyethylene terephthalate // *Royal Society open science*. 2020. V. 7. №. 1. P. 191447. doi: 10.1098/rsos.191447
- 29 Sadeghi G.M.M., Shamsi R., Sayaf M. From aminolysis product of PET waste to novel biodegradable polyurethanes // *Journal of Polymers and the Environment*. 2011. V. 19. №. 2. P. 522–534. doi: 10.1007/s10924-011-0283-7
- 30 Sadeghi G.M., Sayaf M. From PET waste to novel polyurethanes // *Material Recycling–Trends and Perspectives*. 2012. P. 357–390.
- 31 Cakic S.M., Ristić I.S., Milena M., Nikolić N.Č. et al. Glycolized products from PET waste and their application in synthesis of polyurethane dispersions // *Progress in Organic Coatings*. 2012. V. 74. №. 1. P. 115–124. doi: 10.1016/j.porgcoat.2011.11.024
- 32 Luo X., Li Y. Synthesis and characterization of polyols and polyurethane foams from PET waste and crude glycerol // *Journal of Polymers and the Environment*. 2014. V. 22. №. 3. P. 318–328. doi: 10.1007/s10924-014-0649-8
- 33 Palekar V.S., Shah R.V., Shukla S.R. Ionic liquid-catalyzed aminolysis of poly (ethylene terephthalate) waste // *Journal of applied polymer science*. 2012. V. 126. №. 3. P. 1174–1181. doi: 10.1002/app.36878
- 34 Shojaei B., Abtahi M., Najafi M. Chemical recycling of PET: A stepping-stone toward sustainability // *Polymers for Advanced Technologies*. 2020. V. 31. №. 12. P. 2912–2938. doi: 10.1002/pat.5023
- 35 Fukushima K., Lecuyer J.M., Wei D.S., Horn H.W. et al. Advanced chemical recycling of poly (ethylene terephthalate) through organocatalytic aminolysis // *Polymer Chemistry*. 2013. V. 4. №. 5. P. 1610–1616.
- 36 Wang Y., Zhang Y., Song H., Wang Y. et al. Zinc-catalyzed ester bond cleavage: Chemical degradation of polyethylene terephthalate // *Journal of Cleaner Production*. 2019. V. 208. P. 1469–1475. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.10.117
- 37 Delle Chiaie K.R. et al. Dual-catalytic depolymerization of polyethylene terephthalate (PET) // *Polymer Chemistry*. 2020. V. 11. №. 8. P. 1450–1453.
- 38 Bäckström E., Odelius K., Hakkarainen M. Ultrafast microwave assisted recycling of PET to a family of functional precursors and materials // *European Polymer Journal*. 2021. V. 151. P. 110441. doi: 10.1016/j.eurpolymj.2021.110441
- 39 Achilias D.S., Tsintzou G.P., Nikolaidis A.K., Bikiaris D.N. et al. Aminolytic depolymerization of poly (ethylene terephthalate) waste in a microwave reactor // *Polymer International*. 2011. V. 60. №. 3. P. 500–506. doi: 10.1002/pi.2976
- 40 Parab Y.S., Pingale N.D., Shukla S.R. Aminolytic depolymerization of poly (ethylene terephthalate) bottle waste by conventional and microwave irradiation heating // *Journal of applied polymer science*. 2012. V. 125. №. 2. P. 1103–1107. doi: 10.1002/app.34855
- 41 Shah R.V., Borude V.S., Shukla S.R. Recycling of PET waste using 3-amino-1-propanol by conventional or microwave irradiation and synthesis of bis-oxazin there from // *Journal of Applied Polymer Science*. 2013. V. 127. №. 1. P. 323–328. doi: 10.1002/app.37900
- 42 Park R., Sridhar V., Park H. Taguchi method for optimization of reaction conditions in microwave glycolysis of waste PET // *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 2020. V. 22. №. 3. P. 664–672. doi: 10.1007/s10163-019-00958-7

References

- 1 Yun X., Xin-Yi Y., Dun-Hong G., Yong-Bo D. et al. Preparation and characterization of waterborne alkyd-amino baking coatings based on waste polyethylene terephthalate. *Royal Society open science*. 2020. vol. 7. no. 1. pp. 191447. doi: 10.1098/rsos.191447
- 2 Vesnin R.L., Alalykin A.A., Vokhmyanin M.A. Technology of recycling polyethylene terephthalate waste with the production of terephthalic acid amide. *Bulletin of higher educational institutions. Series "Chemistry and Chemical Technology"*. 2020. no. 2. pp. 99–104. (in Russian).

- 3 Al-Sabagh A.M., Yehia F.Z., Eshaq G., Rabie A.M. et al. Greener routes for recycling of polyethylene terephthalate. *Egyptian Journal of Petroleum*. 2016. vol. 25. no. 1. pp. 53–64. doi: 10.1016/j.ejpe.2015.03.001
- 4 Jamdar V., Kathalewar M., Sabnis A. Depolymerization study of PET waste using aminoethylethanolamine and recycled product application as polyesteramide synthesis. *Journal of Polymers and the Environment*. 2018. vol. 26. no. 6. pp. 2601–2618. doi: 10.1007/s10924-017-1149-4
- 5 Loginova A.V., Tishin D.E., Kasyanova O.V. Modern methods of recycled polyethylene terephthalate processing and areas of application of the obtained materials. *Globalization of environmental problems: past, present and future*. 2017. pp. 221–221. (in Russian).
- 6 Woortman, A.J.J.; Loos, K.; Popovic, I.G. High Performance Alkyd Resins Synthesized from Postconsumer PET Bottles. *RSC Advances*. 2015. vol. 5. no. 76. pp. 62273–62283. doi: 10.1039/C5RA11777A
- 7 Scremin D.M., Miyazaki D.Y., Lunelli C.E., Silva S.A. et al. PET recycling by alcoholysis using a new heterogeneous catalyst: study and its use in polyurethane adhesives preparation. *Macromolecular Symposia*. 2019. vol. 383. no. 1. pp. 1800027. doi: 10.1002/masy.201800027
- 8 Zhou L., Lu X., Ju Z., Liu B. et al. Alcoholysis of polyethylene terephthalate to produce dioctyl terephthalate using choline chloride-based deep eutectic solvents as efficient catalysts. *Green Chemistry*. 2019. vol. 21. no. 4. pp. 897–906.
- 9 Zhou X., Wang C., Fang C., Yu R. et al. Structure and thermal properties of various alcoholysis products from waste poly (ethylene terephthalate). *Waste management*. 2019. vol. 85. pp. 164–174. doi: 10.1016/j.wasman.2018.12.032
- 10 Li Y., Li M., Lu J., Li X. et al. Decoloration of waste PET alcoholysis liquid by an electrochemical method. *Water Science and Technology*. 2018. vol. 77. no. 10. pp. 2463–2473. doi: 10.2166/wst.2018.191
- 11 Linlin D.Y.M.Y.Z. Study on the chemical recycling technologies on hydrolysis and alcoholysis of PET waste [J]. *Plastics Manufacture*. 2011. vol. 7.
- 12 Teotia M., Tarannum N., Soni R.K. Depolymerization of PET waste to potentially applicable aromatic amides: Their characterization and DFT study. *Journal of Applied Polymer Science*. 2017. no. 31. pp. 45153.
- 13 Panfilov D.A., Dvorko I.M. Chemical destruction of secondary polyethylene terephthalate as a method of obtaining resin-modifiers of polymers. *Scientific Almanac*. 2018. no. 3-2. pp. 183–186. (in Russian).
- 14 Tawfik M.E., Eskander S.B. Chemical Recycling of Poly(Ethylene Terephthalate) Waste Using Ethanolamine. *Sorting of the End Products. Polymer Degradation and Stability*. 2010. vol. 95. no. 2. pp. 187–194.
- 15 Parab Y.S., Shukla S.R. Novel synthesis, characterization of N1, N1, N4, N4-tetrakis (2-hydroxyethyl) terephthalamide (THETA) and terephthalic Acid (TPA) by depolymerization of PET bottle waste using diethanolamine. *Journal of Macromolecular Science, Part A*. 2013. vol. 50. no. 11. pp. 1149–1156. doi: 10.1080/10601325.2013.830004
- 16 Aguado A., Martínez L., Becerra L., Arieta-Araunabeña M. et al. Chemical depolymerisation of PET complex waste: hydrolysis vs. glycolysis. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 2014. vol. 16. no. 2. pp. 201–210. doi: 10.1007/s10163-013-0177-y
- 17 Malik N., Kumar P., Shrivastava S., Ghosh S.B. An overview on PET waste recycling for application in packaging. *International Journal of Plastics Technology*. 2017. vol. 21. no. 1. pp. 1–24. doi: 10.1007/s12588-016-9164-1
- 18 Sinha V., Patel M.R., Patel J.V. PET waste management by chemical recycling: a review. *Journal of Polymers and the Environment*. 2010. vol. 18. no. 1. pp. 8–25.
- 19 Singh S., Sharma S., Umar A., Mehta S.K. et al. Recycling of waste poly (ethylene terephthalate) bottles by alkaline hydrolysis and recovery of pure nanospindle-shaped terephthalic acid. *Journal of nanoscience and nanotechnology*. 2018. vol. 18. no. 8. pp. 5804–5809. doi: 10.1166/jnn.2018.15363
- 20 Sreeram A., Leng Z., Padhan R.K., Qu X. Eco-friendly paving materials using waste PET and reclaimed asphalt pavement. *HKIE Transactions*. 2018. vol. 25. no. 4. pp. 237–247. doi: 10.1080/1023697X.2018.1534617
- 21 Padhan R.K., Mohanta C., Sreeram A., Gupta A. Rheological evaluation of bitumen modified using antistripping additives synthesised from waste polyethylene terephthalate (PET). *International Journal of Pavement Engineering*. 2020. vol. 21. no. 9. pp. 1083–1091. doi: 10.1080/10298436.2018.1519192
- 22 Merkel D.R., Kuang W., Malhotra D., Petrossian G. et al. Waste PET chemical processing to terephthalic amides and their effect on asphalt performance. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. 2020. vol. 8. no. 14. pp. 5615–5625. doi: 10.1021/acssuschemeng.0c00036
- 23 Dębska B., Licholai L. The effect of the type of curing agent on selected properties of epoxy mortar modified with PET glycolisate. *Construction and Building Materials*. 2016. vol. 124. pp. 11–19.
- 24 Dębska B., Licholai L. The selected mechanical properties of epoxy mortar containing PET waste. *Construction and Building materials*. 2015. vol. 94. pp. 579–588.
- 25 Dębska B., Licholai L., Szyszka J. Innovative compo-site on the basis of an aerogel mat with an epoxy resin modified with PET waste and PCM. *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, 2018. vol. 44. pp. 31.
- 26 More A., Mhaske S. Epoxy-based anticorrosive coating developed with modified poly (o-anisidine) and depolymerized product of PET waste. *Iranian Polymer Journal*. 2018. vol. 27. no. 6. pp. 359–370.
- 27 Saidi N.M., Shafaamri A.S., Ma I.A.W., Kasi R. et al. Development of anti-corrosion coatings using the disposable waste material. *Pigment & Resin Technology*. 2018. vol. 47. no. 6. pp. 478–484. doi: 10.1108/PRT-03-2018-0030
- 28 Yun X., Xin-Yi Y., Dun-Hong G., Yong-Bo D. et al. Preparation and characterization of waterborne alkyd-amino baking coatings based on waste polyethylene terephthalate. *Royal Society open science*. 2020. vol. 7. no. 1. pp. 191447. doi: 10.1098/rsos.191447
- 29 Sadeghi G.M.M., Shamsi R., Sayaf M. From aminolysis product of PET waste to novel biodegradable polyurethanes. *Journal of Polymers and the Environment*. 2011. vol. 19. no. 2. pp. 522–534. doi: 10.1007/s10924-011-0283-7
- 30 Sadeghi G.M., Sayaf M. From PET waste to novel polyurethanes. *Material Recycling–Trends and Perspectives*. 2012. pp. 357–390.

- 31 Cakic S.M., Ristić I.S., Milena M., Nikolić N.Č. et al. Glycolized products from PET waste and their application in synthesis of polyurethane dispersions. *Progress in Organic Coatings*. 2012. vol. 74. no. 1. pp. 115–124. doi: 10.1016/j.porgcoat.2011.11.024
- 32 Luo X., Li Y. Synthesis and characterization of polyols and polyurethane foams from PET waste and crude glycerol. *Journal of Polymers and the Environment*. 2014. vol. 22. no. 3. pp. 318–328. doi: 10.1007/s10924-014-0649-8
- 33 Palekar V.S., Shah R.V., Shukla S.R. Ionic liquid-catalyzed aminolysis of poly (ethylene terephthalate) waste. *Journal of applied polymer science*. 2012. vol. 126. no. 3. pp. 1174–1181. doi: 10.1002/app.36878
- 34 Shojaei B., Abtahi M., Najafi M. Chemical recycling of PET: A stepping-stone toward sustainability. *Polymers for Advanced Technologies*. 2020. vol. 31. no. 12. pp. 2912–2938. doi: 10.1002/pat.5023
- 35 Fukushima K., Lecuyer J.M., Wei D.S., Horn H.W. et al. Advanced chemical recycling of poly (ethylene terephthalate) through organocatalytic aminolysis. *Polymer Chemistry*. 2013. vol. 4. no. 5. pp. 1610–1616.
- 36 Wang Y., Zhang Y., Song H., Wang Y. et al. Zinc-catalyzed ester bond cleavage: Chemical degradation of polyethylene terephthalate. *Journal of Cleaner Production*. 2019. vol. 208. pp. 1469–1475. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.10.117
- 37 Delle Chiaie K.R. et al. Dual-catalytic depolymerization of polyethylene terephthalate (PET). *Polymer Chemistry*. 2020. vol. 11. no. 8. pp. 1450–1453.
- 38 Bäckström E., Odelius K., Hakkarainen M. Ultrafast microwave assisted recycling of PET to a family of functional precursors and materials. *European Polymer Journal*. 2021. vol. 151. pp. 110441. doi: 10.1016/j.eurpolymj.2021.110441
- 39 Achilias D.S., Tsintzou G.P., Nikolaidis A.K., Bikiaris D.N. et al. Aminolytic depolymerization of poly (ethylene terephthalate) waste in a microwave reactor. *Polymer International*. 2011. vol. 60. no. 3. pp. 500–506. doi: 10.1002/pi.2976
- 40 Parab Y.S., Pingale N.D., Shukla S.R. Aminolytic depolymerization of poly (ethylene terephthalate) bottle waste by conventional and microwave irradiation heating. *Journal of applied polymer science*. 2012. vol. 125. no. 2. pp. 1103–1107. doi: 10.1002/app.34855
- 41 Shah R.V., Borude V.S., Shukla S.R. Recycling of PET waste using 3-amino-1-propanol by conventional or microwave irradiation and synthesis of bis-oxazin there from. *Journal of Applied Polymer Science*. 2013. vol. 127. no. 1. pp. 323–328. doi: 10.1002/app.37900
- 42 Park R., Sridhar V., Park H. Taguchi method for optimization of reaction conditions in microwave glycolysis of waste PET. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 2020. vol. 22. no. 3. pp. 664–672. doi: 10.1007/s10163-019-00958-7

Сведения об авторах

Михаил А. Вохмянин аспирант, кафедра химии и технологии переработки полимеров, Вятский государственный университет, ул. Московская, 36, г. Киров, 610020, Россия, vmisha7@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-3127-1543>

Роман Л. Веснин к.т.н., зав. кафедрой, кафедра химии и технологии переработки полимеров, Вятский государственный университет, ул. Московская, 36, г. Киров, 610020, Россия, vesninroman@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8359-7871>

Александр Д. Краев аспирант, кафедра химии и технологии переработки полимеров, Вятский государственный университет, ул. Московская, 36, г. Киров, 610020, Россия, syndicat11@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9086-347X>

Валерий А. Седых к.т.н., доцент, кафедра химии и химической технологии органических соединений и переработки полимеров, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, cdxva@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1054-6552>

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

Mikhail A. Vokhmyanin postgraduate student, chemistry and technology of polymer processing department, Vyatka State University, Moscow str., 36. Kirov, 610020, Russia, vmisha7@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-3127-1543>

Roman L. Vesnin Cand. Sci. (Engin.), head of the department of chemistry and technology of polymer processing, Vyatka State University, Moscow str., 36. Kirov, 610020, Russia, vesninroman@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8359-7871>

Alexander D. Kraev postgraduate student, chemistry and technology of polymer processing department, Vyatka State University, Moscow str., 36. Kirov, 610020, Russia, syndicat11@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9086-347X>

Valery A. Sedykh Cand. Sci. (Engin.), chemistry and chemical technology of organic compounds and polymer processing department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia

 <https://orcid.org/0000-0003-1054-6552>

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 19/07/2021	После редакции 04/08/2021	Принята в печать 21/08/2021
Received 19/07/2021	Accepted in revised 04/08/2021	Accepted 21/08/2021

Решеточный метод Больцмана в задачах кондуктивного теплопереноса с учетом химических реакций в материале

Александр Э. Ни¹ nee_alexander@mail.ru  0000-0002-7928-0329
Ксения Б. Ким² kmkseniya@yandex.ru  0000-0001-5564-8267

¹ Томский политехнический университет, просп. Ленина, 30, г. Томск, 634034, Россия

² Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Проведено математическое моделирование процесса теплопроводности в полимерном материале с учетом экзотермических и эндотермических реакций в трехмерной постановке. Краевая задача кондуктивного теплопереноса формулировалась с точки зрения мезоскопического решеточного метода Больцмана (LBM). Дискретизация уравнения Больцмана осуществлялась при помощи D3Q7 схемы. При этом для аппроксимации интеграла столкновения использовалась единовременная релаксация, предложенная Бхатнагаром-Гроссом-Круком. Верификация результатов численного моделирования проводилась путем сравнения с эталонными данными, полученными традиционным методом конечных разностей (FDM). Уравнение теплопроводности аппроксимировалось явными схемами второго порядка по пространству. Для удобства анализа экзотермических и эндотермических реакций мощность внутренних источников выделения и поглощения теплоты задавалась в диапазоне. Выявлено, что температура в ядре материала увеличивается в условиях экзотермической реакции и понижается при учете эндотермической с течением времени. Установлено, что при относительно малом значении времени равном 100 с тепловой эффект эндотермической реакции незначителен. Как результат, значение температуры в ядре практически равно начальной и перенос энергии осуществляется только у границ материала. Показано, что атипичный решеточный метод Больцмана воспроизводит аналогичные типичному методу конечных разностей поля температур. Во всех рассмотренных случаях LBM дает корректные профили температуры, а отклонения локальных значений лежат в пределах 5%. Такая погрешность может быть обусловлена неявной конвертацией макроскопических граничных условий первого рода посредством мезоскопической функции распределения. Также установлено, что решеточный метод Больцмана существенно проигрывает в скорости исполнения расчетной программы традиционному методу конечных разностей при количестве узлов больше 61^3 .

Ключевые слова: решеточный метод, уравнение Больцмана, экзотермическая реакция, эндотермическая реакция, теплопроводность

Lattice Boltzmann method for heat conduction problems with chemical reactions

Alexander E. Nee¹ nee_alexander@mail.ru  0000-0002-7928-0329
Kseniya B. Kim² kmkseniya@yandex.ru  0000-0001-5564-8267

¹ National Research Tomsk Polytechnic University, prosp. Lenina, 30, Tomsk, 634034, Russia

² Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. Mathematical modeling of heat conduction in a polymer material is carried out taking into account exothermic and endothermic reactions in a three-dimensional formulation. The boundary value problem of conductive heat transfer was formulated in terms of the mesoscopic lattice Boltzmann method (LBM). The discretization of the Boltzmann equation was carried out using the D3Q7 scheme. In this case, the single relaxation time scheme proposed by Bhatnagar-Gross-Krook was used to approximate the collision integral. The numerical simulation results were verified by comparison with the reference data obtained by the traditional finite difference method (FDM). The heat conduction equation was approximated by explicit schemes of the second order in space. For the convenience of analyzing exothermic and endothermic reactions, the power of internal volumetric sources of heat release and absorption was set in the range of $-10^5 \leq q_v \leq 10^5$. It was revealed that the temperature in the core of the material increases under the conditions of an exothermic reaction and decreases when the endothermic one is taken into account over time. It was found that at a relatively short time of 100 s, the heat effect of the endothermic reaction is insignificant. As a result, the value of the temperature in the core is practically equal to the initial one and the energy transfer occurs only at the boundaries of the material. It is shown that the atypical lattice Boltzmann method reproduces the temperature fields similar to the typical finite difference method. In all considered cases, LBM gives correct temperature profiles, and deviations of local values are within 5%. Such an error may be due to an implicit conversion of macroscopic boundary conditions of the first kind by means of a mesoscopic distribution function. It was also found that the lattice Boltzmann method significantly loses in the execution speed of the computational program to the traditional method of finite differences when the number of nodes is more than 61^3 .

Keywords: lattice method, Boltzmann equation, exothermic reaction, endothermic reaction, thermal conductivity

Введение

Решеточный метод Больцмана (Lattice Boltzmann method или LBM) является относительно новым инструментом для решения задач газовой динамики и тепломассопереноса [1–4]. Ядром этого метода является решеточное уравнение Больцмана, которое представляет собой особую форму кинетического уравнения Больцмана, дискретизированного по пространству и времени. LBM можно рассматривать как подход статистической физики, существенно отличающийся от «традиционных» макроско-

пических методов механики сплошной среды, которые обычно применяются при моделировании процессов химической инженерии.

В рамках решеточного метода Больцмана анализируется микродинамика условных частиц с помощью упрощенных кинетических моделей. Кинетическая природа привносит многие отличительные особенности LBM от «традиционных» численных методов, такие как простота численной реализации и естественный параллелизм. Во многом эти особенности и привлекают исследователей к использованию LBM.

Для цитирования

Ни А.Э., Ким К.Б. Решеточный метод Больцмана в задачах кондуктивного теплопереноса с учетом химических реакций в материале // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 191–197. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-191-197

For citation

Nee A.E., Kim K.B. Lattice Boltzmann method for heat conduction problems with chemical reactions. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 191–197. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-191-197

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

Следует отметить, что рассматриваемый метод преимущественно используется для решения задач гидрогазодинамики [5, 6]. В этой связи, представляет интерес оценка возможности применения LBM для анализа процесса теплопроводности в твердом материале с учетом химической реакции. Таким образом, целью настоящей работы является математическое моделирование процесса кондуктивного теплопереноса мезоскопическим решеточным методом Больцмана.

Материалы и методы

Рассматривается краевая задача пространственного кондуктивного теплопереноса. Область решения представлена в виде, например, полимерного материала кубической формы (рисунок 1).

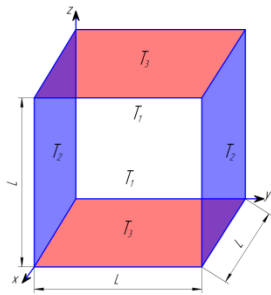


Рисунок 1. Область решения

Figure 1. Solution domain

Предполагается, что теплофизические свойства материала не зависят от температуры. На границах задаются краевые условия первого рода. Макроскопическое уравнение теплопроводности для рассматриваемого случая имеет следующий вид:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \cdot \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \frac{q_v}{c \cdot \rho}, \quad (1)$$

где T – температура, К; t – время, с; a – коэффициент температуропроводности, м²/с; x , y , z – декартовы координаты, м; $q_v = q_{\text{хим}} \cdot k_0 \cdot \rho \cdot \exp\left(-\frac{E}{R \cdot T}\right)$ – объемный источник выделения или поглощения теплоты за счет химической реакции, Вт/м³; c – удельная изобарная теплоемкость, Дж/(кг·К); ρ – плотность, кг/м³.

Уравнение (1) замыкается следующими начальными и граничными условиями:

$$t = 0: T(x, y, z, 0) = T_0, \quad (2)$$

$$t > 0, x = 0, 0 < y < L, 0 < z < L: T = T_1, \quad (3)$$

$$t > 0, x = 1, 0 < y < L, 0 < z < L: T = T_1, \quad (4)$$

$$t > 0, y = 0, 0 < x < L, 0 < z < L: T = T_2, \quad (5)$$

$$t > 0, y = 1, 0 < x < L, 0 < z < L: T = T_2, \quad (6)$$

$$t > 0, z = 0, 0 < x < L, 0 < y < L: T = T_3, \quad (7)$$

$$t > 0, z = 1, 0 < x < L, 0 < y < L: T = T_3. \quad (8)$$

Рассматриваемый процесс можно также описать при помощи кинетического уравнения Больцмана вида:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + u \cdot \nabla f = \Omega, \quad (9)$$

где f – функция распределения, кг/м³; Ω – интеграл столкновения, кг/(с·м³); u – вектор скорости, м/с.

Применяя трехмерную семискоростную схему (рисунок 2) и BGK аппроксимацию, получим решеточные уравнения Больцмана:

$$\frac{\partial f_k}{\partial t} + u \cdot \nabla f_k = w \left(f_k^{\text{eq}} - f_k \right) + S_k, \quad (10)$$

где f^{eq} – равновесная функция распределения, кг/м³; $S_k = w_k \cdot \rho$ – источниковый член, кг/(с·м³); w – частота релаксации, 1/с; $k = 1..7$.

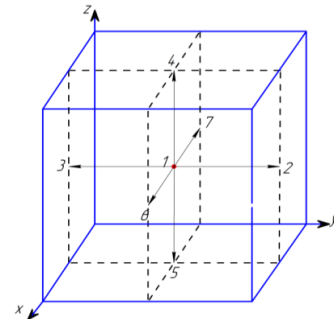


Рисунок 2. Схема D3Q7

Figure 2. D3Q7 scheme

Уравнение (10) может быть дискретизировано как:

$$f_k(x + c_k \cdot \Delta t, t + \Delta t) = f_k(x, t) + \Delta t \cdot w \cdot [f_k^{\text{eq}}(x, t) - f_k(x, t)] + \Delta t \cdot S_k. \quad (11)$$

Равновесная функция распределения для D3Q7 схемы рассчитывается как:

$$f_k^{\text{eq}} = w_k \cdot \rho \cdot \left[1 + 3 \cdot (c_k \cdot u) + \frac{9}{2} \cdot (c_k \cdot u)^2 - \frac{3}{2} \cdot (u \cdot u) \right], \quad (12)$$

Поскольку рассматривается процесс теплопроводности, вектор скорости равен нулю. В этом случае равновесная функция распределения принимает частный вид:

$$f_k^{\text{eq}} = w_k \cdot T. \quad (13)$$

Весовые коэффициенты w_k и скорости частиц для схемы D3Q7 имеют следующие значения:

$$w_k = \begin{cases} \frac{1}{4}, & k = 1, \\ \frac{1}{8}, & k = 2..7. \end{cases}$$

Согласно теории Чепмена–Энскога температура восстанавливается из функции распределения следующим образом:

$$T(x, t) = \sum_{k=1}^7 f_k(x, t). \quad (14)$$

Частота релаксации рассчитывалась как:

$$\omega = \frac{1}{\frac{a}{c_s^2 \cdot \Delta t} + \frac{1}{2}}, \quad (15)$$

где c_s – скорость звука в узлах решетки, м/с

На границах задаются следующие условия для функции распределения:

$$t > 0, x = 0, 0 < y < L, 0 < z < L: f_7 = T_1(w_6 + w_7) - f_6, \quad (16)$$

$$t > 0, x = 1, 0 < y < L, 0 < z < L: f_6 = T_1(w_6 + w_7) - f_7, \quad (17)$$

$$t > 0, y = 0, 0 < x < L, 0 < z < L: f_2 = T_2(w_2 + w_3) - f_3, \quad (18)$$

$$t > 0, y = 1, 0 < x < L, 0 < z < L: f_3 = T_2(w_2 + w_3) - f_2, \quad (19)$$

$$t > 0, z = 0, 0 < x < L, 0 < y < L: f_5 = T_3(w_4 + w_5) - f_4, \quad (20)$$

$$t > 0, z = 1, 0 < x < L, 0 < y < L: f_4 = T_3(w_4 + w_5) - f_5 \quad (21)$$

Упрощенный алгоритм решения краевой задачи при использовании решеточного метода Больцмана состоит из следующих частей:

- Задаются начальные параметры.
- Начало итерационного цикла.
- Рассчитываются равновесная функция распределения и теплота химической реакции.
- Процедура “Collision” в LBM.
- Процедура “Streaming” в LBM.
- Рассчитывается функция распределения на границах полости.

• Восстанавливается макроскопическая температура из мезоскопической функции распределения.

• Шаги 2 – 7 повторяются до достижения заданного количества итераций.

Результаты и обсуждение

Математическое моделирование процесса кондуктивного теплопереноса проведено при варьировании объёмного источника выделения и поглощения теплоты. Для удобства анализа экзотермических и эндотермических реакций q_v будет задаваться, а не рассчитываться. Значения входных параметров приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Входные данные

Table 1.

Input data	
L	0,1
a	$6,22 \times 10^{-7}$
C	750
ρ	1500
T0	298
T1	283
T2	273
T3	323
q_v	$10^4; 10^5; -10^4; -10^5$

На рисунке 3 приведены поля температур в динамике. Как и можно было предположить, температура в ядре материала увеличивается в условиях экзотермической реакции и понижается при учете эндотермической с течением времени.

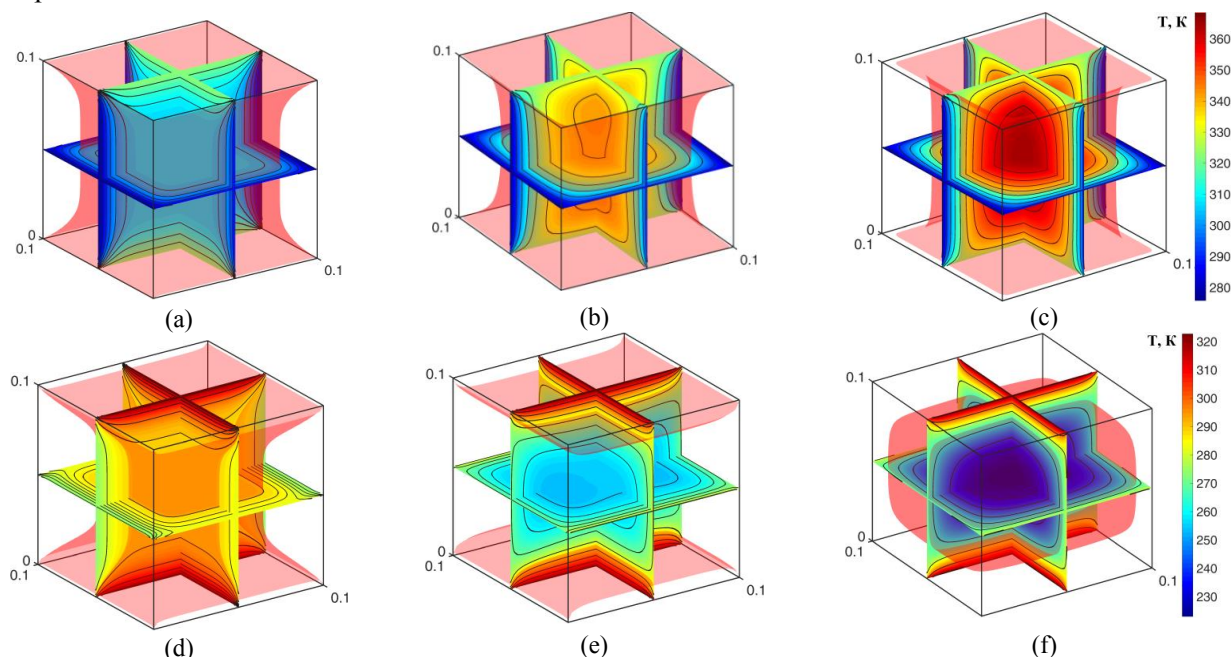


Рисунок 3. Поля температур с учетом экзотермической $q_v = 10^5$ (a, b, c) и эндотермической $q_v = -10^5$ (d, e, f) реакций при: (a), (d) $t = 100$; (b), (e) $t = 500$; (c), (f) $t = 1000$

Figure 3. Temperature fields taking into account exothermic $q_v = 10^5$ (a, b, c) and endothermic $q_v = -10^5$ (d, e, f) reactions at: (a), (d) $t = 100$; (b), (e) $t = 500$; (c), (f) $t = 1000$

Установлено, что при $t = 100$ тепловой эффект эндотермической реакции незначителен. Как результат, значение температуры в ядре практически равно начальной и перенос энергии осуществляется только у границ материала. С другой стороны, температура в центре области решения увеличивается примерно на 10 K при рассмотрении экзотермической реакции. С увеличением времени до 500 распределение температур в окрестности нижней и верхней границ изменяется несущественно, в то время как происходит модификация изотерм у других стенок материала при эндотермической реакции. При этом противоположные закономерности теплопереноса можно также выделить в условиях экзотермической реакции. Аналогичные паттерны наблюдаются и при дальнейшем увеличении времени. Для оценки достоверности результатов численного моделирования рассматриваемая краевая задача также решена традиционным методом конечных разностей (FDM). Поскольку решеточный метод Больцмана является явным, дифференциальные уравнения

второго порядка в частных производных аппроксимировались явными конечно-разностными схемами. Для временной производной использовалась схема Эйлера, а для диффузионных слагаемых – центральные разности второго порядка точности по пространству.

На рисунок 4 приведены распределения температур в характерных сечениях. На основании анализа представленных на рисунок 4 данных можно сделать вывод, что решеточный метод Больцмана адекватно воспроизводит рассматриваемые характеристики теплопереноса. При этом интересно отметить, что наилучшее совпадение результатов достигается в условиях эндотермических реакций. Во всех рассмотренных случаях LBM дает корректные профили температуры, а отклонения локальных значений лежат в пределах 5 %. Такая погрешность может быть обусловлена неявной конвертацией макроскопических граничных условий первого рода посредством мезоскопической функции распределения.

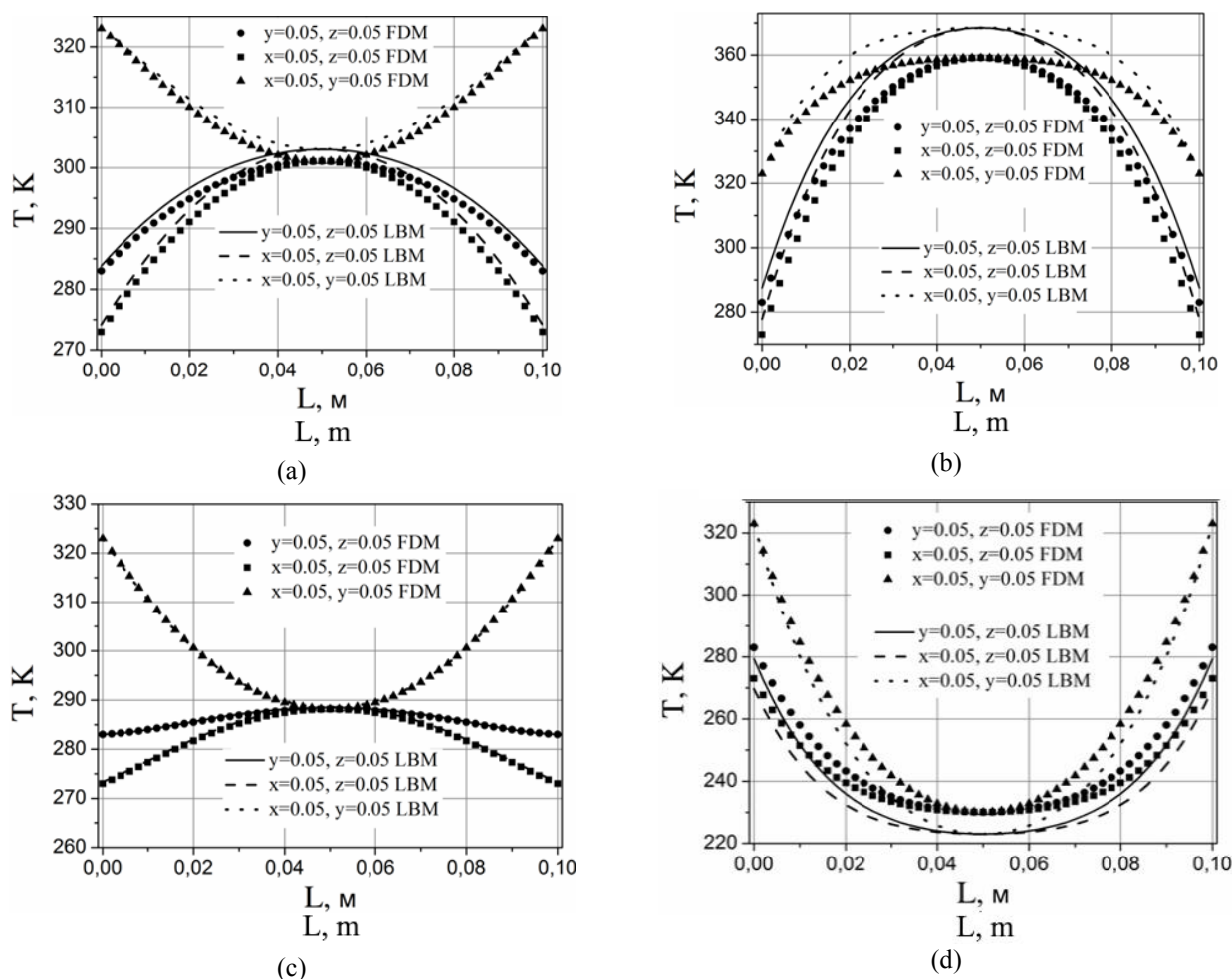


Рисунок 4. Распределения температур при: (a) $q_v = 10^4$; (b) $q_v = 10^5$; (c) $q_v = -10^4$; (d) $q_v = -10^5$

Figure 4. Distribution of temperatures at: (a) $q_v = 10^4$; (b) $q_v = 10^5$; (c) $q_v = -10^4$; (d) $q_v = -10^5$

Хорошо видно, что изотермические условия выполняются с ошибкой при LBM. Одним из вариантов решения этой проблемы представляется принудительное задание параметров на стенках материала после шага восстановления температуры из функции распределения. Также следует отметить, что решеточный метод Больцмана воспроизводит большие / меньшие значения температуры в условиях экзотермических / эндотермических реакций. Возможно, понижение частоты релаксации приведет к лучшему согласованию результатов численного моделирования. Известно, что при решении задач гидрогазодинамики LBM имеет преимущество перед традиционными численными методами в скорости расчета программы. В этой связи, представляет интерес оценка вычислительной производительности решеточного метода Больцмана при моделировании процесса теплопроводности.

На рисунке 5 представлены времена исполнения программ при варьировании количества узлов расчетной сетки.

На основании сравнительного анализа установлено, что решеточный метод Больцмана существенно проигрывает традиционному методу конечных разностей при количестве узлов $\geq 61^3$.

Однако, такой результат в некотором смысле предсказуем, поскольку при решении задач теплопроводности отсутствует необходимость решать стационарные уравнение неразрывности потока и Пуассона для поля давления на каждом шаге по времени как в случае численного анализа процессов газовой динамики. Более того, при использовании трехмерной семискоростной схемы решается семь уравнений для функции распределения, в то время

как при применении классического метода конечных разностей – одно уравнение энергии.

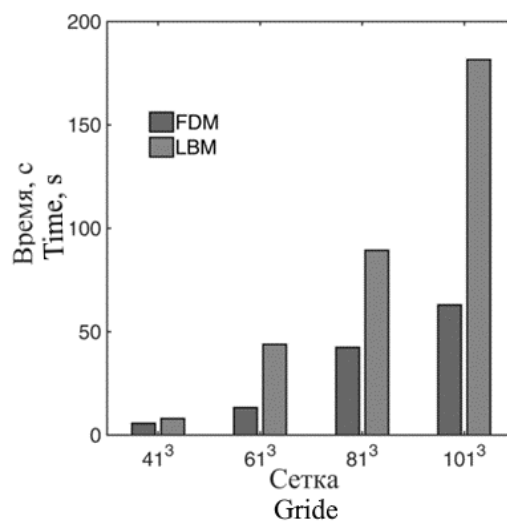


Рисунок 5. Время расчета программ при $t = 1000$

Figure 5. Time of calculation of programs at $t = 1000$

Закключение

Численно проанализирован пространственный процесс кондуктивного теплопереноса в полимерном материале с учетом экзотермических и эндотермических реакций. По результатам проведенных исследований установлено, что относительно новый решеточный метод Больцмана корректно воспроизводит поля температур. Однако при решении задач теплопроводности LBM уступает в скорости расчета традиционным численным методам. Дальнейшие направления исследований могут включать постановку нелинейных граничных условий и учет термического разложения материала.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда № 21-79-00011.

Литература

- 1 Rahimi A., Kasaeipoor A., Amiri A., Doranehgard M.H. et al. Lattice Boltzmann method based on Dual-MRT model for three-dimensional natural convection and entropy generation in CuO–water nanofluid filled cuboid enclosure included with discrete active walls // *Computers & Mathematics with Applications*. 2018. V. 75. P.1795–1813. doi: 10.1016/j.camwa.2017.11.037
- 2 Dixit H.N., Babu V. Simulation of high Rayleigh number natural convection in a square cavity using the lattice Boltzmann method // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2006. V. 9. P. 727–739. doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2005.07.046
- 3 Esfahani J.A., Norouzi A. Two relaxation time lattice Boltzmann model for rarefied gas flows // *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 2014. V. 393. P. 51–61. doi: 10.1016/j.physa.2013.08.058
- 4 Frapolli N., Chikatamarla S.S., Karlin I.V. Entropic lattice Boltzmann simulation of thermal convective turbulence // *Computers & Fluids*. 2018. V. 175. P. 2–19. doi: 10.1016/j.compfluid.2018.08.021
- 5 Zhuo C., Zhong Ch. LES-based filter-matrix lattice Boltzmann model for simulating turbulent natural convection in a square cavity // *International Journal of Heat and Fluid Flow*. 2013. V. 42. P. 10–22. doi: 10.1016/j.ijheatfluidflow.2013.03.013
- 6 Obrecht Ch., Kuznik F., Tourancheau B., Roux J. – J. Multi-GPU implementation of a hybrid thermal lattice Boltzmann solver using the TheLMA framework // *Computers & Fluids*. 2013. V. 80. P. 269–275. doi: 10.1016/j.compfluid.2012.02.014

- 7 Rahimi A., Azarikhah P., Kasaeipoor A., Hasani Malekshah E. et al. Lattice Boltzmann simulation of free convection's hydrothermal aspects in a finned/multi-pipe cavity filled with CuO-water nanofluid // *International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow*. 2019. V. 29. P. 1058–1078. doi: 10.1108/HFF-07–2018–0349
- 8 Izadi M., Mohebbi R., Chamkha A. et. al. Effects of cavity and heat source aspect ratios on natural convection of a nanofluid in a C-shaped cavity using Lattice Boltzmann method // *Int. J. Numer. Method H*. 2018. V. 28. P. 1930–1955. doi: 10.1108/HFF-03–2018–0110
- 9 Hammouda S., Amam, B., Dhahri H. Viscous dissipation effects on heat transfer for nanofluid flow over a backward-facing step through porous medium using lattice boltzmann method // *Journal of Nanofluids*. 2018. V. 7. P. 668–682. doi: 10.1166/jon.2018.1491
- 10 Lallemand P., Lou L-S. Hybrid finite-difference thermal lattice Boltzmann equation // *International Journal of Modern Physics B*. 2003. V. 17. P. 41–47.
- 11 Rahimi A., Kasaeipoor A., Amiri A., Hasani Malekshah E. et al. Lattice Boltzmann numerical method for natural convection and entropy generation in cavity with refrigerant rigid body filled with DWCNTs-water nanofluid-experimental thermo-physical properties // *Thermal Science and Engineering Progress*. 2018. V. 5. P. 372–387. doi: 10.1016/j.tsep.2018.01.005
- 12 Avramenko A.A., Tyrinov A.I., Shevchuk I.V., Dmitrenko N.P. et al. Mixed convection in a vertical flat microchannel // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2017. V. 106. P. 1164–1173. doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2016.10.096
- 13 Avramenko A.A., Tyrinov A.I., Shevchuk I.V., Dmitrenko N.P., Kravchuk A.V., Shevchuk V.I. Mixed convection in a vertical circular microchannel // *International Journal of Thermal Sciences*. 2017. V. 121. P. 1–12.
- 14 Javaherdeh K., Azarbarzin T. Lattice boltzmann simulation of nanofluid mixed convection in a lid-driven trapezoidal enclosure with square heat source // *Journal of Nanofluids*. 2017. V. 6. P. 1188–1197. doi: 10.1166/jon.2017.1398
- 15 Arun S., Satheesh A., Chamkha A.J. Numerical Analysis of Double-Diffusive Natural Convection in Shallow and Deep Open-Ended Cavities Using Lattice Boltzmann Method // *Arab. J. Sci. Eng.* 2020. V. 45. P. 861–876. doi: 10.1007/s13369-019-04156-3
- 16 Sukop M.C., Thorne D.T, Jr. *Lattice Boltzmann Modeling An Introduction for Geoscientists and Engineers* // Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2006. V. 2007. P. 177.
- 17 Mohamad A.A. *Lattice Boltzmann Method Fundamentals and Engineering Applications with Computer Codes* // Springer-Verlag London Limited. 2011. P. 195. doi: 10.1007/978-0-85729-455-5
- 18 Succi S. *The Lattice Boltzmann Equation for fluid dynamics and beyond*. Clarendon Press. Oxford. 2001. 299 p.
- 19 Guo Zh., Shu Ch. *Lattice Boltzmann method and its applications in engineering*. World Scientific, Singapore, 2013. 420 p. doi: 10.1142/8806
- 20 Krüger T., Kusumaatmaja H., Kuzmin A., Shardt O. et al. *The Lattice Boltzmann Method: Principles and Practice*. Springer, Switzerland. 2017. 230 p.

References

- 1 Rahimi A., Kasaeipoor A., Amiri A., Doranehgard M.H. et al. Lattice Boltzmann method based on Dual-MRT model for three-dimensional natural convection and entropy generation in CuO–water nanofluid filled cuboid enclosure included with discrete active walls. *Computers & Mathematics with Applications*. 2018. vol. 75. pp.1795–1813. doi: 10.1016/j.camwa.2017.11.037
- 2 Dixit H.N., Babu V. Simulation of high Rayleigh number natural convection in a square cavity using the lattice Boltzmann method. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2006. vol. 9. pp. 727–739. doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2005.07.046
- 3 Esfahani J.A., Norouzi A. Two relaxation time lattice Boltzmann model for rarefied gas flows. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 2014. vol. 393. pp. 51–61. doi: 10.1016/j.physa.2013.08.058
- 4 Frapolli N., Chikatamarla S.S., Karlin I.V. Entropic lattice Boltzmann simulation of thermal convective turbulence. *Computers & Fluids*. 2018. vol. 175. pp. 2–19. doi: 10.1016/j.compfluid.2018.08.021
- 5 Zhuo C., Zhong Ch. LES-based filter-matrix lattice Boltzmann model for simulating turbulent natural convection in a square cavity. *International Journal of Heat and Fluid Flow*. 2013. vol. 42. pp. 10–22. doi: 10.1016/j.ijheatfluidflow.2013.03.013
- 6 Obrecht Ch., Kuznik F., Tourancheau B., Roux J. – J. Multi-GPU implementation of a hybrid thermal lattice Boltzmann solver using the TheLMA framework. *Computers & Fluids*. 2013. vol. 80. pp. 269–275. doi: 10.1016/j.compfluid.2012.02.014
- 7 Rahimi A., Azarikhah P., Kasaeipoor A., Hasani Malekshah E. et al. Lattice Boltzmann simulation of free convection's hydrothermal aspects in a finned/multi-pipe cavity filled with CuO-water nanofluid. *International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow*. 2019. vol. 29. pp. 1058–1078. doi: 10.1108/HFF 07–2018–0349
- 8 Izadi M., Mohebbi R., Chamkha A. et. al. Effects of cavity and heat source aspect ratios on natural convection of a nanofluid in a C-shaped cavity using Lattice Boltzmann method. *Int. J. Numer. Method H*. 2018. vol. 28. pp. 1930–1955. doi: 10.1108/HFF 03–2018–0110
- 9 Hammouda S., Amam, B., Dhahri H. Viscous dissipation effects on heat transfer for nanofluid flow over a backward-facing step through porous medium using lattice boltzmann method. *Journal of Nanofluids*. 2018. vol. 7. pp. 668–682. doi: 10.1166/jon.2018.1491
- 10 Lallemand P., Lou L-S. Hybrid finite-difference thermal lattice Boltzmann equation. *International Journal of Modern Physics B*. 2003. vol. 17. pp. 41–47.

- 11 Rahimi A., Kasaeipoor A., Amiri A., Hasani Malekshah E. et al. Lattice Boltzmann numerical method for natural convection and entropy generation in cavity with refrigerant rigid body filled with DWCNTs-water nanofluid-experimental thermo-physical properties. *Thermal Science and Engineering Progress*. 2018. vol. 5. pp. 372–387. doi: 10.1016/j.tsep.2018.01.005
- 12 Avramenko A.A., Tyrinov A.I., Shevchuk I.V., Dmitrenko N.P. et al. Mixed convection in a vertical flat microchannel. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2017. vol. 106. pp. 1164–1173. doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2016.10.096
- 13 Avramenko A.A., Tyrinov A.I., Shevchuk I.V., Dmitrenko N.P., Kravchuk A.V., Shevchuk V.I. Mixed convection in a vertical circular microchannel. *International Journal of Thermal Sciences*. 2017. vol. 121. pp. 1–12.
- 14 Javaherdeh K., Azarbarzin T. Lattice boltzmann simulation of nanofluid mixed convection in a lid-driven trapezoidal enclosure with square heat source. *Journal of Nanofluids*. 2017. vol. 6. pp. 1188–1197. doi: 10.1166/jon.2017.1398
- 15 Arun S., Satheesh A., Chamkha A.J. Numerical Analysis of Double-Diffusive Natural Convection in Shallow and Deep Open-Ended Cavities Using Lattice Boltzmann Method. *Arab. J. Sci. Eng.* 2020. vol. 45. pp. 861–876. doi: 10.1007/s13369-019-04156-3
- 16 Sukop M.C., Thorne D.T, Jr. *Lattice Boltzmann Modeling An Introduction for Geoscientists and Engineers*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2006. vol. 2007. pp. 177.
- 17 Mohamad A.A. *Lattice Boltzmann Method Fundamentals and Engineering Applications with Computer Codes*. Springer-Verlag London Limited. 2011. pp. 195. doi: 10.1007/978-0-85729-455-5
- 18 Succi S. *The Lattice Boltzmann Equation for fluid dynamics and beyond*. Clarendon Press. Oxford. 2001. 299 p.
- 19 Guo Zh., Shu Ch. *Lattice Boltzmann method and its applications in engineering*. World Scientific, Singapore, 2013. 420 p. doi: 10.1142/8806
- 20 Krüger T., Kusumaatmaja H., Kuzmin A., Shardt O. et al. *The Lattice Boltzmann Method: Principles and Practice*. Springer, Switzerland. 2017. 230 p.

Сведения об авторах

Александр Э. Ни к.ф.-м.н., доцент, Научно-Образовательный центр И.Н. Бутакова, Томский политехнический университет, пр-т. Ленина, 30, г. Томск, 634034, Россия, nee_alexander@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-7928-0329>

Ксения Б. Ким к.х.н., доцент, кафедра неорганической химии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kmkseniya@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-5564-8267>

Information about authors

Alexander E. Nee Cand. Sci. (Phys.-Math.), associate professor, Scientific and Educational Center I.N. Butakovt, Tomsk Polytechnic University, ave. Lenin, 30, Tomsk, 394036, Russia, nee_alexander@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-7928-0329>

Kseniya B. Kim Cand. Sci. (Chem.), associate professor, inorganic chemistry and chemical technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russian Federation, av. Revolution, 19, Voronezh, 394036, Russia, kmkseniya@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-5564-8267>

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 27/07/2021	После редакции 17/08/2021	Принята в печать 03/09/2021
Received 27/07/2021	Accepted in revised 17/08/2021	Accepted 03/09/2021

Расширение функционала опроса аналоговых датчиков в системах управления ООО «Вега-ГАЗ» для топливно-энергетического комплекса

Михаил В. Алексеев	1	mwa1976@mail.ru	 0000-0001-7768-8550
Игорь А. Хаустов	1	haustov_ia@mail.ru	 0000-0002-8897-5763
Владимир С. Кудряшов	1	kudryashovvs@mail.ru	 0000-0001-6237-0881
Андрей В. Иванов	1	andrious@rambler.ru	 0000-0002-6034-9672
Иван А. Козенко	1	kosenko211986@mail.ru	 0000-0002-1508-9875
Михаил Б. Кузьмичев	1	aldeboro@gmail.com	 0000-0002-4761-7871

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

Аннотация. По заданию ООО «Вега-ГАЗ» сформулирована тема исследований по разработке функционального блока обработки типовых аналоговых датчиков с различными трансмиттерами. Блок должен обеспечить ввод первичных данных, предусматривать возможность вывода канала в состояние «Ремонт» и «Симуляция», а также обеспечивать проверку корректности величины входного сигнала. В ходе выполнения исследований проведен анализ технических характеристик приборов, применяемых в системах управления ООО «Вега-ГАЗ». Изучена и освоена настройка электронного модуля ИПН, преобразовательного модуля ИПМ 0399/M0, преобразователя сигналов напряжения MACX MCR и программируемого логического контроллера REGUL R200. В рамках сформулированных в задании функций блока установлен состав задач по обработке сигналов. Требуется выполнить инициализацию аналоговых входов, задание уставок для каждого входа, проверку наличия сигнала на входе, сравнение значений аналоговых сигналов с уставками и дополнительную обработку аналоговых сигналов (фильтрация, линеаризация и т.д.). Предложен универсальный алгоритм работы блока для различных сигналов. Составлено описание функций и программа на языке ST в SCADA-комплексе «СОНАТА» на примере блока обработки аналоговых сигналов от датчиков температуры за турбиной низкого давления от преобразователя ИПН «Вега-ГАЗ». Выполнена отладка разработанного блока для его внедрения в прикладное программное обеспечение ООО «Вега-ГАЗ»

Ключевые слова: датчики, трансмиттеры, преобразователи сигналов, логические контроллеры, SCADA-комплекс, программирование

Expansion of the functionality of interrogating analog sensors in the control systems of LLC «Vega-GAZ» for the fuel and energy complex

Mikhail V. Alekseev	1	mwa1976@mail.ru	 0000-0001-7768-8550
Igor A. Khaustov	1	haustov_ia@mail.ru	 0000-0002-8897-5763
Vladimir S. Kudryashov	1	kudryashovvs@mail.ru	 0000-0001-6237-0881
Andrey V. Ivanov	1	andrious@rambler.ru	 0000-0002-6034-9672
Ivan A. Kozenko	1	kosenko211986@mail.ru	 0000-0002-1508-9875
Mikhail B. Kuzmichev	1	aldeboro@gmail.com	 0000-0002-4761-7871

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

Abstract. On the instructions of LLC «Vega-GAZ», a research topic was formulated for the development of a functional block for processing typical analog sensors with various transmitters. The block must provide input of primary data, provide for the possibility of outputting the channel to the «Repair» and «Simulation» states, and also provide verification of the correctness of the input signal value. In the course of the research, the analysis of the technical characteristics of the devices used in the control systems of LLC «Vega-GAZ» was carried out. The setting of the electronic module VTM, the converter module MTM 0399/M0, the voltage signal converter MACX MCR and the programmable logic controller REGUL R200 has been studied and mastered. Within the framework of the block functions formulated in the task, the set of tasks for signal processing is established. It is required to initialize the analog inputs, set the setpoints for each input, check the presence of a signal at the input, compare the values of the analog signals with the setpoints, and additional processing of the analog signals (filtering, linearization, etc.). A universal algorithm for the operation of the block for various signals is proposed. A description of functions and a program in ST language in the SCADA-complex «SONATA» have been compiled using the example of a block for processing analog signals from temperature sensors downstream of a low-pressure turbine from a MTM «Vega-GAZ» converter. The developed block was debugged for its implementation in the application software of LLC «Vega-GAZ»

Keywords: sensors, transmitters, signal converters, logic controllers, SCADA-complex, programming

Для цитирования

Алексеев М.В., Хаустов И.А., Кудряшов В.С., Иванов А.В., Козенко И.А., Кузьмичев М.Б. Расширение функционала опроса аналоговых датчиков в системах управления ООО «Вега-ГАЗ» для топливно-энергетического комплекса // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 198–206. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-198-206

For citation

Alekseev M.V., Khaustov I.A., Kudryashov V.S., Ivanov A.V., Kozenko I.A., Kuzmichev M.B. Expansion of the functionality of interrogating analog sensors in the control systems of LLC «Vega-GAZ» for the fuel and energy complex. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 198–206. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-198-206

Введение

По заданию ООО «Вега-ГАЗ» (г. Москва) сформулирована тема исследований «Разработка функционального блока обработки типовых аналоговых датчиков с различными трансмиттерами» для расширения функционала опроса датчиков технологических параметров в системах управления.

Основным направлением деятельности ООО «Вега-ГАЗ» является разработка, проектирование и внедрение комплексных систем автоматизации для предприятий топливно-энергетического комплекса, их техническое сопровождение и подготовка эксплуатационного персонала. Около 90-95 % выпускаемых ООО «Вега-ГАЗ» систем автоматизации реализуется для нужд предприятий Группы Газпром.

Компания выпускает системы автоматического управления (САУ) для газоперекачивающих агрегатов компрессорных станций магистральных газопроводов и газотурбинных электростанций, обеспечивающих контроль технологических параметров, состояния исполнительных механизмов, а также регулирование и защиту на всех режимах работы (рисунки 1, 2) [1].



Рисунок 1. Блок управления САУ, размещаемый около агрегатов

Figure 1. ACS control unit located near the units



Рисунок 2. Автоматизированное рабочее место инженера в помещении цеха

Figure 2. Automated workstation of an engineer in the workshop room

При разработке комплексных систем автоматизации одной из основных задач является сбор, обработка входной информации и оперативная диагностика измерительных каналов.

Целью исследований является разработка и внедрение функционального блока обработки различных аналоговых и цифровых сигналов с возможностью изменения величины сигналов от внешних функциональных блоков [2].

Функциональный блок обработки аналоговых сигналов должен выполнять следующие функции:

1) Ввод первичных данных. При первичном выполнении прикладного программного обеспечения (ПО) программируемого логического контроллера (ПЛК) в функциональный блок должны быть внесены данные о канале. После выполнения первичной программы должна быть предусмотрена возможность изменения данных о канале. При изменении данных канала должна быть фиксация события в прикладном ПО ПЛК.

2) Состояние канала «Ремонт». Предусмотреть возможность вывода канала в режим «Ремонт». Режим «Ремонт» должен быть ограничен временной уставкой с возможностью её изменения. При выводе канала в режим «Ремонт» должно быть создано событие с временной меткой и значением в прикладном ПО ПЛК.

3) Состояние канала «Симуляция». Предусмотреть возможность вывода канала в режим «Симуляция». При первичном выводе канала необходимо сохранить текущую величину канала. Заблокировать изменение канала от входного сигнала в функциональный блок обработки. Предоставить возможность внесения изменений в выходной сигнал функционального блока из других прикладных программ ПЛК. При выводе канала в режим «Симуляция» должно быть создано событие с временной меткой в прикладном ПО ПЛК.

4) Вывод канала в неисправность. При величинах входного сигнала, выходящего за диапазон указанный при первичном выполнении прикладного ПО, необходимо формировать предупреждение о неисправности входного сигнала с указанием причины неисправности. При формировании неисправности канала должно быть создано событие с временной меткой в прикладном ПО ПЛК.

5) Вывод канала в неисправность по превышению скорости изменения входного сигнала. При выполнении обработки функциональным блоком входного сигнала должна проводиться проверка корректности текущей

величины входного сигнала относительно предыдущей величины. При превышении дельты входного сигнала относительно уставки, необходимо формировать неисправность канала с указанием причины и величины, с которой происходило изменение сигнала. Предусмотреть возможность отключения данной неисправности в зависимости от параметра при первичном выполнении прикладной программы ПЛК.

Результаты

В работе приводятся результаты выполнения исследований, включающие: анализ технических характеристик приборов и средств автоматизации, применяемых в системах управления ООО «Вега-ГАЗ»; сформулированные задачи обработки сигналов и предложенный алгоритм работы функционального блока; описание разработанного и протестированного блока обработки аналоговых и цифровых сигналов [2].

В ООО «Вега-ГАЗ» в автоматизированных системах управления (АСУ) газоперекачивающими агрегатами (ГПА) применяются датчики с несколькими типами унифицированных сигналов (токовые – 0-5, 4-20 мА и др.). Программируемые логические контроллеры (ПЛК), например, REGUL R200, в системах управления настраиваются для работы с сигналами 0-10 В.



Рисунок 3. Электронный модуль ИПН
Figure 3. Electronic module VTM



Рисунок 5. Преобразователь сигналов напряжения
Figure 5. Voltage signal converter MACX MCR

Для этого используются преобразователи сигналов (ИПН, ИПМ 0399/М0 и др.) [3]. Далее преобразованные сигналы поступают на обработку в ПЛК при помощи SCADA-комплекса «СОНАТА».

ИПН – модуль электронный для систем автоматического управления (рисунок 3).

Аналоговые сигналы, поступающие на вход модулей, преобразуются по пропорциональной (линейной) характеристике в унифицированный выходной сигнал напряжения постоянного тока, гальванически разделенный от входных сигналов и цепей питания.

ИПМ 0399/М0 – измерительный преобразовательный модуль (рисунок 4).

ИПМ 0399/М0 предназначен для преобразования сигналов от датчиков температуры (ТС, ТП) и преобразователей с унифицированным выходным сигналом в токовые сигналы 0...5 или 4...20 мА.

MACX MCR – измерительный преобразователь сигналов напряжения (рисунок 5).

MACX MCR предназначен для преобразования постоянного напряжения от 0 (+/-) 20 В DC до 0.. (+/-) 660 В DC, выходной сигнал (+/-) 10 В / (+/-) 20 мА.

REGUL R200 – программируемый логический контроллер (рисунок 6).



Рисунок 4. Преобразовательный модуль ИПМ 0399/М0
Figure 4. Converter module MTM 0399/M0



Рисунок 6. ПЛК REGUL R200
Figure 6. PLC REGUL R200

Контроллер REGUL R200 предназначен для построения локальных и распределенных АСУ. Также может использоваться в качестве удаленных станций ввода/вывода в составе контроллеров REGUL R600/R500/R400.

В рамках сформулированных функций блока обработки сигналов в задании установлены следующие задачи:

1) инициализация аналоговых входов;

- 2) задание уставок для каждого входа;
- 3) проверка наличия сигнала на входе;
- 4) сравнение значений аналоговых сигналов с уставками;
- 5) дополнительная обработка аналоговых сигналов (фильтрация, линеаризация и т.д.).

Предлагается универсальный алгоритм обработки аналоговых сигналов (рисунок 7).

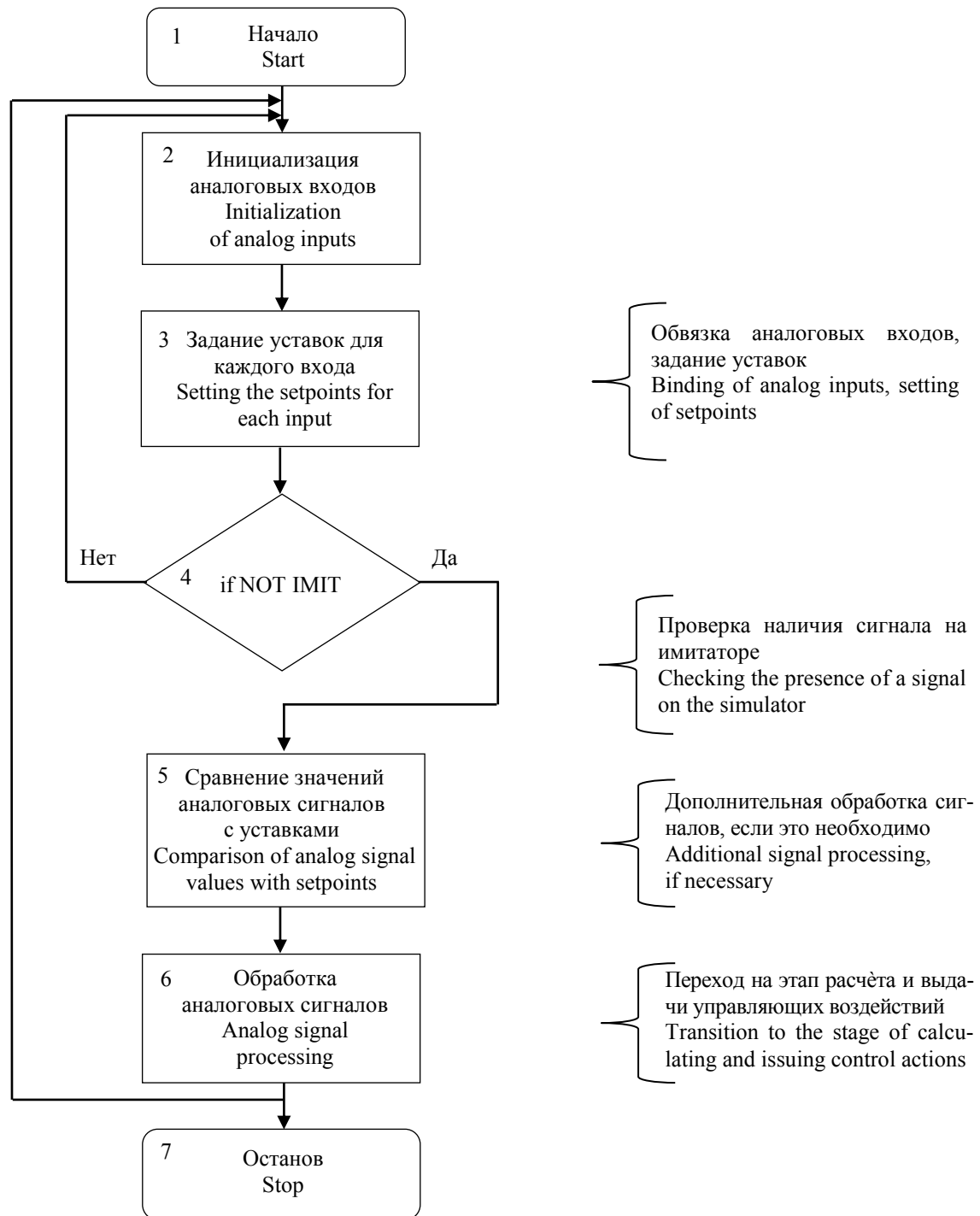


Рисунок 7. Схема алгоритма обработки сигналов

Figure 7. Signal processing algorithm diagram

В качестве среды программирования использовался SCADA-комплекс «СОНАТА» [4-6]. Используемый язык программирования – ST [7-16].

Разработана программа на примере блока обработки аналоговых сигналов от датчиков температуры (термопара) за турбиной низкого давления (ТНД) от преобразователя ИПН «Вега-ГАЗ».

В начале блока обработки аналоговых сигналов производится настройка сигналов, где через переменную (AI_40) вызывается обработчик (массив данных), которому присваиваются имена переменных всех необходимых аналоговых сигналов (LO_SC - нижний предел диапазона измерения, HI_SC – верхний предел диапазона и т.д.). Обработчик является дополнительным функциональным блоком, в котором прописаны определенные правила обработки сигналов.

Далее каждой переменной массива присваиваются определенные значения (уставки), с которыми будут сравниваться сигналы с аналоговых входов.

Далее происходит обработка сигнала из драйвера. Система проверяет есть ли сигнал на имитаторе, который является математической моделью объекта автоматизации и служит для стендовой отладки объекта, и при его отсутствии, производится расчёт сопротивления с помощью интерполяционного уравнения для вычисления в диапазоне от 0 В до 10 В.

При наличии сигнала на имитаторе, переменной (R) присваивается значение с имитатора. Если сигнал возвращает ошибку или не выдает числовое значение, то переменной (R) присваивается 0.

Существует три вида ошибок: превышение верхнего значения диапазона; превышение нижнего предела (обрыв датчика); ROC – по скорости изменения значения при резком изменении сигнала в верхнюю или нижнюю сторону (темповый контроль).

Далее идет контроль сигнала по скорости изменения. Если скорость изменения значения сигнала (Spd) не равна 0 (REAL#0.0) или отсутствует сигнал с имитатора, то происходит расчёт средней скорости изменения на основании четырех сигналов.

Если значение средней скорости (MID) больше максимального значения (MAX), тогда максимальному значению скорости присваива-

ется значение средней скорости. Если значение средней скорости (MID) больше скорости нарастания значения сигнала (Spd), тогда скорости потока (Spd_FL) присваивается 1, в противном случае – 0.

Далее производится расчёт включения/отключения таймеров. Переменные (tof) и (ton) вызывают соответствующие функциональные блоки таймеров.

Таймер на выключение вызывается со следующими параметрами. Если входное значение (AI_IN) больше или равно верхнему значению порога сигнала (POR_HI), или входное значение (AI_IN) меньше или равно нижнему значению порога сигнала (POR_HI), или есть изменение сигнала скорости потока (Spd_FL) и т.д., и нет сигнала с имитатора (NOTIMIT) или блокировки сигнала (Block), то таймер подает сигнал на отключение на выход (Q) в течение двух секунд.

Аналогичным образом работает таймер на включение (ton).

Заключение

В ходе разработки и внедрения блока обработки сигналов от датчиков проведен анализ технических характеристик приборов, применяемых в системах управления ООО «Вега-ГАЗ». В рамках сформулированных в задании функций блока установлен состав задач по обработке сигналов и предложен универсальный алгоритм работы блока для различных сигналов. Составлено описание функций и программа на примере блока обработки аналоговых сигналов от датчиков температуры за ТНД от преобразователя ИПН «Вега-ГАЗ». Выполнена отладка разработанного блока для его внедрения в прикладное ПО ООО «Вега-ГАЗ».

Благодарности

Авторы признательны заместителю генерального директора ООО «Вега-ГАЗ», Старцеву Игорю Вячеславовичу, и другим сотрудникам за оказание помощи в организации стажировки студентов и проведении исследований с использованием оборудования и средств автоматизации в отделе испытаний, а также рассчитывают на дальнейшее сотрудничество по научной работе, учебному процессу и трудоустройству выпускников.

Листинг программы

```
//Настройка аналоговых сигналов блока обработки, где через  
//переменную AI_40 вызывается обработчик, которому  
//присваиваются имена переменных всех необходимых сигналов  
//и первоначальные значения (уставки)
```

```

AI_40(AI[040],HI_SC[040],LO_SC[040],R_AI[040],ON_IMIT,Show[040],Block[040],U1_HI[040],T1_HI[040],U1_LO[040],T1_LO[040],HYS1[040],U2_HI[040],T2_HI[040],U2_LO[040],T2_LO[040],HYS2[040],ALW_ON,SPD[040],SLOT_1_Ok,POR_HI[040],POR_LO[040],TSCAN1,R_AI[040],FAUL[040],LOCAL_040[0],LOCAL_040[1],LOCAL_040[2],LOCAL_040[3],LOCAL_040[4],LOCAL_040[5],LOCAL_040[6],LOCAL_040[7]);
HI_U1[040] := LOCAL_040[0] and BHI_U1[040];
LO_U1[040] := LOCAL_040[1] and BLO_U1[040];
HI_T_U1[040] := LOCAL_040[2] and BHI_T_U1[040];
LO_T_U1[040] := LOCAL_040[3] and BLO_T_U1[040];
HI_U2[040] := LOCAL_040[4] and BHI_U2[040];
LO_U2[040] := LOCAL_040[5] and BLO_U2[040];
HI_T_U2[040] := LOCAL_040[6] and BHI_T_U2[040];
LO_T_U2[040] := LOCAL_040[7] and BLO_T_U2[040];

```

//Ниже прописаны уставки по каждому аналоговому входу

```

HI_SC[040]:=1000.000; //Резерв Масштаб верхий
LO_SC[040]:=-50.000; //Резерв Масштаб нижний
Show[040]:=BOOL#0; //Резерв Показывать значение если отказ
Block[040]:=BOOL#0; //Резерв Блокировка канала
U1_HI[040]:=536.000; //Резерв Уставка ПС верхняя
T1_HI[040]:=INT#0; //Резерв Задержка уставки ПС верхней
U1_LO[040]:=0.000; //Резерв Уставка ПС нижняя
T1_LO[040]:=INT#0; //Резерв Задержка уставки ПСнижней
HYS1[040]:=0.000; //Резерв Гистерезис уставки ПС
U2_HI[040]:=547.000; //Резерв Уставка АС верхняя
T2_HI[040]:=INT#0; //Резерв Задержка уставки АС верхней
U2_LO[040]:=0.000; //Резерв Уставка АС нижняя
T2_LO[040]:=INT#0; //Резерв Задержка уставки АС нижней
HYS2[040]:=0.000; //Резерв Гистерезис уставки АС
SPD[040]:=600.000; //Резерв Скорость нарастания
POR_HI[040]:=9.99; //Резерв Верхний порог сигнала
POR_LO[040]:=1.9; //Резерв Нижний порог сигнала
BHI_U1[040]:=BOOL#1; //Резерв Задействовать ПС верхняя прямая
BLO_U1[040]:=BOOL#0; //Резерв Задействовать ПС нижняя прямая
BHI_T_U1[040]:=BOOL#0; //Резерв Задействовать ПС верхняя задержанная
BLO_T_U1[040]:=BOOL#0; //Резерв Задействовать ПС нижняя задержанная
BHI_U2[040]:=BOOL#1; //Резерв Задействовать АС верхняя прямая
BLO_U2[040]:=BOOL#0; //Резерв Задействовать АС нижняя прямая
BHI_T_U2[040]:=BOOL#0; //Резерв Задействовать АС верхняя задержанная
BLO_T_U2[040]:=BOOL#0; //Резерв Задействовать АС нижняя задержанная

```

//Обработка сигнала из драйвера

```

ALW_OFF := BO
OL#0;
if NOT IMIT then// Проверка наличия сигнала на имитаторе
R := ((HI_SC - LO_SC) * AI_IN) / REAL#10 ) + LO_SC;

```

//Рассчитывается переменная R для диапазона от 2.0 В до 10.0 В из драйвера

```

else
R := R_IMIT;
end_if;

```

```

if F and NOT Sh_Data then R := REAL#0.0; end_if;

```

```

//Блок расчёта ошибок: по превышению верхнего предела диапазона;
//по превышению нижнего предела (обрыв датчика);
//по скорости изменения.
//Контроль сигнала по скорости изменения
//Если задан 0, то не проверяем

```

```

ifSpd<>REAL#0.0 orNOTIMITthen //можно Spd объявить как INT
AI_Speed_BUF[1] := AI_Speed_BUF[0];
AI_Speed_BUF[2] := AI_Speed_BUF[1];
AI_Speed_BUF[3] := AI_Speed_BUF[2];
AI_Speed_BUF[0] := AI_IN;

```

//Расчёт средней скорости изменения на основании четырех сигналов

```

MID := (ABS(AI_Speed_BUF[0] - AI_Speed_BUF[2]) + ABS(AI_Speed_BUF[1] - AI_Speed_BUF[3])) / T_SCN;
if MID > MAX then MAX := MID; end_if;
if MID > Spd then Spd_FL := BOOL#1;
else Spd_FL := BOOL#0; end_if;
end_if;

```

//Расчёт отключения таймера на 2 с (в зависимости от наличия и
//отсутствия сигналов на входах)

```
tof_F(IN:= (((AI_IN >= POR_HI) or (AI_IN <= POR_LO) or (Spd_FL and ALW_OFF) or NOT AI_FL or FL_SL) and NOT
IMIT) or Block), PT:=T#2000ms, Q => F);
if NOT F and (R > U1_HI) then HI_U1 := BOOL#1; else HI_U1 := BOOL#0; end_if;
if NOT F and (R < U1_LO) then LO_U1 := BOOL#1; else LO_U1 := BOOL#0; end_if;
```

//Расчёт включения таймера на 1 с (в зависимости от наличия и
//отсутствия сигналов на входах)

```
ton_HI_T_U1(IN:=HI_U1, PT:=(T#1000ms * T1_HI));
if ton_HI_T_U1.Q and NOT F then HI_T_U1 := BOOL#1; end_if;
if HI_T_U1 and (R <= (U1_HI - HYS1)) and NOT F then HI_T_U1 := BOOL#0; end_if;
ton_LO_T_U1(IN:= LO_U1, PT:=(T#1000ms * T1_LO));
if ton_LO_T_U1.Q and NOT F then LO_T_U1 := BOOL#1; end_if;
if LO_T_U1 and (R > (U1_LO - HYS1)) and NOT F then LO_T_U1 := BOOL#0; end_if;
```

//Сравнение сигналов на входах для включения/откл. таймеров

```
if NOT F and R > U2_HI then HI_U2 := BOOL#1; else HI_U2 := BOOL#0; end_if;
if NOT F and R <= U2_LO then LO_U2 := BOOL#1; else LO_U2 := BOOL#0; end_if;
ton_HI_T_U2(IN:= HI_U2, PT:=(T#1000ms * T2_HI));
if ton_HI_T_U2.Q and NOT F then HI_T_U2 := BOOL#1; end_if;
if HI_T_U2 and (R <= (U2_HI - HYS2)) and NOT F then HI_T_U2 := BOOL#0; end_if;
ton_LO_T_U2(IN:= LO_U2, PT:=(T#1000ms * T2_LO));
if ton_LO_T_U2.Q and NOT F then LO_T_U2 := BOOL#1; end_if;
if LO_T_U2 and (R > (U2_LO - HYS2)) and NOT F then LO_T_U2 := BOOL#0; end_if;
if F then HI_T_U1 := BOOL#0;
HI_T_U2 := BOOL#0;
LO_T_U1 := BOOL#0;
LO_T_U2 := BOOL#0;
end_if;
```

Литература

- 1 Сайт ООО «Вега-ГАЗ». URL: <http://www.vega-gaz.ru/about>
- 2 Алексеев М.В. Разработка функционального блока обработки типовых аналоговых датчиков с различными трансмиттерами: отчет по НИОКР. Воронеж, 2021. 23 с.
- 3 Системы автоматического управления для топливно-энергетического комплекса (каталог продукции). М., ООО «Вега-ГАЗ», 2021. 48 с.
- 4 SCADA система «Соната». Руководства и средства разработки. URL: <https://sonata.ezan.ac.ru>
- 5 Ищенко А.Н. Облачный SCADA комплекс DispSky // Автоматизация в промышленности. 2020. №. 1. С. 57-59.
- 6 Лапаева О.Ф., Иневатова О.А., Дедеева С.А. Современные проблемы и перспективы развития топливно-энергетического комплекса // Экономические отношения. 2019. Т. 9. №. 3. С. 2129-2142.
- 7 Ходычкин А.Ю., Зоря Е.И., Назаров В.П. Об использовании сервиса ЦОД в информационных системах топливно-энергетического комплекса (часть 1) // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2013. №. 12. С. 17-27.
- 8 Третьяков А.А., Елизаров И.А., Назаров В.Н. Средства автоматизации управления: системы программирования контроллеров. Тамбов: ТГТУ, 2017. 82 с. URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=499053>
- 9 Zatsarinnaya Y., Logacheva A., Suslov K. Outlook on the Development of Smart Energy Systems // 2020 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon). IEEE, 2020. P. 19-23. doi: 10.1109/UralCon49858.2020.9216266
- 10 Dolotovskii I.V., Dolotovskaya N.V., Larin E.A. Software and Dataware for Energy Generation and Consumption Analysis System of Gas Processing Enterprises // Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2018. V. 1015. №. 4. P. 042010.
- 11 Cepeda J.C., Rivera G., Farinango L. Improving the Computer Aided Power System Operation in Ecuador: Enhancements to SCADA/EMS // 2015 Asia-Pacific Conference on Computer Aided System Engineering. IEEE, 2015. P. 78-83. doi: 10.1109/APCASE.2015.21
- 12 Kamel K., Kamel E. Programmable logic controllers: Industrial control. McGraw Hill Professional, 2013. 432 p.
- 13 Bolton W. Programmable logic controllers. Newnes, 2015. 412 p.
- 14 Wcislik M., Suchenia K., Łaskawski M. Programming of sequential control systems using functional block diagram language // IFAC-PapersOnLine. 2015. V. 48. №. 4. P. 330-335.
- 15 Barkalov A., Titarenko L., Mazurkiewicz M. Programmable logic controllers // Foundations of Embedded Systems. Springer, Cham, 2019. P. 145-162.
- 16 Кудряшов В.С., Иванов А.В., Алексеев М.В. и др. Настройка и программирование цифровых систем управления с использованием контроллеров, панелей оператора и частотных преобразователей (теория и практика). Воронеж: ВГУИТ, 2020. 215 с.
- 17 Kryukov O.V. Automation of gas transmission units // Russian Internet Journal of Industrial Engineering. 2016. V. 4. №. 1. P. 36-41.

18 Khasaev G.R., Tsybatov V.A. Tooling of modeling and strategic planning of energy-efficient development of the regional fuel and energy complex // Eurasian Journal of Analytical Chemistry. 2017. V. 12. №. 7. P. 1169-1182. doi: 10.12973/ejac.2017.00242a

19 Puzyrny N., Petrova Z., Povorina A., Volkova E. et al. Impact of digital transformation and innovation on the development of the fuel and energy complex // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2021. V. 808. №. 1. P. 012027.

20 Kuznetsova N.V., Kuznetsova E.V. Challenges of Russian fuel and energy complex // Mediterranean Journal of Social Sciences. 2015. V. 6. №. 5. P. 112. doi: 10.5901/mjss.2015.v6n5p112

References

- 1 Website of Vega-GAZ LLC. Available at: <http://www.vega-gaz.ru/about> (in Russian).
- 2 Alekseev M.V. Development of a functional block for processing typical analog sensors with various transmitters: R&D report. Voronezh, 2021. 23 p. (in Russian).
- 3 Automatic control systems for the fuel and energy complex (product catalog). Moscow, LLC "Vega-GAZ", 2021. 48 p. (in Russian).
- 4 SCADA system "Sonata". Development guides and tools. Available at: <https://sonata.ezan.ac.ru> (in Russian).
- 5 Ishchenko A.N. DispSky cloud SCADA complex. Automation in industry. 2020. no. 1. pp. 57-59. (in Russian).
- 6 Lapaeva O.F., Inevatova O.A., Dedeeva S.A. Modern problems and prospects for the development of the fuel and energy complex. Economic relations. 2019. vol. 9. no. 3. pp. 2129-2142. (in Russian).
- 7 Khodychkin A.Yu., Zorya E.I., Nazarov V.P. On the use of data center services in information systems of the fuel and energy complex (part 1). Automation, telemechanization and communication in the oil industry. 2013. no. 12. pp. 17-27. (in Russian).
- 8 Tretyakov A.A., Elizarov I.A., Nazarov V.N. Control automation tools: controller programming systems. Tambov, TSTU, 2017. 82 p. Available at: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=499053> (in Russian).
- 9 Zatsarinaya Y., Logacheva A., Suslov K. Outlook on the Development of Smart Energy Systems. 2020 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon). IEEE, 2020. pp. 19-23. doi: 10.1109/UralCon49858.2020.9216266
- 10 Dolotovskii I.V., Dolotovskaya N.V., Larin E.A. Software and Dataware for Energy Generation and Consumption Analysis System of Gas Processing Enterprises. Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2018. vol. 1015. no. 4. pp. 042010.
- 11 Cepeda J.C., Rivera G., Farinango L. Improving the Computer Aided Power System Operation in Ecuador: Enhancements to SCADA/EMS. 2015 Asia-Pacific Conference on Computer Aided System Engineering. IEEE, 2015. pp. 78-83. doi: 10.1109/APCASE.2015.21
- 12 Kamel K., Kamel E. Programmable logic controllers: Industrial control. McGraw Hill Professional, 2013. 432 p.
- 13 Bolton W. Programmable logic controllers. Newnes, 2015. 412 p.
- 14 Wcislik M., Suchenia K., Łaskowski M. Programming of sequential control systems using functional block diagram language. IFAC-PapersOnLine. 2015. vol. 48. no. 4. pp. 330-335.
- 15 Barkalov A., Titarenko L., Mazurkiewicz M. Programmable logic controllers. Foundations of Embedded Systems. Springer, Cham, 2019. pp. 145-162.
- 16 Kudryashov V.S., Ivanov A.V., Alekseev M.V. and others. Setting up and programming digital control systems using controllers, operator panels and frequency converters (theory and practice). Voronezh, VSUET, 2020. 215 p. (in Russian).
- 17 Kryukov O.V. Automation of gas transmission units. Russian Internet Journal of Industrial Engineering. 2016. vol. 4. no. 1. pp. 36-41.
- 18 Khasaev G.R., Tsybatov V.A. Tooling of modeling and strategic planning of energy-efficient development of the regional fuel and energy complex. Eurasian Journal of Analytical Chemistry. 2017. vol. 12. no. 7. pp. 1169-1182. doi: 10.12973/ejac.2017.00242a
- 19 Puzyrny N., Petrova Z., Povorina A., Volkova E. et al. Impact of digital transformation and innovation on the development of the fuel and energy complex. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2021. vol. 808. no. 1. pp. 012027.
- 20 Kuznetsova N.V., Kuznetsova E.V. Challenges of Russian fuel and energy complex. Mediterranean Journal of Social Sciences. 2015. vol. 6. no. 5. pp. 112. doi: 10.5901/mjss.2015.v6n5p112

Сведения об авторах

Михаил В. Алексеев к.т.н., доцент, кафедра информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, mwa1976@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-7768-8550>

Игорь А. Хаустов д.т.н., зав. кафедрой, кафедра информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, haustov_ia@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-8897-5763>

Information about authors

Mikhail V. Alekseev Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Information and control system department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, mwa1976@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-7768-8550>

Igor A. Khaustov Dr. Sci. (Engin.), head of department, information and control system department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, haustov_ia@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-8897-5763>

Владимир С. Кудряшов д.т.н., профессор, кафедра информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kudryashovvs@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6237-0881>

Андрей В. Иванов к.т.н., доцент, кафедра информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, andrious@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6034-9672>

Иван А. Козенко к.т.н., доцент, кафедра информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kosenko211986@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1508-9875>

Михаил Б. Кузьмичев студент, кафедра информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, aldeboro@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-4761-7871>

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.

Vladimir S. Kudryashov Dr. Sci. (Engin.), professor, information and control system department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, kudryashovvs@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6237-0881>

Andrey V. Ivanov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, information and control system department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, andrious@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6034-9672>

Ivan A. Kozenko Cand. Sci. (Engin.), associate professor, information and control system department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, kosenko211986@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1508-9875>

Mikhail B. Kuzmichev student, information and control system department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, aldeboro@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-4761-7871>

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 01/07/2021	После редакции 29/07/2021	Принята в печать 02/09/2021
Received 01/07/2021	Accepted in revised 29/07/2021	Accepted 02/09/2021

Совершенствование узла получения товарного продукта установки синтеза пара-третичного бутилфенола

Леонид С. Коваленко¹chemicaluniversity@mail.ru 0000-0003-3430-4654Сергей В. Попов¹svpopov2018@ya.ru 0000-0003-0533-9049Оксана В. Хабибрахманова¹chemicaluniversity@mail.ru 0000-0002-1523-9861¹ Самарский государственный технический университет, филиал в г. Новокуйбышевске, ул. Мironova, 5, г. Новокуйбышевск, 446200, Россия

Аннотация. Промышленный синтез пара-третичного бутилфенола осуществляется алкилированием фенола изобутиленом на катализаторах Amberlyst 36 Dry, Amberlyst 36 Wet Resin или КУ-23. В реакционной массе алкилирования кроме целевого продукта пара-третичного бутилфенола присутствует непрореагировавший фенол и побочные продукты, поэтому в технологической схеме предусмотрено их разделение, рециркулирование фенола в реакционный узел и получение в виде дистиллята колонны К-148 товарного пара-третичного бутилфенола с возвратом кубового остатка в реактор. Кубовый остаток содержит пара-третичный бутилфенол, 2,4-ди-трет-бутилфенол и высококипящие продукты. С целью оценки принципиальной возможности организации эффективного и четкого разделения кубового остатка колонны К-148 на целевой пара-третичный бутилфенол и поток, рециркулируемый в реактор алкилирования побочного 2,4-ди-трет-бутилфенола в целевой продукт выполнено исследование работы промышленной колонны К-148. С использованием промышленных данных эксплуатации установки синтеза пара-третичного бутилфенола в моделирующей программной среде Honeywell UniSim Design разработана модель узла разделения алкилата и получения товарного пара-третичного бутилфенола. В качестве математического пакета для расчета термодинамических свойств компонентов технологических потоков использовали метод NRTL. Адекватность модели технологической схемы подтверждается сопоставлением расчетных значений с промышленными данными. В компонентном составе алкилата присутствуют фенол, пара-третичный бутилфенол, орто-третичный бутилфенол, 2,6-ди-трет-бутилфенол, 2,4-ди-трет-бутилфенол, 2,4,6-три-трет-бутилфенол и высококипящие продукты. Выполненный анализ технологических потоков колонны К-148 показал, что кубовый остаток колонны, рециркулируемый в реактор алкилирования, содержит до 96 %мас. целевого пара-третичного бутилфенола, поступление которого в реактор приводит к уменьшению полезного реакционного объема аппарата, и одновременно практический интерес представляет оценка возможности выделения из кубового остатка колонны К-148 качественного целевого пара-третичного бутилфенола. Для этого предложен вариант изменения технологической схемы процесса с включением в неё дополнительной ректификационной колонны РК-1-2. Рассчитанные по модели оценки технологических и конструктивных параметров колонны РК-1-2 показали, что отбираемый в качестве дистиллята поток содержит 99.92 %мас. целевого пара-третичного бутилфенола, что составляет порядка 8.8 % к количеству целевого продукта, отбираемого с верха колонны К-148. Одновременно с этим, уменьшение количества пара-третичного бутилфенола в кубовом остатке колонны РК-1-2 обеспечивает увеличение использования объема реактора алкилирования на 1.7 %. Результаты исследований и модель могут быть использованы для оптимизации технологических режимов и оценки конструктивных параметров массообменных аппаратов схемы, а также для обучения технологов приемам квалифицированного ведения процесса.

Ключевые слова: фенол, изобутилен, алкилирование, пара-третичный бутилфенол, моделирование, Honeywell UniSim Design

Improvement of the unit for obtaining a commercial product of the para-tertiary butylphenol synthesis unit

Leonid S. Kovalenko¹chemicaluniversity@mail.ru 0000-0003-3430-4654Sergey V. Popov¹svpopov2018@ya.ru 0000-0003-0533-9049Oksana V. Khabibrakhmanova¹chemicaluniversity@mail.ru 0000-0002-1523-9861¹ Samara State Technical University, branch in Novokuibyshevsk, st. Mironova, 5, Novokuibyshevsk, 446200, Russia

Abstract. Industrial synthesis of para-tertiary butylphenol is carried out by alkylation of phenol with isobutylene on Amberlyst 36 Dry, Amberlyst 36 Wet Resin or KU-23 catalysts. In addition to the target product of para-tertiary butylphenol, unreacted phenol and by-products are present in the alkylation reaction mass, therefore, the technological scheme provides for their separation, recycling of phenol into the reaction unit and obtaining commercial para-tertiary butylphenol in the form of distillate of the K-148 column with the return of the cubic residue to the reactor. The cubic residue contains para-tertiary butylphenol, 2,4-di-tert-butylphenol and high-boiling products. In order to assess the principal possibility of organizing an effective and clear separation of the cubic residue of the K-148 column into the target para-tertiary butylphenol and the stream recycled into the alkylation reactor for the disproportionation of the 2,4-di-tert-butylphenol by-product into the target product, a study of the operation of the K-148 industrial column was performed. Using industrial data from the operation of the para-tertiary butylphenol synthesis plant in the Honeywell UniSim Design modeling software environment, a model of the alkylate separation unit and the production of commercial para-tertiary butylphenol was developed. The NRTL method was used as a mathematical package for calculating the thermodynamic properties of process flow components. The adequacy of the technological scheme model is confirmed by comparing the calculated values with industrial data. The component composition of alkylate contains phenol, para-tertiary butylphenol, ortho-tertiary butylphenol, 2,6-di-tert-butylphenol, 2,4-di-tert-butylphenol, 2,4,6-tri-tert-butylphenol and high-boiling products. The analysis of the technological flows of the K-148 column showed that the cubic residue of the column recycled into the alkylation reactor contains up to 96% by weight, the target para-tertiary butylphenol, the flow of which into the reactor leads to a decrease in the useful reaction volume of the apparatus, and at the same time, it is of practical interest to assess the possibility of isolating high-quality target para-tertiary butylphenol from the cubic residue of the K-148 column. For this purpose, a variant of changing the technological scheme of the process with the inclusion of an additional distillation column PK-1-2 is proposed. Estimates of the technological and structural parameters of the PK-1-2 column calculated by the model showed that the stream selected as distillate contains 99.92% by weight, the target para-tertiary butylphenol, which is about 8.8% of the amount of the target product taken from the top of the K-148 column. At the same time, a decrease in the amount of para-tertiary butylphenol in the cubic residue of the PK-1-2 column provides an increase in the use of the volume of the alkylation reactor by 1.7%. The research results and the model can be used to optimize technological modes and evaluate the design parameters of mass transfer devices of the scheme, as well as to train technologists in the techniques of qualified process management.

Keywords: phenol, isobutylene, alkylation, para-tertiary butylphenol, modeling, Honeywell UniSim Design

Для цитирования

Коваленко Л.С., Попов С.В., Хабибрахманова О.В. Совершенствование узла получения товарного продукта установки синтеза пара-третичного бутилфенола // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 207–215. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-207-215

For citation

Kovalenko L.S., Popov S.V., Khabibrakhmanova O.V. Improvement of the unit for obtaining a commercial product of the para-tertiary butylphenol synthesis unit. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 207–215. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-207-215

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

Введение

Пара-третичный бутилфенол (ПТБФ) используется для получения лакокрасочных материалов, в производстве поликарбонатов, оптических материалов, пластификаторов, применяется в качестве антикоррозионных покрытий, в шинной промышленности, имеются перспективы его применения и в других химических синтезах [1].

Промышленный синтез ПТБФ осуществляется алкилированием фенола изобутиленом на катализаторах Amberlyst 36 Dry, Amberlyst 36 Wet Resin или КУ-23. В реакционной массе алкилирования кроме целевого продукта ПТБФ присутствует непрореагировавший фенол и побочные продукты, поэтому далее в технологической схеме проводится их разделение и рециркулирование фенола в реакционный узел [2].

Вопросы совершенствования технологии промышленного процесса получения ПТБФ, улучшения работы тепло – массообменных аппаратов и оптимизации их конструктивных параметров рассматриваются в работах [3–6]. В частности, в патенте [5] предлагается использовать роторно-пленочный испаритель для отделения из алкилата высококипящих примесей, товарный ПТБФ отбирать верхом

в дополнительной ректификационной колонне, а кубовый остаток колонны, содержащий побочный 2,4-ди-трет-бутилфенол и целевой ПТБФ, возвращать в реакционный узел. В работе [6] оптимизируются рабочие параметры термосифонных испарителей с повышенной кратностью циркуляции для условий вакуумной ректификации. В [7] нами проводится моделирование работы двух колонн ректификационного выделения фенола из алкилата.

Цель работы – исследование работы промышленной колонны выделения товарного ПТБФ К-148 для организации эффективного и четкого разделения кубового остатка на целевой ПТБФ и поток, рециркулируемый в реактор алкилирования для диспропорционирования побочного 2,4-ди-трет-бутилфенола в целевой продукт.

Методы

На рисунке 1 показана укрупненная технологическая схема получения ПТБФ [2].

Процесс алкилирования фенола изобутиленом ведется в реакторе с неподвижным слоем катализатора (сульфокатионитов), гидродинамический режим аппарата близок к режиму вытеснения.

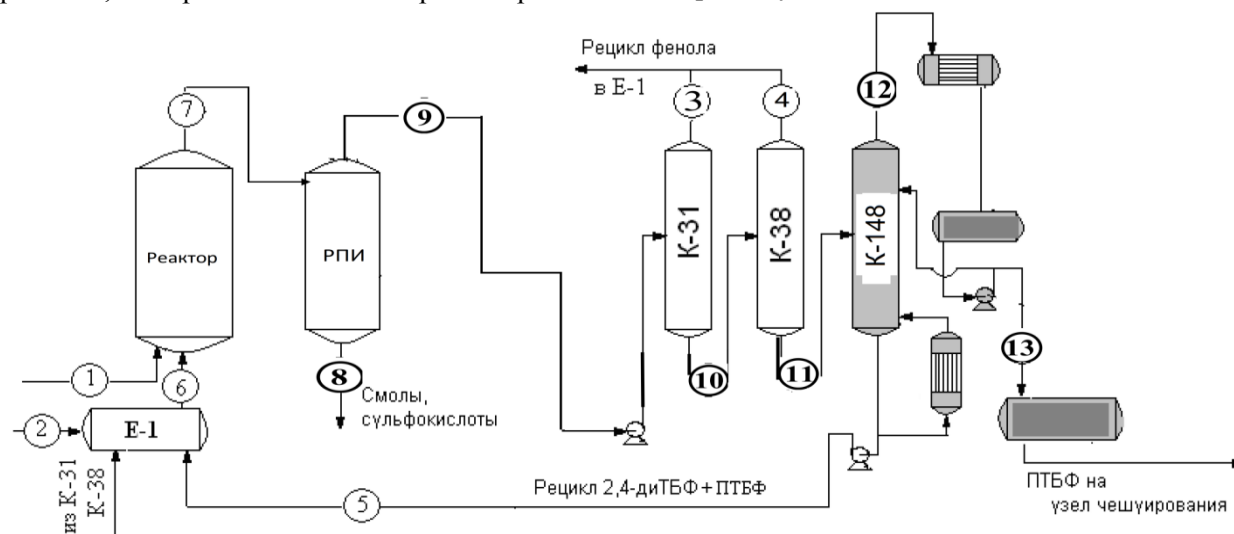


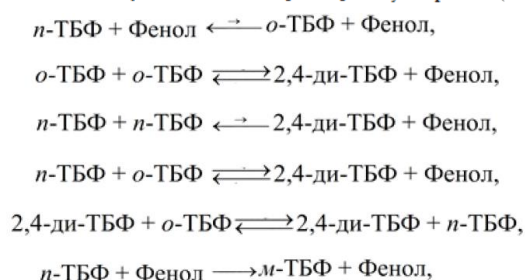
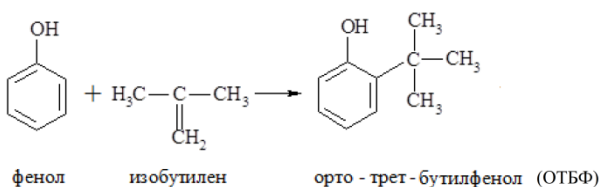
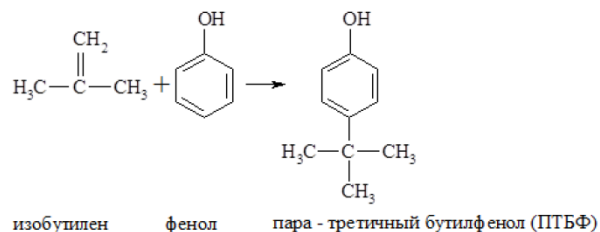
Рисунок 1. Технологическая схема получения пара-третичного бутилфенола

Figure 1. Technological scheme for the production of para-tertiary butylphenol

Изобутилен (поток 1) подается в жидкой фазе. Фенол (поток 2) в емкости Е-1 смешивается с рециркулируемыми потоками фенола (потоки 3 и 4), выделенного из алкилата в колоннах К-31 и К-38. В составе данных потоков также присутствуют ПТБФ, орто-третичный бутилфенол (о-ТБФ) и 2,4-ди-третичный бутилфенол (2,4-ди-ТБФ). В емкость Е-1 с целью диспропорционирования 2,4-ди-ТБФ в целевой продукт также рециркулирует кубовый продукт колонны К-148

(поток 5), содержащий ПТБФ, 2,4-ди-ТБФ и высококипящие продукты (позиционные изомеры 1,1,3,3-тетраметилбутилфенола, 1,2,3,3-тетраметилбутилфенола, (н-бутил) (1,1-диметилэтил) фенол, 2,3,3-триметилпентилфенол, (1,1 – диметилэтил) (1,2,4,4-тетраметилбутил) фенол, 1,1,3,3,5,5-гексаметилгексил – фенол) [4]. В результате смешения потоков 2, 3, 4 и 5 в реактор алкилирования поступает поток 6, содержащий в основном фенол ~ 88,41%мас., ПТБФ ~ 9,34%мас., о-ТБФ ~ 1,84%мас.,

2,4-ди-ТБФ ~ 0.38%мас., высококипящие продукты ~ 0.03%мас. Реакция проводится при атмосферном давлении и температурах $80 \div 145^\circ \text{C}$ в избытке фенола (мольное соотношение *фенол: изобутилен* от 1:0,1 до 1:0,4), содержание воды в зоне реакции не более 0,5% мас. В результате реакции (поток 7) синтезируется целевой ПТБФ, а также образуются побочные продукты – о-ТБФ, 2,4-ди-ТБФ высококипящие продукты (смолы, сульфокислоты и другие). Возможная схема превращений [1, 3, 4]:



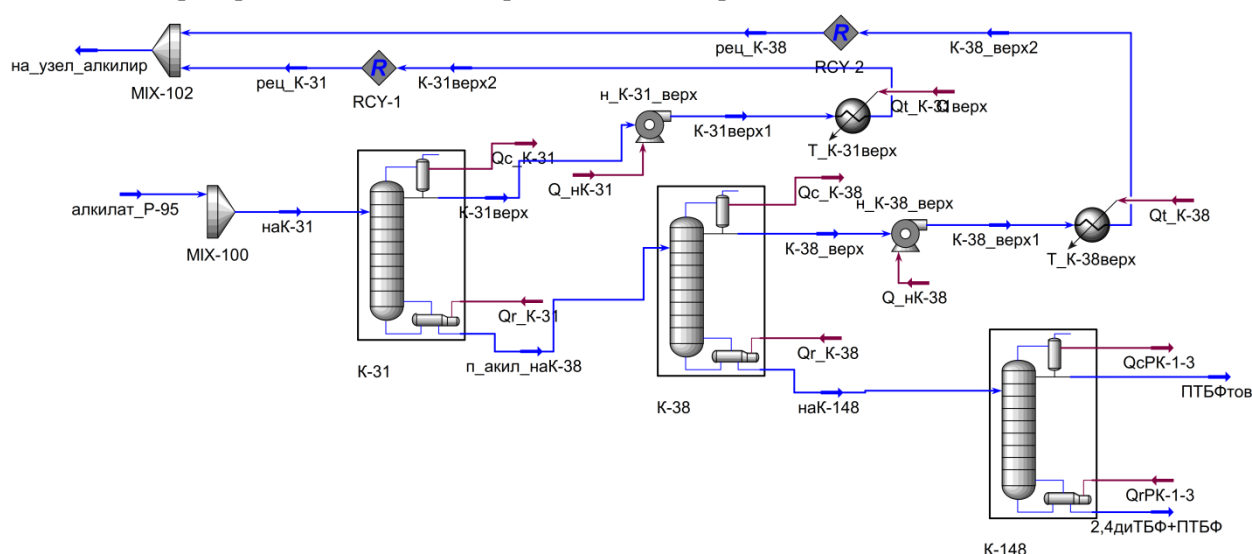
Реакционная масса алкилирования освобождается от сульфокислоты и продуктов уплотнения в роторно-пленочном испарителе

(поток 8) [5], после чего алкилат поступает на узел разделения компонентов смеси (поток 9).

Реакция алкилирования проводится в избытке фенола, поэтому непрореагировавший фенол в технологической схеме выделяется из алкилата в ректификационных колоннах К-31 (частичная отгонка фенола из алкилата) и К-38 (разделение алкилата на фенол и поток ПТБФ с побочными продуктами) и рециркулирует на реакционный узел (потoki 3 и 4). В товарном ПТБФ содержание фенола не должно превышать величину порядка 0,2% мас. Из куба колонны К-38 поток 11 подается на узел разделения ПТБФ от побочных продуктов в колонну К-148. Кубовый продукт колонны К-148 (поток 5) возвращается на переалкилирование в реактор, где в результате протекания реакции диспропорционирования побочный продукт 2,4-диТБФ превращается в целевой продукт ПТБФ. С верха колонны (потoki 12 и 13) ПТБФ направляется на чешуирование и упаковку.

В работе [7] моделируется работа узла выделения непрореагировавшего фенола (колонны К-31 и К-38). С целью оптимизации технологической схемы получения товарного ПТБФ проведением вычислительного эксперимента ниже исследуется работа колонны К-148.

Исследование проводили с использованием моделирующей системы Honeywell UniSim Design [8]. В качестве математического пакета для расчета термодинамических свойств компонентов технологических потоков использовали метод NRTL. Адекватность модели схемы получения товарного ПТБФ (рисунок 2) подтверждается сопоставлением расчетных значений с промышленными данными.



В состав компонентов технологических потоков включены фенол, i-бутен, 1-бутен, транс 2-бутен, цис 2-бутен, 1,3-бутадиен, мезитилоксид, α-метилстирол, кумол, вода, азот, кислород, ПТБФ, ОТБФ, 2,6-ди-трет-бутилфенол, 2,4-ди-трет-бутилфенол, 2,4,6-три-трет-бутилфенол, высококипящие продукты.

Для моделирования технологической схемы использовали значения технологических параметров и компонентный состав для потока **алкилат_P-95**, приведенные на рисунке 3.

Stream Name	алкилат_P-95
Vapour / Phase Fraction	0,0000
Temperature [C]	100,0
Pressure [kPa]	100,0
Molar Flow [kgmole/h]	36,74
Mass Flow [kg/h]	3867
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	3,741
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-1,599e+005
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	-61,87
Heat Flow [kJ/h]	-5,873e+006
Liq Vol Flow @Std Cond [m3/h]	3,639

(a)

	Mass Fractions
Phenol	0,718043
ptrbtylphenl	0,277798
o-TBPh*	0,001190
2,6-Di-TBPh*	0,000000
2,4-Di-TBPh*	0,002669
2,4,6-Tri-TBPh*	0,000000
P_isom*	0,000300

(b)

Рисунок 3. Значения технологических параметров (a) и компонентный состав (b) потока **алкилат_P-95** (распечатка в Honeywell UniSim Design)

Figure 3. Values of technological parameters (a) and component composition (b) of **алкилат_P-95** flow (printout in Honeywell UniSim Design)

Name	наК-148	2,4диТБФ+ПТБФ	ПТБФтов
Vapour	0,0000	0,0000	0,0000
Temperature [C]	170,1	171,1	129,7
Pressure [kPa]	13,33	13,33	2,667
Molar Flow [kgmole/h]	7,228	0,6725	6,555
Mass Flow [kg/h]	1089	104,5	984,8
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	1,110	0,1077	1,003
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-2,223e+005	-2,298e+005	-2,355e+005
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	-12,58	19,20	-75,66
Heat Flow [kJ/h]	-1,607e+006	-1,545e+005	-1,544e+006

(a)

	наК-148	2,4диТБФ+ПТБФ	ПТБФтов
Phenol	0,000000	0,000000	0,000000
ptrbtylphenl	0,988473	0,921093	0,995385
o-TBPh*	0,004150	0,000028	0,004573
2,6-Di-TBPh*	0,000000	0,000000	0,000000
2,4-Di-TBPh*	0,006918	0,073951	0,000042
2,4,6-Tri-TBPh*	0,000000	0,000000	0,000000
P_isom*	0,000459	0,004929	0,000000

(b)

Рисунок 4. Значения технологических параметров (a) и компонентный состав (b) потоков колонны К-148 (распечатка в Honeywell UniSim Design)

Figure 4. Values of technological parameters (a) and component composition (b) of K-148 column flows (printout in Honeywell UniSim Design)

В соответствии с технологической схемой процесса (рисунок 1) кубовый остаток колонны К-148 направляют в реактор алкилирования [5]. Анализ его компонентного состава (поток **2,4 диТБФ + ПТБФ** на рисунке 4b столбец 3) показывает, что в данном потоке порядка 92% мас. (расчеты выполнены для приведенного выше на рисунке 3 состава алкилата, поступающего на узел выделения непрореагировавшего фенола и получения товарного ПТБФ) составляет целевой продукт. Его поступление в реактор с потоком 5 приводит к уменьшению полезного реакционного объема аппарата, следовательно, практический интерес представляет оценка принципиальной возможности выделения из кубового остатка колонны К-148 качественного целевого продукта ПТБФ. Ниже описывается возможный вариант изменения технологической схемы процесса с включением в неё дополнительной ректификационной колонны. Решение задачи нами осуществлялось проведением вычислительного эксперимента с использованием программной среды Honeywell UniSim Design.

На рисунке 5 представлен фрагмент измененной технологической схемы узла разделения алкилата и получения товарного ПТБФ. В схему включена дополнительная ректификационная колонна РК-1–2, на питание которой поступает кубовый остаток колонны К-148

(поток **2,4 диТБФ + ПТБФ**). Верхом колонны РК-1–2 отбирается поток целевого продукта (поток **ПТБФ**), соответствующий качеству товарного ПТБФ, а кубовый остаток (поток **2,4 диТБФ_в_Е-1**) рециркулирует в реактор алкилирования. Рассчитанные конструкционные параметры колонны: число тарелок $N_t = 31$, тарелка питания $N_{пит} = 27$, эффективность контактного устройства 0.65, флегмовое число $R = 7$. Значения технологических параметров и компонентный состав потоков колонны РК-1–2 приведены на рисунке 6. Графики изменения температурного профиля и величин потоков жидкой и паровой фаз по высоте колонны показаны на рисунке 7.

Из рисунка 6b следует (поток **ПТБФ**), что найденные технологические режимы для дополнительной колонны РК-1–2 (рисунок 6a) обеспечивают получение из кубового остатка колонны К-148 дополнительного количества товарного ПТБФ ~ 85.79 кг/час или 8.8% к количеству ПТБФ с верха колонны К-148, составляющему ~ 980.27 кг/час, с одновременным значительным уменьшением количества ПТБФ, возвращаемого в реактор алкилирования на величину порядка 87.62 кг/час (уменьшение на $\sim 91\%$), что обеспечивает соответствующее «освобождение» используемого объема реактора на $\sim 1.7\%$.

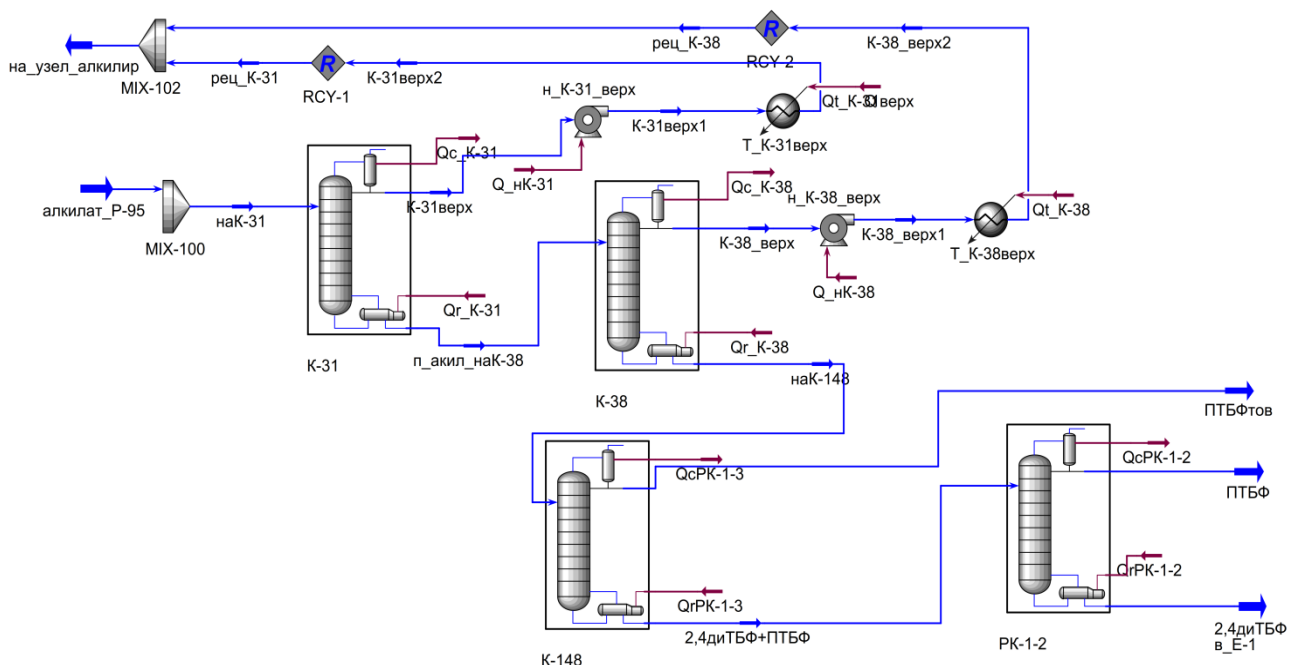


Рисунок 5. Фрагмент измененной технологической схемы узла разделения алкилата и получения товарного ПТБФ с включением дополнительной колонны РК-1–2 (распечатка в среде Honeywell UniSim Design)

Figure 5. Fragment of the modified technological scheme of the alkylate separation unit and the production of commercial para-tertiary butylphenol with the inclusion of an additional column PK-1–2 (printout in the Honeywell UniSim Design environment)

Name	2,4диТБФ+ПТ	2,4диТБФ в_Е-	ПТБФ
Vapour	0,0000	0,0000	0,0000
Temperature [C]	171,1	162,7	129,7
Pressure [kPa]	13,33	7,900	2,667
Molar Flow [kgmole/h]	0,6725	0,1012	0,5713
Mass Flow [kg/h]	104,5	18,63	85,85
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	0,1077	2,022e-002	8,745e-002
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-2,298e+005	-2,777e+005	-2,363e+005
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	19,20	178,4	-74,03
Heat Flow [kJ/h]	-1,545e+005	-2,809e+004	-1,350e+005

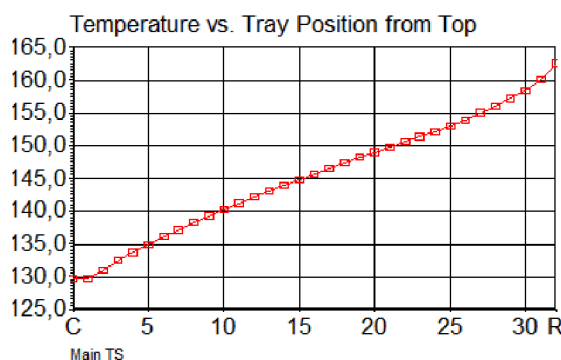
(a)

	2,4диТБФ+ПТБФ	2,4диТБФ в_Е-1	ПТБФ
Phenol	0,000000	0,000000	0,000000
ptrbtylphenl	0,921093	0,479440	0,999298
o-TBPh*	0,000028	0,000003	0,000032
2,6-Di-TBPh*	0,000000	0,000000	0,000000
2,4-Di-TBPh*	0,073951	0,487796	0,000670
2,4,6-Tri-TBPh*	0,000000	0,000000	0,000000
P_isom*	0,004929	0,032762	0,000000

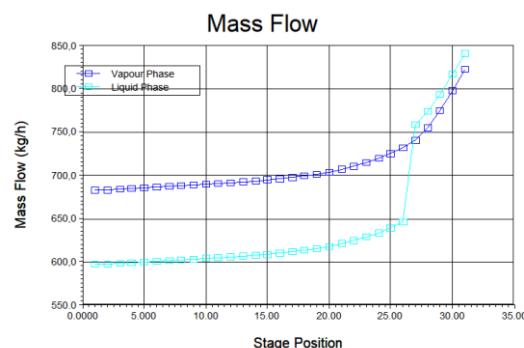
(b)

Рисунок 6. Значения технологических параметров (a) и компонентный состав (b) потоков колонны РК-1–2 (распечатка в Honeywell UniSim Design)

Figure 6. Values of technological parameters (a) and component composition (b) of PK-1–2 column flows (printout in Honeywell UniSim Design)



(a)



(b)

Рисунок 7. Графики изменения технологических характеристик по высоте колонны РК-1–2: (a) – температурный профиль в °C; (b) – потоки жидкой и паровой фаз в кг/час (распечатка в Honeywell UniSim Design)

Figure 7. Graphs of changes in technological characteristics along the height of the PK-1–2 column: (a) – temperature profile in °C; (b) – flows of liquid and vapor phases in kg/hour (printout in Honeywell UniSim Design)

Анализ потоков фаз по высоте колонны РК-1–2 (рисунок 7b) показывает на возможность использования одинакового диаметра для исчерпывающей и укрепляющей частей аппарата.

Закключение

В результате выполненного анализа состава технологических потоков промышленной установки получения ПТБФ и результатов её моделирования в среде Honeywell UniSim Design установлено, что в кубовом остатке

колонны К-148, возвращаемом в реактор алкилирования, содержится до 96% мас. целевого продукта, поступление которого в реактор приводит к уменьшению полезного реакционного объёма аппарата, и одновременно практический интерес представляет оценка возможности выделения из него качественного целевого ПТБФ. Для этого предложен вариант изменения технологической схемы процесса с включением в неё дополнительной ректификационной колонны РК-1–2. Рассчитанные по модели

оценки технологических и конструкционных параметров колонны РК-1–2 показали, что отбираемый в качестве дистиллята поток содержит 99.92% мас. целевого ПТБФ, что составляет порядка 8.8% к количеству целевого продукта, отбираемого с верха колонны К-148. Одновременно с этим, уменьшение количества пара-третичного бутилфенола в кубовом остатке колонны РК-1–2 обеспечивает увеличение использования объема реактора алкилирования на 1.7%. Результаты исследований

и разработанная в моделирующей программной среде UniSim Design модель усовершенствованного узла разделения алкилата и получения товарного ПТБФ, включающего дополнительную колонну РК-1–2, могут быть использованы для оптимизации технологических режимов и оценки конструкционных параметров массообменных аппаратов схемы, а также для обучения технологов приемам квалифицированного ведения процесса.

Литература

- 1 Воронин И.О., Наумкин П.В., Нестерова Т.Н. Равновесие жидкофазной структурной и позиционной изомеризации разветвленных пентилфенолов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. №. 4-4.
- 2 ИТС 31–2017. Производство продукции тонкого органического синтеза. М: Бюро НДТ. 2017. 167 с.
- 3 Воронин И.О., Нестерова Т.Н., Стрельчик Б.С., Журавский Е.А. Сравнение эффективности сульфокатионитов, применяемых в производстве пара-трет-бутилфенола, на основе кинетического исследования переалкилирования в системе фенол–трет-бутилфенолы // Кинетика и катализ. 2014. Т. 55. №. 6. С. 723-723.
- 4 Воронин И.О., Нестерова Т.Н., Головин Е.В. Идентификация компонентов рециклового потока производства *пара-трет*-бутилфенола // V Всероссийская конференция «Современные наукоемкие инновационные технологии». 2013. С. 331–334
- 5 Пат. № 2502718, RU, C07C 37/74, 39/06, B01D 3/16. Способ получения пара-трет-бутилфенола и устройство для его осуществления / Стрельчик Б.С., Соглаев И.В., Сендель А.К., Никулин А.А. и др. № 2012128913/04; Заявл. 06.07.2012; Опубл. 27.12.2013, Бюл. № 36.
- 6 Рубцов Д.В., Ланько Д.С. Каскадирование процессов как средство оптимизации рабочих параметров испарителей пара-трет-бутилфенола при вакуумной ректификации // Химическая техника. 2016. № 5. С. 26–27.
- 7 Хабибрахманова О.В., Попов С.В. Моделирование узла разделения алкилата установки синтеза пара-третичного бутилфенола // Результаты современных научных исследований и разработок: сборник статей XI Всероссийской научно-практической конференции. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2020. С. 62–65.
- 8 Honeywell, Unisim Design User Guide, 2013.
- 9 Яркина Е.М., Курганова Е.А., Фролов А.С., Кошель Г.Н. и др. Кислотное разложение гидропероксида пара-трет-бутилкумола до пара-трет-бутилфенола и ацетона // Журнал прикладной химии. 2019. Т. 92. №. 11. С. 1427-1434.
- 10 Терехов А.В., Занавескин Л.Н., Хаджиев С.Н. Выбор оптимального катализатора процесса получения пара-трет-бутилфенола алкилированием фенола трет-бутанолом // Нефтехимия. 2017. Т. 57. №. 4. С. 453-456.
- 11 Яркина Е.М., Курганова Е.А., Фролов А.С., Кошель Г.Н. и др. Синтез пара-трет-бутилкумола // Тонкие химические технологии. 2021. Т. 16. №. 1. С. 26-35.
- 12 Носков Ю.Г., Крон Т.Е., Карчевская О.Г., Корнеева Г.А. Получение огнестойких жидкостей на основе смешанных три (фенил-, пара-трет-бутилфенил) фосфатов реакцией переэтерификации трифенилфосфата пара-трет-бутилфенолом // Журнал прикладной химии. 2020. Т. 93. №. 8. С. 1181-1187.
- 13 Terekhov A.V., Zhanavskiy L.N., Khadzhiyev S.N. Selecting an optimum catalyst for producing para-tert-butylphenol by phenol alkylation with tert-butanol // Petroleum Chemistry. 2017. V. 57. №. 8. P. 714-717. doi: 10.1134/S096554411708014X
- 14 Voronin I.O., Nesterova T.N., Strelchik B.S., Zhuravskii E.A. Efficiency of sulfonic cation-exchange resins used in para-tert-butylphenol production: A comparison based on the kinetics of transalkylation in the phenol-tert-butylphenols system // Kinetics and Catalysis. 2014. V. 55. №. 6. P. 705-711. doi: 10.1134/S0023158414060147
- 15 Yarkina E.M., Kurganova E.A., Frolov A.S., Lebedeva N.V. et al. Aerobic Liquid-Phase Oxidation of Para-tert-Butylcumene to Hydroperoxide // Petroleum Chemistry. 2019. V. 59. №. 11. P. 1245-1248. doi: 10.1134/S0965544119110161
- 16 Yarkina E.M., Kurganova E.A., Frolov A.S., Koshel G.N. et al. Para-tert-butylcumene synthesis // Fine Chemical Technologies. 2021. V. 16. №. 1. P. 26-35. doi: 10.32362/2410-6593-2020-16-1-26-35
- 17 Xie G., Chen Z., Ramakrishna S., Liu Y. et al. Orthogonal design preparation of phenolic fiber by melt electrospinning // Journal of Applied Polymer Science. 2015. V. 132. №. 38. doi: 10.1002/app.42574
- 18 Xu L., Wang F., Feng Z., Liu Z. et al. Hierarchical ZSM-5 Zeolite with Enhanced Catalytic Activity for Alkylation of Phenol with Tert-Butanol // Catalysts. 2019. V. 9. №. 2. P. 202. doi: 10.3390/catal9020202
- 19 Li J., Lou L.L., Xu C., Liu S. Synthesis, characterization of Al-rich ZSM-12 zeolite and their catalytic performance in liquid-phase tert-butylation of phenol // Catalysis Communications. 2014. V. 50. P. 97-100. doi: 10.1016/j.catcom.2014.03.011
- 20 Krymkin N.Y., Shakun, V.A., Nesterova T.N., Naumkin P.V. et al. Theory and practice of alkyl phenol synthesis. tert-octylphenols // Industrial & Engineering Chemistry Research. 2016. V. 55. №. 37. P. 9829-9839. doi: 10.1021/acs.iecr.6b02067

References

- 1 Voronin I.O., Naumkin P.V., Nesterova T.N. Equilibrium of liquid-phase structural and positional isomerization of branched pentylphenols. *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2011. vol. 13. no. 4-4. (in Russian).
- 2 ITS 31–2017. Production of fine organic synthesis products. Moscow, Bureau of NTD. 2017. 167 p. (in Russian).
- 3 Voronin I.O., Nesterova T.N., Strelchik B.S., Zhuravsky E.A. Comparison of the efficiency of sulfonic cation exchangers used in the production of para-tert-butylphenol based on the kinetic study of transalkylation in the phenol-tert-butylphenols system. *Kinetics and Catalysis*. 2014. vol. 55. no. 6. pp. 723-723. (in Russian).
- 4 Voronin I.O., Nesterova T.N., Golovin E.V. Identification of the components of the recycle stream of the production of para-tert-butylphenol. V All-Russian conference "Modern high-tech innovative technologies". 2013. pp. 331–334. (in Russian).
- 5 Strelchik B.S., Sogayev I.V., Sendel A.K., Nikulin A.A. et al. A method of obtaining para-tert-butylphenol and a device for its implementation. Patent RF, no. 2502718, 2013.
- 6 Rubtsov D.V., Lanko D.S. Cascading processes as a means of optimizing the operating parameters of para-tert-butylphenol evaporators during vacuum rectification. *Khimicheskaya tekhnika*. 2016. no. 5. pp. 26–27. (in Russian).
- 7 Khabibrakhmanova O.V., Popov S.V. Modeling of the alkylate separation unit of the para-tertiary butylphenol synthesis unit. Results of modern scientific research and development: collection of articles of the XI All-Russian scientific and practical conference. Penza, ICNS "Science and Education", 2020. pp. 62–65. (in Russian).
- 8 Honeywell, Unisim Design User Guide, 2013.
- 9 Yarkina E.M., Kurganova E.A., Frolov A.S., Koshel G.N. et al. Acid decomposition of para-tert-butylcumol hydroperoxide to para-tert-butylphenol and acetone. *Journal of Applied Chemistry*. 2019. vol. 92. no. 11. pp. 1427-1434. (in Russian).
- 10 Terekhov A.V., Zanaevskiy L.N., Khadzhiyev S.N. The choice of the optimal catalyst for the process of obtaining para-tert-butylphenol by alkylation of phenol with tert-butanol. *Neftekhimiya*. 2017. vol. 57. no. 4. pp. 453-456. (in Russian).
- 11 Yarkina E.M., Kurganova E.A., Frolov A.S., Koshel G.N. et al. Synthesis of para-tert-butylcumol. *Fine chemical technologies*. 2021. vol. 16. no. 1. pp. 26-35. (in Russian).
- 12 Noskov Yu.G., Kron T.E., Karchevskaya O.G., Korneeva G.A. Obtaining fire-resistant liquids based on mixed tri (phenyl, para-tert-butylphenyl) phosphates by transesterification of triphenyl phosphate with para-tert-butylphenol. *Journal of Applied Chemistry*. 2020. vol. 93. no. 8. pp. 1181-1187. (in Russian).
- 13 Terekhov A.V., Zanaevskiy L.N., Khadzhiyev S.N. Selecting an optimum catalyst for producing para-tert-butylphenol by phenol alkylation with tert-butanol. *Petroleum Chemistry*. 2017. vol. 57. no. 8. pp. 714-717. doi: 10.1134/S096554411708014X
- 14 Voronin I.O., Nesterova T.N., Strelchik B.S., Zhuravskii E.A. Efficiency of sulfonic cation-exchange resins used in para-tert-butylphenol production: A comparison based on the kinetics of transalkylation in the phenol-tert-butylphenols system. *Kinetics and Catalysis*. 2014. vol. 55. no. 6. pp. 705-711. doi: 10.1134/S0023158414060147
- 15 Yarkina E.M., Kurganova E.A., Frolov A.S., Lebedeva N.V. et al. Aerobic Liquid-Phase Oxidation of Para-tert-Butylcumene to Hydroperoxide. *Petroleum Chemistry*. 2019. vol. 59. no. 11. pp. 1245-1248. doi: 10.1134/S0965544119110161
- 16 Yarkina E.M., Kurganova E.A., Frolov A.S., Koshel G.N. et al. Para-tert-butylcumene synthesis. *Fine Chemical Technologies*. 2021. vol. 16. no. 1. pp. 26-35. doi: 10.32362/2410-6593-2020-16-1-26-35
- 17 Xie G., Chen Z., Ramakrishna S., Liu Y. et al. Orthogonal design preparation of phenolic fiber by melt electrospinning. *Journal of Applied Polymer Science*. 2015. vol. 132. no. 38. doi: 10.1002/app.42574
- 18 Xu L., Wang F., Feng Z., Liu Z. et al. Hierarchical ZSM-5 Zeolite with Enhanced Catalytic Activity for Alkylation of Phenol with Tert-Butanol. *Catalysts*. 2019. vol. 9. no. 2. pp. 202. doi: 10.3390/catal9020202
- 19 Li J., Lou L.L., Xu C., Liu S. Synthesis, characterization of Al-rich ZSM-12 zeolite and their catalytic performance in liquid-phase tert-butylation of phenol. *Catalysis Communications*. 2014. vol. 50. pp. 97-100. doi: 10.1016/j.catcom.2014.03.011
- 20 Krymkin N.Y., Shakun, V.A., Nesterova T.N., Naumkin P.V. et al. Theory and practice of alkyl phenol synthesis. tert-octylphenols. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2016. vol. 55. no. 37. pp. 9829-9839. doi: 10.1021/acs.iecr.6b02067

Сведения об авторах

Леонид С. Коваленко магистрант, 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/0000-0003-3430-4654>

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>

Information about authors

Leonid S. Kovalenko master student, chemistry and chemical technology department, Samara State Technical University, branch in Novokuibyshevsk, st. Mironova, 5, Novokuibyshevsk, 446200, Russia, chemicaluniversity@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3430-4654>

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>

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>

Вклад авторов

Леонид С. Коваленко 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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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>

Contribution

Leonid S. Kovalenko 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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 09/07/2021	После редакции 02/08/2021	Принята в печать 20/08/2021
Received 09/07/2021	Accepted in revised 02/08/2021	Accepted 20/08/2021

Получение бентонит-модифицированных биполярных ионообменных мембран и изучение их электрохимических характеристик

Сабухи И. Нифталиев	¹	sabukhi@gmail.com	 0000-0001-7887-3061
Ольга А. Козадерова	¹	kozaderova-olga@mail.ru	 0000-0002-8135-5801
Ксения Б. Ким	¹	kmkseniya@ya.ru	 0000-0001-5564-8267
Петр Е. Белоусов	²	pitbl@mail.ru	 0000-0002-2657-5828
Анна В. Тимкова	¹	timkova.anna@mail.ru	 0000-0003-0630-2993
Иван А. Головков	¹	vanya.golovkov.01@gmail.com	 0000-0002-1541-4930

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

² Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, пер. Старомонетный, 35, г. Москва, 119017, Россия

Аннотация. Получены экспериментальные образцы биполярных ионообменных мембран, изготовленных из жидкого сульфокатионообменника (ЛФ-4СК) с бентонитовыми глинами (природным образцом и органоимодифицированным) и анионообменной мембраны МА-41. В качестве органоимодификатора использовали четвертичную аммониевую соль - алкилдиметилбензиламмония хлорид (ПАВ). В результате обработки бентонита ПАВ его поверхность становится органофильной и более совместимой с органическим полимером, а также увеличивается межплоскостное расстояние. Экспериментальные биполярные мембраны имеют лучшие характеристики с точки зрения генерации водородных и гидроксильных ионов при конверсии сульфата натрия, чем гетерогенные биполярные мембраны с аналогичными функциональными группами в катионо- и анионообменном слое, выпускаемые серийно. Биполярная мембрана с добавлением органоглины (2% мас.) показала более высокую производительность по H^+ - ионам по сравнению с мембраной, содержащей в катионообменном слое природные, не модифицированные образцы бентонита. Кроме увеличения концентрации целевых продуктов для варианта применения органоимодифицированного бентонита в катионообменном слое опытного образца мембраны отмечается существенное уменьшение энергозатрат на единицу целевого продукта. Влияние бентонитовой глины на характеристики биполярной мембраны объясняется наличием в составе глины гидроксильных и кремниевых групп, являющихся катализаторами диссоциации молекул воды. Разработана технологическая схема получения экспериментальной биполярной бентонит-модифицированной мембраны, основными стадиями которой являются: подготовка бентонита (сушка и измельчение); обработка бентонитовой глины алкилдиметилбензиламмония хлоридом; обработка суспензии органоглины и жидкого сульфокатионообменника ЛФ-4СК ультразвуком; нанесение полученной суспензии на мембрану-подложку - анионообменную мембрану с четвертичными аммониевыми группами МА-41.

Ключевые слова: электродиализ, биполярная мембрана, модифицирование, бентонит, органоимодифицирование, сульфат натрия, кислота, щелочь

Obtaining bentonite-modified bipolar ion-exchange membranes and study of their electrochemical characteristics

Sabukhi I. Niftaliev	¹	sabukhi@gmail.com	 0000-0001-7887-3061
Olga A. Kozaderova	¹	kozaderova-olga@mail.ru	 0000-0002-8135-5801
Kseniya B. Kim	¹	kmkseniya@ya.ru	 0000-0001-5564-8267
Peter E. Belousov	²	pitbl@mail.ru	 0000-0002-2657-5828
Anna V. Timkova	¹	timkova.anna@mail.ru	 0000-0003-0630-2993
Ivan A. Golovkov	¹	vanya.golovkov.01@gmail.com	 0000-0002-1541-4930

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

² Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry RAS, per. Staromonetny, 35, Moscow, 119017, Russia

Abstract. Experimental samples of bipolar ion-exchange membranes made of a liquid sulfonic cation exchanger (LF-4SK) with bentonite clays (natural and organomodified) and an anion-exchange membrane MA-41 were obtained. A quaternary ammonium salt, alkyl dimethylbenzylammonium chloride (surfactant), was used as an organomodifier. As a result of the treatment of bentonite with a surfactant, its surface becomes organophilic and more compatible with the organic polymer, and the interplanar distance also increases. Experimental bipolar membranes have better characteristics in terms of generation of hydrogen and hydroxyl ions during the conversion of sodium sulfate than heterogeneous bipolar membranes with similar functional groups in the cation- and anion-exchange layer, which are commercially available. The bipolar membrane with the addition of organoclay (2% wt.) showed a higher productivity in terms of H^+ - ions in comparison with the membrane containing natural, unmodified bentonite samples in the cation-exchange layer. The use of organomodified bentonite in the cation-exchange layer of the prototype membrane has increased the concentration of target products and significant decreased in energy consumption per unit of the target product. The effect of bentonite clay on the characteristics of the bipolar membrane is explained by the presence of hydroxyl and silicon groups in the clay, which are catalysts for the dissociation of water molecules. A technological scheme has been developed for obtaining an experimental bipolar bentonite-modified membrane, the main stages of which are: preparation of bentonite (drying and grinding); treatment of bentonite clay with alkyl dimethylbenzylammonium chloride; treatment of organoclay suspension and liquid sulfonic cation exchanger LF-4SK with ultrasound; application of the resulting suspension onto a substrate membrane - an anion-exchange membrane with quaternary ammonium groups MA-41.

Keywords: electrodialysis, bipolar membrane, modification, bentonite, organobentonite, sodium sulfate, acid, alkali

Для цитирования

Нифталиев С.И., Козадерова О.А., Ким К.Б., Белоусов П.Е., Тимкова А.В., Головков И.А. Получение бентонит-модифицированных биполярных ионообменных мембран и изучение их электрохимических характеристик // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 216–225. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-216-225

For citation

Niftaliev S.I., Kozaderova O.A., Kim K.B., Belousov P.E. Timkova A.V., Golovkov I.A. Obtaining bentonite-modified bipolar ion-exchange membranes and study of their electrochemical characteristics. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 216–225. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-216-225

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

Введение

Биполярные мембраны представляют собой плотно соединенные катионо- и анионообменные образцы. Основная область применения биполярных мембран – коррекция pH растворов или электрохимическое получение кислот и оснований из солей. На отечественном рынке представлены коммерчески доступные биполярные ионообменные мембраны марки МБ-2 [1]. Эти мембраны являются гетерогенными, содержат четвертичные аммониевые группы в анионообменном слое и сульфогруппы в катионообменном. Большое количество работ [2–17] посвящено различным способам модифицирования биполярных мембран, цель которых – улучшение их свойств, что позволяет существенно расширить сферы применения биполярного электродиализа. Следует отметить, что модифицирование незначительно повышает себестоимость мембран, но позволяет существенно интенсифицировать процесс электродиализа. Это позволяет говорить об экономической целесообразности модифицирования.

Бентонитовые глины – природный алюмосиликатный материал, используемый для модифицирования мембран [18–22]. Применение бентонитов связано с тем, что входящий в их состав монтмориллонит имеет такие практически важные специфические свойства, как связующая и сорбционная способность, термостойкость [23], кроме того, он является природным наноматериалом, обладающим высокоразвитой поверхностью. Для повышения физико-химической совместимости неорганического и органического компонентов «бентонит – полимер», поверхность частиц бентонита обрабатывают поверхностно-активным веществом (ПАВ). В качестве ПАВ используют, например,

четвертичные аммониевые соли, которые встраиваются в структуру глины, изменяют гидрофильно-гидрофобные свойства ее поверхности и увеличивают межплоскостное расстояние (рисунок 1) [24, 25].

Цель работы – получение экспериментальных образцов бентонит-модифицированных биполярных мембран и изучение их характеристик в процессе биполярного электродиализа (на примере конверсии сульфата натрия).

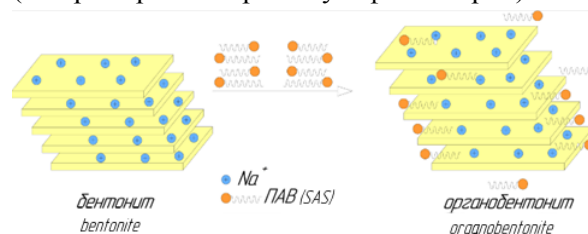


Рисунок 1. Схема получения органобентонита

Figure 1. Scheme of organobentonite obtaining

Материалы и методы

Получение биполярных ионообменных мембран осуществляли следующим способом. Поверхность гетерогенной сильноосновной анионообменной мембраны МА-41 после проведения стандартных процедур кондиционирования [26] подвергали шерохованию и обрабатывали уксусной кислотой [27]. После активации на мембрану-подложку МА-41 наносили раствор сульфированного политетрафторэтилена (5% мас. раствор ЛФ-4СК в диметилформамиде) с частицами бентонитовой глины (природной или органоимодифицированной) в различных количествах (1%, 2% и 3% мас.) После удаления растворителя жидкий сульфокатионообменник представлял собой плотную полимерную пленку, аналогичную мембране МФ-4СК (рисунок 2).

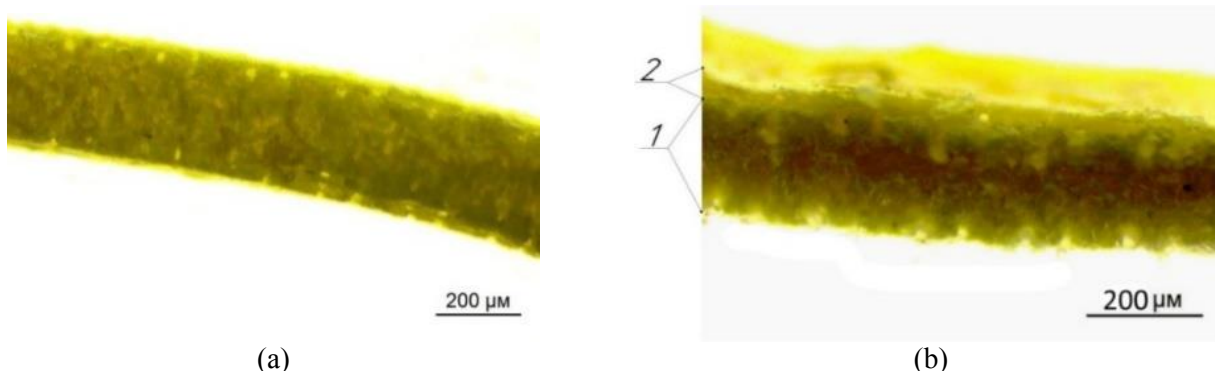


Рисунок 2. Фотографии мембран (оптический микроскоп Levenhuk 625 с камерой M1400 Plus, увеличение 10 x 0,25): а – монополярная мембрана МА-41 (мембрана-подложка), б – опытный образец биполярной мембраны (1 – мембрана-подложка, 2 – катионообменный слой сульфированного политетрафторэтилена с частицами бентонита)

Figure 2. Photos of membranes (Levenhuk 625 optical microscope with M1400 Plus camera, magnification 10 x 0.25): a – MA-41 monopolar membrane (substrate membrane), b – a prototype of a bipolar membrane (1 – a substrate membrane, 2 – a cation-exchange layer of sulfonated polytetrafluoroethylene with bentonite particles)

В работе использовали щелочной бентонит Даш-Салахлинского месторождения (Азербайджан) с содержанием монтмориллонита не менее 70% [23] (в катионообменный слой вносили в исходной форме) и органоглину, полученную путем обработки бентонита Тихменевского месторождения (Россия) поверхностно-активным веществом – алкилдиметилбензиламмония хлоридом (таблица 1) [24, 25].

Для оценки влияния модификатора на эксплуатационные свойства экспериментальной биполярной мембраны проводили биполярный электродиализ раствора сульфата натрия ($C = 0,5$ моль/дм³) с получением кислоты и щелочи. Для этого использовали электродиализатор (рисунок 3), состоящий из исследуемой биполярной мембраны, катионообменной (RalexСМН-РР) и анионообменной (Ralex АМН-РР) мембран (производство МЕГА, Чехия [28]).

Таблица 1.

Характеристика ПАВ, используемого для получения органоглины

Table 1.

Characteristics of the surfactant used for obtaining organoclay

Наименование ПАВ Surfactant name	Внешний вид Appearance	Концентрация модификатора Surfactant name	Структурная формула Surfactant name
Алкилдиметилбензиламмония хлорид Alkyldimethylbenzylammonium chloride	порошок светло- желтого цвета light yellow powder	30% от емкости катионного обмена монтмориллонита 30% of the cation exchange capacity of montmorillonite	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{R}-\text{N}-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_5 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]^+ \text{Cl}^-$ $\text{R} - \text{C}_{12}-\text{C}_{18}$

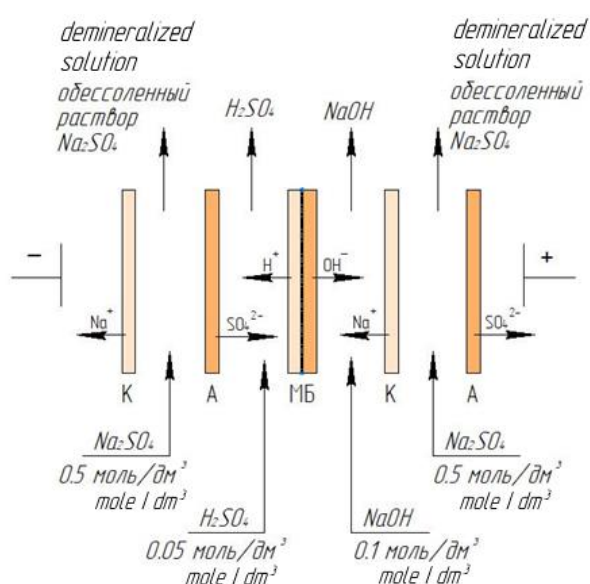


Рисунок 3. Схема биполярного электролиза сульфата натрия: К – катионообменная мембрана, А – анионообменная мембрана, МБ – исследуемая биполярная мембрана

Figure 3. Scheme of bipolar electrodiolysis of sodium sulfate: K – cation exchange membrane, A – anion exchange membrane, MB – investigated bipolar membrane

Конверсию проводили с биполярными мембранами (таблица 2), полученными при нанесении на анионообменную мембрану

жидкого катионообменника, не содержащего бентонит (МБ_{оп.}), а также катионообменника с добавлением различных количеств Даш-Салахлинского бентонита (% к массе катионообменника): 1 (МБ_{БТ1}), 2 (МБ_{БТ2}), 3 (МБ_{БТ3}) и бентонита Тихменевского месторождения, модифицированного ПАВ (% к массе катионообменника): 1 (МБ_{ПАВ1}), 2 (МБ_{ПАВ2}), 3 (МБ_{ПАВ3}).

Оценку характеристик электролиза (выход по току η , %; удельные энергозатраты на производство целевого продукта W , кВт · ч/кг; потоки ионов водорода и гидроксила, генерированных внутри биполярной мембраны J , моль / (см²·с)), рассчитывали на основе экспериментальных данных по формулам:

$$\eta = \frac{(C_0 - C_i) \cdot V \cdot F}{\tau \cdot I} \cdot 100, \quad (1)$$

$$W = \frac{I \cdot U \cdot \tau}{m}, \quad (2)$$

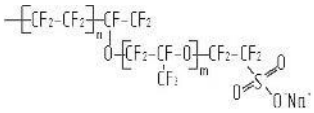
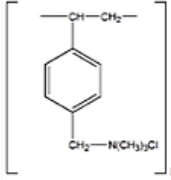
$$J_i = \frac{(C_0 - C_i) \cdot V}{\tau \cdot S}, \quad (3)$$

где C_0 – исходная концентрация раствора, моль/дм³; C_i – концентрация ионов в исследуемой секции, моль/дм³; V – объем раствора, дм³; F – число Фарадея А·с/моль; τ – время, с; I – сила тока, А; U – напряжение, В; S – площадь мембраны, см²; m – масса продукта, кг.

Таблица 2.
Характеристики монополярных слоев, образующих модифицированную bipolar мембрану

Table 2.

Characteristics of monopolar layers forming a modified bipolar membrane

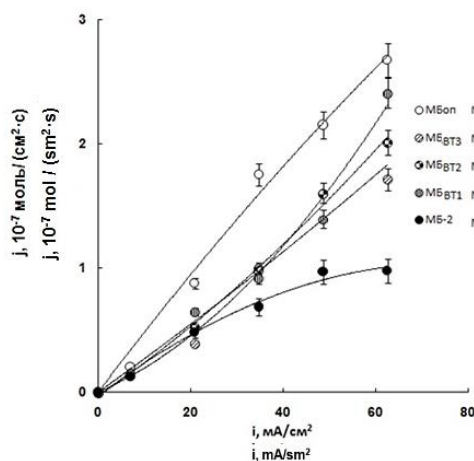
Характеристика Characteristic	Катионообменный слой Cation exchange layer	Анионообменный слой Anion exchange layer
Мембрана Membrane	ЛФ-4С KLF-4SK	МА-41
Полимерная матрица Polymer matrix	Политетрафтоэтилен Polytetrafluoroethylene	Полистирол сшитый дивинилбензолом Polystyrene cross-linked with divinylbenzene
Элементарное звено Elementary link		
Инертное связующее Inert binder	—	Полиэтилен Polyethylene
Армирующая сетка Reinforcing mesh	—	Полиамид Polyamide
Толщина в набухшем состоянии (см) Swollen thickness (cm)	0,07	0,53

Результаты и обсуждение

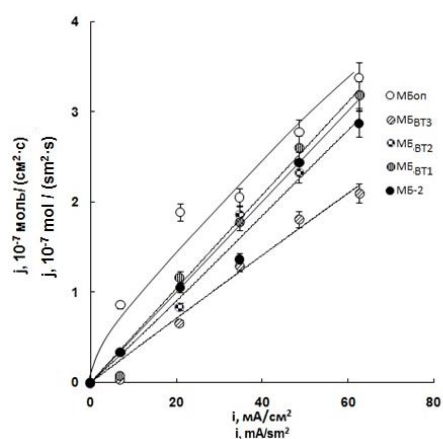
Результаты конверсии сульфата натрия с мембраной, изготовленной путем нанесения на МА-41 тонкого слоя жидкого катионообменника, не содержащего бентонит (МБ_{оп}) и с добавлением немодифицированного бентонита (МБ_{БТ1}, МБ_{БТ2} и МБ_{БТ3}) приведены на рисунок 4.

Образец МБ_{оп} способен генерировать Н⁺ и ОН⁻ ионы из молекул воды под действием электрического тока. Стоит отметить, что потоки Н⁺ - ионов, полученные при электролизе

с этой bipolar мембраной, в 2,8 раза выше, чем с коммерческой мембраной МБ-2 (рисунок 4 а), потоки ОН⁻ почти не отличаются (рисунок 4 б). Для образцов МБ_{БТ1}, МБ_{БТ2} и МБ_{БТ3} наблюдается уменьшение потоков щелочи и кислоты по сравнению с мембраной МБ_{оп}. Результаты конверсии с bipolar ионообменной мембраной, в катионообменный слой которой добавлена органоглина (МБ_{ПАВ1}, МБ_{ПАВ2}, МБ_{ПАВ3}) приведены на рисунке 5.



(a)



(b)

Рисунок 4. Зависимость потоков ионов Н⁺ (а) и ОН⁻ (б), генерированных в bipolar мембране, от плотности тока для МБ-2 и экспериментальных образцов без добавления бентонита в катионообменный слой и с добавлением немодифицированного бентонита

Figure 4. Dependence of Н⁺ (а) and ОН⁻ (б) ions flow, generated in the bipolar membrane, on the current density for МБ-2 and experimental samples without the addition of bentonite to the cation-exchange layer and with the addition of unmodified bentonite

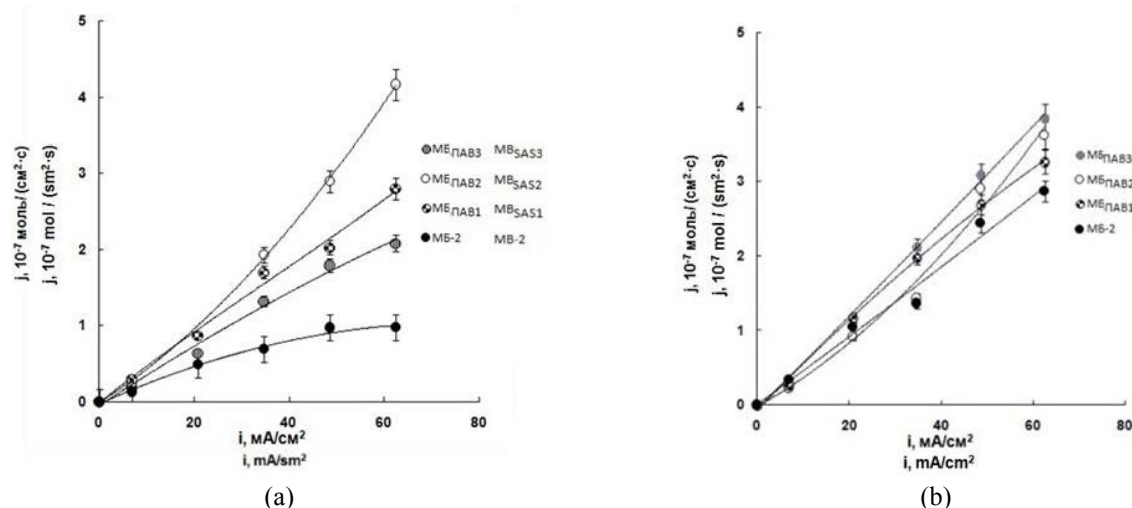


Рисунок 5. Зависимость потоков ионов H⁺ (a) и OH⁻ (b), генерированных в биполярной мембране, от плотности тока для МБ-2 и экспериментальных образцов с добавлением в катионообменный слой ПАВ-модифицированного бентонита

Figure 5. Dependence of H⁺ (a) and OH⁻ (b) ions flow, generated in the bipolar membrane, on the current density for MB-2 and experimental samples with the addition of surfactant-modified bentonite to the cation-exchange layer

Оптимальным является внесение 2% мас. органоглины (МБ_{ПАВ2}): в этом случае потоки катионов H⁺ увеличиваются почти в 4 раза по сравнению с МБ-2 (рисунок 6).

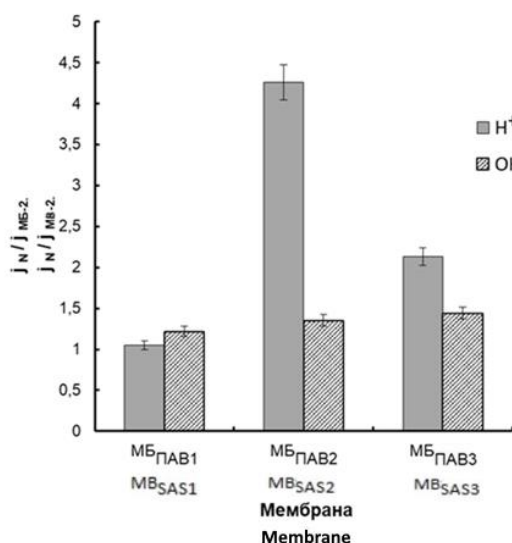


Рисунок 6. Относительные потоки ионов через экспериментальные биполярные мембраны

Figure 6. Relative ions flows through experimental bipolar membranes

Кроме того, использование биполярных мембран с органоимодифицированным бентонитом позволяет существенно снизить энергозатраты на производство целевых продуктов и увеличить выход по току (таблица 3). На основе проведенных экспериментальных исследований разработана технологическая схема получения бентонит-модифицированной

биполярной мембраны (рисунок 7). Исходное сырье (натриевый бентонит) через бункер подается в сушилку вибрационного типа (1). Перемещение бентонита по поверхности плоского рабочего органа сушилки происходит за счет периодических колебаний, создаваемых виброприводом. Сушка материала осуществляется за счет интенсивного теплообмена между частицами продукта и горячим воздухом, подаваемым противотоком из калорифера в сушилку. Высушенный бентонит с остаточной влажностью 10–15% поступает для истирания в загрузочный патрубок шаровой мельницы с агатовыми шарами (2), размер получаемой фракции составляет не более 10 мкм. На следующем этапе в рамной мешалке (3) готовится 1% суспензия бентонитовой глины. Далее, на центрифуге (4) получают обогащенную фракцию бентонита с размером частиц не более 1 мкм, содержащую более 95% монтмориллонита, которую после декантации направляют в смеситель (5). Процесс проводят при постоянном перемешивании 3%-ой водной суспензии с поверхностно-активным веществом (алкилдиметилбензиламмония хлорид) при температуре 70 °С в течение 2 часов. Для обеспечения постоянной требуемой температуры в рубашку емкости подают теплоноситель (горячая вода).

Смешивание бентонита с модификатором обеспечивается путем вращения лопастей рамной мешалки.

Результаты электродиализа с биполярными мембранами (при плотности тока $i = 60 \text{ mA/cm}^2$)

Table 3.

Results of electrodialysis with bipolar membranes (at current density $i = 60 \text{ mA/cm}^2$)

Мембрана Membrane	МБ-2 MB-2		МБ _{ПАВ1} MB _{SAS1}		МБ _{ПАВ2} MB _{SAS2}		МБ _{ПАВ3} MB _{SAS3}	
Целевой продукт Target product	H ₂ SO ₄	NaOH	H ₂ SO ₄	NaOH	H ₂ SO ₄	NaOH	H ₂ SO ₄	NaOH
Прирост концентрации целевого продукта в кислотной и щелочной камерах, моль/дм ³ Increase in the concentration of the target product in the acid and alkaline chambers, mol/dm ³	0,08	0,25	0,11	0,26	0,15	0,25	0,10	0,25
Производительность по целевому продукту, моль/(м ² ·ч) Productivity for the target product, mol/(m ² ·h)	3,6	14,5	10,0	11,7	15,0	13,0	7,5	13,8
W, кВт · ч / кг W, kW · h / kg	62,2	52,1	67,8	17,4	32,5	15,3	96,4	15,3
η , %	15,1	44,3	43,3	50,3	64,3	55,8	32,2	59,3

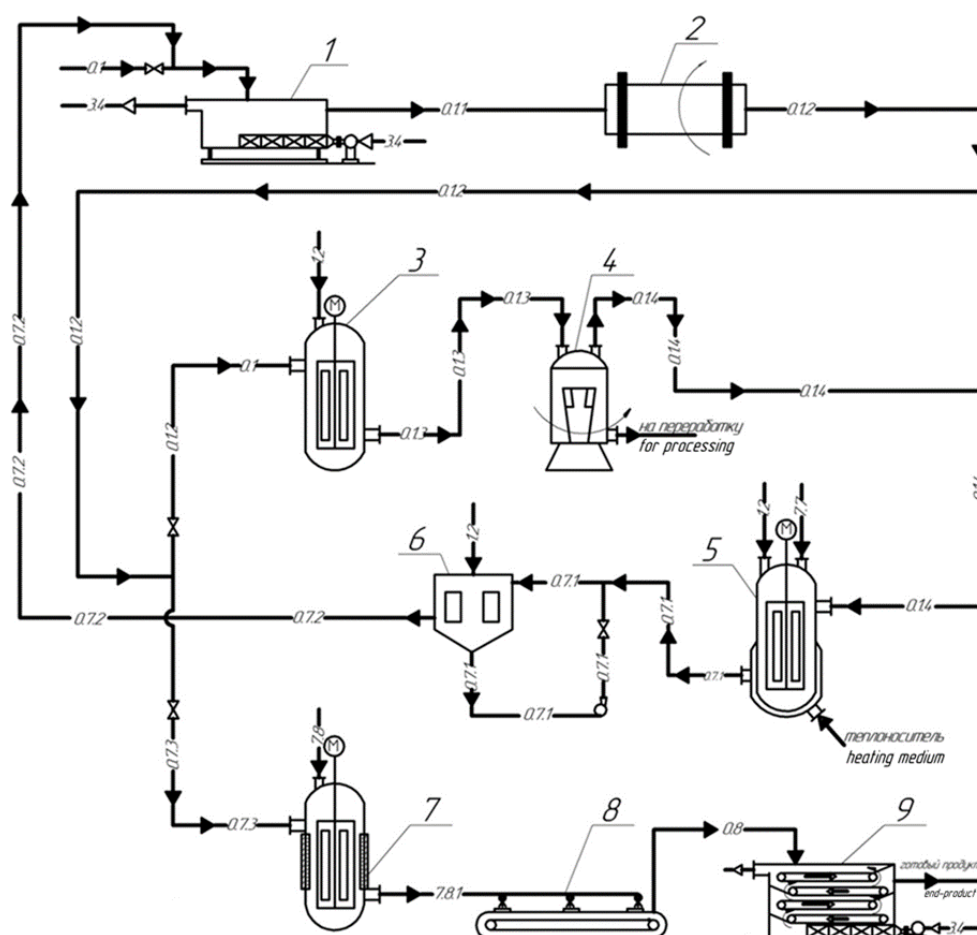


Рисунок 7. Технологическая схема получения бентонит-модифицированной биполярной мембраны: 1 – сушилка вибрационная, 2 – мельница шаровая, 3 – мешалка рамная, 4 – центрифуга, 5 – смеситель, 6 – фильтр, 7 – реактор, 8 – конвейер ленточный, 9 – сушилка конвейерная. Обозначение потоков: 0.1.0 – бентонит исходный, 0.1.1 – бентонит после высушивания, 0.1.2 – бентонит после измельчения, 0.1.3 – суспензия бентонита, 0.1.4 – бентонит после центрифугирования, 0.7.1 – органоглина, 0.7.2 – органоглина отмытая, 0.8 – мембрана биполярная, 1.2 – вода, 1.5 – теплоноситель, 3.4 – воздух горячий, 7.7 – алкилдиметилбензиламмония хлорид, 7.8 – катионообменник, 7.8.1 – суспензия катионообменника с органоглиной

Figure 7. Technological scheme for obtaining bentonite-modified bipolar membrane: 1 – vibration dryer, 2 – ball mill, 3 – frame mixer, 4 – centrifuge, 5 – mixer, 6 – filter, 7 – reactor, 8 – belt conveyor, 9 – conveyor dryer. Designation of flows: 0.1.0 – natural bentonite, 0.1.1 – bentonite after drying, 0.1.2 – bentonite after grinding, 0.1.3 – bentonite suspension, 0.1.4 – bentonite after centrifugation, 0.7.1 – organoclay, 0.7.2 – washed organoclay, 0.8 – bipolar membrane, 1.2 – water, 1.5 – coolant, 7.7 – alkyldimethylbenzylammonium chloride, 7.8 – cation exchanger, 7.8.1 – suspension of a cation exchanger with organoclay

Полученную суспензию органобентонита разделяют в фильтре (6), где органобентонит отмывают водой до отсутствия избытка непрореагировавшего модификатора, далее заново высушивают в сушилке (1) и измельчают в шаровой мельнице (2) до фракции с размером частиц не более 60 мкм [24]. Подготовленные образцы природного или органобентонита после высушивания (1) и измельчения (2) направляют в реактор (7) с раствором жидкого катионообменника ЛФ-4СК (7), где смесь обрабатывается ультразвуком при постоянном перемешивании в течение 20 минут. На ленточный конвейер (8) поступает предварительно подготовленная анионообменная мембрана МА-41. Подготовка мембраны состоит из следующих этапов (на схеме не показано): поверхность анионообменной мембраны МА-41 обезжиривают, подвергают шерохованию и обрабатывают уксусной кислотой [27]. Полученную суспензию жидкого катионообменника с частицами бентонитовой глины наносят на мембрану-подложку МА-41. После этого образцы экспериментальной мембраны направляют на конвейерную сушилку (9), процесс сушки проводят при температуре 25 °С в течение 24 часов. Полученные бентонит-содержащие биполярные мембраны готовы к дальнейшему использованию в электродиализаторе.

Заключение

Получены экспериментальные биполярные мембраны путем нанесения на анионообменную мембрану МА-41 жидкого сульфокатионообменника, содержащего частицы бентонитовой глины (природной или органоимодифицированной).

Влияние бентонита на свойства биполярной мембраны объясняется особенностью строения бентонитовых глин, а именно, наличием гидроксильных и кремниевых групп, являющихся катализаторами диссоциации молекул воды [29–31]. Проведена конверсия сульфата натрия в процессе электродиализа с применением экспериментальных образцов биполярных мембран. Применение биполярной мембраны с органоглиной (МБ_{ПАВ2}) позволяет получить более высокие концентрации кислоты и щелочи при конверсии сульфата натрия, увеличить выход по току и производительность, а также снизить энергозатраты по сравнению с коммерческим аналогом МБ-2 и экспериментальной биполярной мембраной, содержащей в катионообменном слое природные немодифицированные образцы бентонита. Применение алкилдиметилбензиламмония хлорида для обработки бентонита позволяет увеличить межплоскостное расстояние, а также изменить свойства поверхности с гидрофильной на гидрофобную, которая имеет более высокую совместимость с полимером. Результаты, описанные в работе, показывают перспективность использования экспериментальной бентонит-модифицированной биполярной мембраны для конверсии солей. Процесс получения бентонит-модифицированных биполярных мембран показан в разработанной технологической схеме.

Благодарности

Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук (МК-685.2021.1.3)

Литература

- 1 Каталог продукции. URL: <http://azotom.ru/bipolyarnye-membrany/>
- 2 Fathizadeh M., Aroujalian A., Raisi A. Effect of added NaXnano-zeolite into polyamide as a top thin layer of membrane on water flux and salt rejection in a reverse osmosis process // *J. Memb. Sci.* 2011. № 375. P. 88–95.
- 3 Hosseini S.M., Madaeni S.S., Zendehnam A., Moghadassi A.R., et al. Preparation and characterization of PVC based heterogeneous ion exchange membrane coated with Ag nanoparticles by (thermal-plasma) treatment assisted surface modification // *J. Ind. Eng. Chem.* 2013. V. 19. № 3. P. 854–862. doi:10.1016/j.jiec.2012.10.031
- 4 Zendehnam A., Arabzadegan M., Hosseini S.M., Robatmili N. et al. Fabrication and modification of polyvinylchloride based heterogeneous cation exchange membranes by simultaneous using Fe-Ni oxide nanoparticles and Ag nanolayer: physico-chemical and antibacterial characteristics // *Korean J. Chem. Eng.* 2013. V. 30. № 6. P. 1265–1271. doi:10.1007/s11581-019-03137-8
- 5 Zarrinkhameh M., Zendehnam A., Hosseini S.M. Preparation and characterization of nanocomposite heterogeneous cation exchange membranes modified by silver nanoparticles // *Korean J. Chem. Eng.* 2014. V. 31. № 7. P. 1187–1193. doi:10.1007/s11814-014-0051-1
- 6 Huang M., Shen Y., Cheng W. et al. Nanocomposite films containing Au nanoparticles formed by electrochemical reduction of metal ions in the multilayer films as electrocatalyst for dioxygen reduction // *Analytica Chimica Acta.* 2005. V. 535. № 1. P. 15–22.
- 7 Camargo P.H.C., Satyanarayana K.G., Wypych F. Nanocomposites: synthesis, structure, properties and new application opportunities // *Mater. Res.* 2009. V. 12. № 1. P. 1–39.
- 8 Ярославцев А.Б., Никоенко В.В., Заболоцкий В.И. Ионный перенос в мембранных и ионообменных материалах // *Успехи химии.* 2003. Т. 72. № 5. С. 438–470. doi:10.1070/RC2003v072n05ABEH000797

- 9 Domènech B., Bastos – Arrieta J., Alonso A., Macanás J. et al. Bifunctional Polymer-Metal Nanocomposite Ion Exchange Materials. In book: Ion Exchange Technologies // Chapter: Bifunctional Polymer-Metal Nanocomposite Ion Exchange Materials. 2012. pp. 35–72. doi:10.5772/51579
- 10 Ярославцев А.Б. Взаимосвязь свойств гибридных ионообменных мембран с размерами и природой частиц допанта // Российские нанотехнологии. 2012. Т. 7. № 9–10. с. 8–18.
- 11 Кравченко Т.А., Сакардина Е.А., Калинин А.И., Золотухина Е.В. Стабилизация поверхностно- и объемно-распределенных наночастиц меди в ионообменной матрице // Журн. физич. хим. 2015. Т. 89. № 9. С. 1436–1442. doi: 10.7868/S0044453715080178
- 12 Kang M.S. Electrochemical characteristics of ion-exchange membranes coated with iron hydroxide/oxide and silica sol. J. Colloid and Interface Science. 2003. V. 273. №. 2. P. 523–532.
- 13 Шельдешов Н.В., Заболоцкий В.И., Ганыч В.В. Влияние нерастворимых гидроксидов металлов на скорость реакции диссоциации воды на катионообменной мембране // Электрохимия. 1994. Т. 30. № 12. С. 1458–1461.
- 14 Мельников С.С., Шаповалова О.В., Шельдешов Н.В., Заболоцкий В.И. Влияние гидроксидов d-металлов на диссоциацию воды в биполярных мембранах // Мембраны и мембранные технологии. 2011. Т. 1. № 2. С. 149–156.
- 15 Шельдешов Н.В., Заболоцкий В.И., Алпатова Н.В. Влияние гидроксидов тяжелых металлов на диссоциацию воды в биполярной мембране // Политематический сетевой электронный научный журн. Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 114. С. 275–287.
- 16 Шельдешов Н.В., Заболоцкий В.И. Биполярные ионообменные мембраны. Получение. Свойства. Применение. В кн.: Мембраны и мембранные технологии. М.: Научный мир, 2013. 612 с.
- 17 Kozaderova O.A. Electrochemical characterization of an MB-2 bipolar membrane modified by nanosized chromium(III) hydroxide. Nanotechnologies in Russia. 2018. V. 13. №. 9–10. P. 508–515. doi:10.1134/S1995078018050075
- 18 Buruga K., Song H., Shang J., Bolan N. et al. A review on functional polymer-clay based nanocomposite membranes for treatment of water // J. Hazard. Mater. 2019. V. 379. P. 120584.
- 19 Capraru S., Ianchis R., Radu A. – L., Sarbu A. et al. Synthesis, characterization and efficiency of new organically modified montmorillonite polyethersulfone membranes for removal of zinc ions from wastewaters // Applied Clay Science. 2017. V. 137. №. 1. P. 135–142. doi:10.1016/j.clay.2016.12.013
- 20 Hosseini S.M., Seidyipoor A., Nemati M., Madaeni S.S. et al. Mixed matrix heterogeneous cation exchange membrane filled with clay nanoparticles: membranes' fabrication and characterization in desalination process // Journal of Water Reuse and Desalination. 2016. V. 6. P. 290–300. doi:10.2166/wrd.2015.064
- 21 Radmanesh F., Rijnaarts T., Moheb A., Sadeghi M. et al. Enhanced selectivity and performance of heterogeneous cation exchange membranes through addition of sulfonated and protonated. Montmorillonite // Journal of Colloid and Interface Science. 2019. V. 553. №. 1. P. 658–670. doi:10.1016/j.jcis.2018.08.100
- 22 Peng F., Peng Sh. Huang Ch, Xu T. Modifying bipolar membranes with palygorskite and FeCl₃ // Journal of Membrane Science. 2008. V. 322. P. 122–127 doi: 10.1016/j.memsci.2008.05.027
- 23 Белоусов П.Е., Покидько Б.В., Закусин С.В., Крупская В.В. Количественные методы определения содержания монтмориллонита в бентонитовых глинах // Георесурсы. 2020. Т. 22. № 3. С. 38–47. doi:10.18599/grs.2020.3.38–47
- 24 Боева Н.М., Бочарникова Ю.И., Наседкин В.В. и др. Термический анализ – экспресс-метод оценки качественных и количественных характеристик природных и синтезированных органоглин // Российские нанотехнологии. 2013. Т. 8. № 3–4. С. 54–57.
- 25 Наседкин В.В., Демиденко К.В., Боева Н.М. и др. Органоглины. Производство и основные направления использования // Актуальные инновационные исследования: наука и практика. 2012. Т. 3. С. 1–19.
- 26 Березина Н.П., Кононенко Н.А., Дворкина Г.А., Шельдешов Н.В. Физико-химические свойства ионообменных материалов. Краснодар: Изд-во Кубан. гос. унта, 1999. 82с
- 27 Zabolotskii V., Sheldeshov N., Melnikov S. Effect of cation-exchange layer thickness on electrochemical and transport characteristics of bipolar membranes // J. Appl. Electrochem. 2013. V. 43. №. 11. P. 1117–1129. doi:10.1007/s10800-013-0560-3
- 28 Свойства мембран. URL: <http://www.ralex.eu/Membrany/Uvod.aspx>
- 29 Pat. № 5, US. Bipolar membrane and method for its production / Hanada F., Hirayama K., Ohmura N., Tanaka S. 1993.
- 30 Fu R.Q., Xu T.W., Cheng Y.Y., Yang W.H. et al. Fundamental studies on the intermediate layer of a bipolar membrane. III. Effect of starburst dendrimer (PAMAM) on water dissociation at the interface of a bipolar membrane // J. Membr. Sci. 2004. V. 240. №. 1. P. 141–147.
- 31 Kang M.S., Choi Y.J., Lee H.J., Moon S.H. Effects of inorganic substances on water splitting in ion-exchange membranes. I. Electrochemical characteristics of ion exchange membranes coated with iron hydroxide/oxide and silica sol // J. Colloid Interface Sci. 2004. V. 273. №. 2. P. 523–532. doi:10.1016/j.jcis.2004.01.050

References

- 1 Product Catalog. Available at: <http://azotom.ru/bipolyarnye-membrany/>
- 2 Fathizadeh M., Aroujalian A., Raisi A. Effect of added NaXnano-zeolite into polyamide as a top thin layer of membrane on water flux and salt rejection in a reverse osmosis process. J. Memb. Sci. 2011. no. 375. pp. 88–95.
- 3 Hosseini S.M., Madaeni S.S., Zendehnam A., Moghadassi A.R. et al. Preparation and characterization of PVC based heterogeneous ion exchange membrane coated with Ag nanoparticles by (thermal-plasma) treatment assisted surface modification. J. Ind. Eng. Chem. 2013. vol. 19. no. 3. pp. 854–862. doi:10.1016/j.jiec.2012.10.031

- 4 Zendehtnam A., Arabzadegan M., Hosseini S.M., Robatmili N. et al. Fabrication and modification of polyvinylchloride based heterogeneous cation exchange membranes by simultaneous using Fe-Ni oxide nanoparticles and Ag nanolayer: physico-chemical and antibacterial characteristics. *Korean J. Chem. Eng.* 2013. vol. 30. no. 6. pp. 1265–1271. doi:10.1007/s11581-019-03137-8
- 5 Zarrinkhameh M., Zendehtnam A., Hosseini S.M. Preparation and characterization of nanocomposite heterogeneous cation exchange membranes modified by silver nanoparticles. *Korean J. Chem. Eng.* 2014. vol. 31. no. 7. pp. 1187–1193. doi:10.1007/s11814-014-0051-1
- 6 Huang M., Shen Y., Cheng W. et al. Nanocomposite films containing Au nanoparticles formed by electrochemical reduction of metal ions in the multilayer films as electrocatalyst for dioxygen reduction. *Analytica Chimica Acta*. 2005. vol. 535. no. 1. pp. 15–22.
- 7 Camargo P.H.C., Satyanarayana K.G., Wypych F. Nanocomposites: synthesis, structure, properties and new application opportunities. *Mater. Res.* 2009. vol. 12. no. 1. pp. 1–39.
- 8 Yaroslavl'tsev A.B., Nikonenko V.V., Zabolotskiy V.I. Ionic transfer in membrane and ion-exchange materials. *Chemistry advances*. 2003. vol. 72. no. 5. pp. 438–470. doi:10.1070/RC2003v072n05ABEH000797 (in Russian).
- 9 Domènech B., Bastos – Arrieta J., Alonso A., Macanás J. et al. Bifunctional Polymer-Metal Nanocomposite Ion Exchange Materials. In book: *Ion Exchange Technologies. Chapter: Bifunctional Polymer-Metal Nanocomposite Ion Exchange Materials*. 2012. pp. 35–72. doi:10.5772/51579
- 10 Yaroslavl'tse A.B. Relationship between the properties of hybrid ion-exchange membranes and the size and nature of the dopant particles. *Russian Nanotechnologies*. 2012. vol. 7. no. 9–10. pp. 8–18 (in Russian).
- 11 Kravchenko T.A., Sakardina E.A., Kalinichev A.I., Zolotukhina E.V. Stabilization of surface – and volume-distributed copper nanoparticles in an ion-exchange matrix. *Journal of physical chemistry*. 2015. vol. 89. no. 9. pp. 1436–1442. doi: 10.7868/S0044453715080178 (in Russian).
- 12 Kang M.S. Electrochemical characteristics of ion-exchange membranes coated with iron hydroxide/oxide and silica sol. *J. Colloid and Interface Science*. 2003. vol. 273. no. 2. pp. 523–532.
- 13 Sheldeshov N.V., Zabolotskiy V.I., Ganych V.V. Influence of insoluble metal hydroxides on the rate of water dissociation reaction on a cation-exchange membrane. *Electrochemistry*. 1994. vol. 30. no. 12. pp. 1458–1461 (in Russian).
- 14 Melnikov S.S., Shapovalova O.V., Sheldeshov N.V., Zabolotskiy V.I. Influence of d-metal hydroxides on the dissociation of water in bipolar membranes. *Membranes and membrane technologies*. 2011. vol. 1. no. 2. pp. 149–156 (in Russian)
- 15 Sheldeshov N.V., Zabolotskiy V.I., Alpatova N.V. Effect of heavy metal hydroxides on the dissociation of water in a bipolar membrane. *Polythematic network electronic scientific journal. Kuban State Agrarian University*. 2015. no. 114. pp. 275–287 (in Russian).
- 16 Sheldeshov N.V., Zabolotskiy V.I. Bipolar ion-exchange membranes. Receiving. Properties. Application. In the book: *Membranes and membrane technologies*. M.: Scientific world. 2013. 612 p. (in Russian).
- 17 Kozaderova O.A. Electrochemical characterization of an MB-2 bipolar membrane modified by nanosized chromium(III) hydroxide. *Nanotechnologies in Russia*. 2018. vol. 13. no. 9–10. pp. 508–515. doi:10.1134/S1995078018050075
- 18 Buruga K., Song H., Shang J., Bolan N. et al. A review on functional polymer-clay based nanocomposite membranes for treatment of water. *J. Hazard. Mater.* 2019. vol. 379. pp. 120584.
- 19 Caprarescu S., Ianchis R., Radu A.–L., Sarbu A. et al. Synthesis, characterization and efficiency of new organically modified montmorillonite polyethersulfone membranes for removal of zinc ions from wastewaters. *Applied Clay Science*. 2017. vol. 137. no. 1. pp. 135–142. doi:10.1016/j.clay.2016.12.013
- 20 Hosseini S.M., Seidypoor A., Nemati M., Madaeni S.S. et al. Mixed matrix heterogeneous cation exchange membrane filled with clay nanoparticles: membranes' fabrication and characterization in desalination process. *Journal of Water Reuse and Desalination*. 2016. vol. 6. pp. 290–300. doi:10.2166/wrd.2015.064
- 21 Radmanesh F., Rijnaarts T., Moheb A., Sadeghi M. et al. Enhanced selectivity and performance of heterogeneous cation exchange membranes through addition of sulfonated and protonated. Montmorillonite. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2019. vol. 553. no. 1. pp. 658–670. doi:10.1016/j.jcis.2018.08.100
- 22 Peng F., Peng Sh. Huang Ch, Xu T. Modifying bipolar membranes with palygorskite and FeCl₃. *Journal of Membrane Science*. 2008. vol. 322. pp. 122–127. doi: 10.1016/j.memsci.2008.05.027
- 23 Belousov P.E., Pokidko B.V., Zakusin S.V., Krupskaya V.V. Quantitative methods for determining the content of montmorillonite in bentonite clays. *Georesources*. 2020. vol. 22. no. 3. pp. 38–47. doi: 10.185. doi:10.18599/grs.2020.3.38–47 (in Russian)
- 24 Boeva N.M., Bocharnikova Yu.I., Nasedkin V.V. et al. Thermal analysis – an express method for assessing the qualitative and quantitative characteristics of natural and synthesized organoclays. *Russian nanotechnologies*. 2013. vol. 8. no. 3–4. pp. 54–57. (in Russian).
- 25 Nasedkin V.V., Demidenok K.V., Boeva N.M. and other Organoclays. Production and main directions of use. *Actual innovative research: science and practice*. 2012. vol. 3. pp. 1–19. (in Russian).
- 26 Berezina N.P., Kononenko N.A., Dvorkina G.A., Sheldeshov N.V. Physicochemical properties of ion-exchange materials. Krasnodar, Publishing house Kuban. state un., 1999. 82 p. (in Russian).
- 27 Zabolotskiy V., Sheldeshov N., Melnikov S. Effect of cation-exchange layer thickness on electrochemical and transport characteristics of bipolar membranes. *J. Appl. Electrochem.* 2013. vol. 43. no. 11. pp. 1117–1129. doi:10.1007/s10800-013-0560-3
- 28 Membrane properties. Available at: <http://www.ralex.eu/Membrany/Uvod.aspx>
- 29 Hanada F., Hirayama K., Ohmura N., Tanaka S. Bipolar membrane and method for its production. Patent US, no. 5, 1993.

30 Fu R.Q., Xu T.W., Cheng Y.Y., Yang W.H. et al. Fundamental studies on the intermediate layer of a bipolar membrane. III. Effect of starburst dendrimer (PAMAM) on water dissociation at the interface of a bipolar membrane // J. Membr. Sci. 2004. vol. 240. no. 1. pp. 141–147.

31 Kang M.S., Choi Y.J., Lee H.J., Moon S.H. Effects of inorganic substances on water splitting in ion-exchange membranes. I. Electrochemical characteristics of ion exchange membranes coated with iron hydroxide/oxide and silica sol // J. Colloid Interface Sci. 2004. vol. 273. no. 2. pp. 523–532. doi:10.1016/j.jcis.2004.01.050

Сведения об авторах

Сабухи И. Нифталиев д.х.н., профессор, кафедра неорганической химии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, sabukhi@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-7887-3061>

Ольга А. Козадерова д.х.н., профессор, кафедра неорганической химии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kozaderova-olga@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8135-5801>

Ксения Б. Ким к.х.н., доцент, кафедра неорганической химии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kmkseniya@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5564-8267>

Петр Е. Белоусов к.г.-м. н., с.н.с., лаборатория геологии рудных месторождений, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, пер. Старомонетный, 35, г. Москва, 119017, Россия, pitbl@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2657-5828>

Анна В. Тимкова аспирант, кафедра неорганической химии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, timkova.anna@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0630-2993>

Иван А. Головков студент, кафедра неорганической химии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, vanya.golovkov.01@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-1541-4930>

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

Sabukhi I. Niftaliev Dr. Sci. (Chem.), professor, inorganic chemistry and chemical technology department, Voronezh State University Engineering Technologies, av. Revolution, 19, Voronezh, 394036, Russia, sabukhi@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-7887-3061>

Olga A. Kozaderova Dr. Sci. (Chem.), professor, inorganic chemistry and chemical technology department, Voronezh State University Engineering Technologies, av. Revolution, 19, Voronezh, 394036, Russia, kozaderova-olga@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8135-5801>

Kseniya B. Kim Cand. Sci. (Chem.), associate professor, inorganic chemistry and chemical technology department, Voronezh State University Engineering Technologies, av. Revolution, 19, Voronezh, 394036, Russia, kmkseniya@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5564-8267>

Peter E. Belousov Cand. Sci. (Geol.-Min.), laboratory of geology of ore deposits, Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry RAS, per. Staromonetny, 35, Moscow, 119017, Russia, pitbl@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2657-5828>

Anna V. Timkova graduate student, inorganic chemistry and chemical technology department, Voronezh State University Engineering Technologies, av. Revolution, 19, Voronezh, 394036, Russia, timkova.anna@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0630-2993>

Ivan A. Golovkov student, inorganic chemistry and chemical technology department, Voronezh State University Engineering Technologies, av. Revolution, 19, Voronezh, 394036, Russia, vanya.golovkov.01@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-1541-4930>

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 12/07/2021	После редакции 03/08/2021	Принята в печать 24/08/2021
Received 12/07/2021	Accepted in revised 03/08/2021	Accepted 24/08/2021

Экономика и управление

Economics and Management

DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-3-226-232>

Оригинальная статья / Research article

УДК 338

Open Access

Available online at vestnik-vsuet.ru

Экономико-математическая модель решения логистических задач бизнес-процессов в технологических системах

Людмила А. Коробова	¹	lyudmila_korobova@mail.ru	 0000-0003-1349-732X
Елена Н. Ковалева	¹	kovaleva.lena@gmail.com	 0000-0002-8558-4724
Екатерина А. Саввина	¹	katennok2207@yandex.ru	 0000-0002-0728-8313
Татьяна В. Гладких	¹	gtv1311@mail.ru	 0000-0002-1935-8753
Ирина С. Толстова	¹	irin2102ka@mail.ru	 0000-0002-2804-3067
Оксана О. Лукина	¹	oks.lukina@gmail.com	 0000-0003-2658-1512

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

Аннотация. Логистика для большинства предприятий на микроуровне весьма востребована и актуальна, так как оптимальный подход и принципы позволяют значительно снизить издержки, связанные с управлением самых разнообразных потоков: материальных ресурсов, денежных средств, информации, транспорта, энергии и многого другого, а также более эффективно и упорядоченно планировать, организовывать потоковые процессы. В этой связи в статье рассматривается актуальная задача разработки модели планирования маршрутов, позволяющей устанавливать информацию о движении груза с определением кратчайшего пути. В статье авторами предложена комплексная оптимизационная экономико-математическая модель, позволяющая определить оптимального поставщика для каждого потребителя конкретного вида готовой продукции с наименьшими транспортными расходами для предприятия-производителя продукции. Применение экономико-математического моделирования позволяет решить задачу планирования маршрутов, чтобы собирать информацию о движении груза в онлайн-режиме, составлять расписание рейсов, легко создавать отчеты и документы для логистики предприятия. Благодаря автоматическому учету этих и других параметров построенные маршруты будут оптимальными. По опыту наших предприятий-партнеров, это экономит до 20% транспортных расходов. Подсистема управления логистикой распределяет работу таким образом, чтобы исполнители прибывали в места назначения в удобных для получателя окнах доставки. Система распределяет работу и рассчитывает время прибытия с учетом множества факторов: требований к транспортному средству и его типу, информации об исторических пробках, особенностях и условиях работы каждого водителя. Подсистема «Управление логистикой» в режиме реального времени отслеживает процесс доставки и при появлении нового заказа анализирует текущее местонахождение и загруженность персонала. На основе этой информации система предлагает наиболее подходящего подрядчика и вносит изменения в маршрут движения.

Ключевые слова: экономико-математическое моделирование, продукция, поставщик, потребитель, транспортировка, затраты предприятия, кластерный анализ, кластер, транспортная задача, логистика предприятий, задача оптимизации

Economic and mathematical model for solving logistics problems of business processes in technological systems

Lyudmila A. Korobova	¹	lyudmila_korobova@mail.ru	 0000-0003-1349-732X
Elena N. Kovaleva	¹	kovaleva.lena@gmail.com	 0000-0002-8558-4724
Ekaterina A. Savvina	¹	katennok2207@yandex.ru	 0000-0002-0728-8313
Tatyana V. Gladkikh	¹	gtv1311@mail.ru	 0000-0002-1935-8753
Irina S. Tolstova	¹	irin2102ka@mail.ru	 0000-0002-2804-3067
Oksana O. Lukina	¹	oks.lukina@gmail.com	 0000-0003-2658-1512

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

Abstract. Logistics for most enterprises at the micro level is highly demanded and relevant, since the optimal approach and principles can significantly reduce the costs associated with managing a wide variety of flows: material resources, money, information, transport, energy and much more, as well as more efficiently and orderly plan, organize streaming processes. In this regard, the article discusses the urgent task of developing a route planning model that allows you to establish information about the movement of cargo with the definition of the shortest path. In the article, the authors propose a comprehensive optimization economic and mathematical model that allows you to determine the optimal supplier for each consumer of a specific type of finished product with the lowest transportation costs for the manufacturing enterprise. The use of economic and mathematical modeling allows you to solve the problem of route planning in order to collect information about the movement of cargo online, draw up a flight schedule, and easily create reports and documents for enterprise logistics. Thanks to automatic accounting of these and other parameters, the constructed routes will be optimal. According to the experience of our partner companies, this saves up to 20% of transport costs. The logistics management subsystem distributes work in such a way that performers arrive at their destinations in delivery windows convenient for the recipient. The system distributes work and calculates the arrival time taking into account many factors: requirements for the vehicle and its type, information about historical traffic jams, the characteristics and working conditions of each driver. The "Logistics Management" subsystem monitors the delivery process in real time and, when a new order appears, analyzes the current location and workload of personnel. Based on this information, the system proposes the most suitable contractor and makes changes to the route.

Keywords: economic and mathematical modeling, products, supplier, consumer, transportation, enterprise costs, cluster analysis, cluster, transport problem, enterprise logistics, optimization problem

Для цитирования

Коробова Л.А., Ковалева Е.Н., Саввина Е.А., Гладких Т.В., Толстова И.С., Лукина О.О. Экономико-математическая модель решения логистических задач бизнес-процессов в технологических системах // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 226–232. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-226-232

For citation

Korobova L.A., Kovaleva E.N., Savvina E.A., Gladkikh T.V., Tolstova I.S., Lukina O.O. Economic and mathematical model for solving logistics problems of business processes in technological systems. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 226–232. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-226-232

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

Введение

Большинство предприятий объективно расставляют приоритеты в маркетинге, и продажи находятся на переднем крае бизнеса, однако логистические потери часто приводят к финансовым потерям. Таким образом, своевременное наведение порядка в логистических подразделениях позволяет организовать точность учета, тем самым повысить приоритет предприятия на рынке поставщиков и покупателей [1, 2].

Основными стратегическими задачами логистики являются: оптимизация логистических затрат; оптимизация маршрута движения автомобиля; сокращение времени обработки заказа; количества сотрудников, работающих в отделе логистики; повышение подотчетности и проведение мониторинга текущих показателей; повышение качества услуг [3, 4].

Большинство специалистов по логистике на вопрос о том, можно ли в программном обеспечении предприятия внедрить систему автоматизированного контроля за эффективным использованием транспортных средств, отвечают утвердительно, поскольку без программного обеспечения при планировании движения даже одной машины количество ошибок и просчетов будет уменьшать выгоду от объема экспортируемых товаров [5, 6].

Предприятия с филиалами, разделенными географически, должны четко и правильно выстраивать маршруты движения транспортных средств. Необходимость быстрой и своевременной доставки сырья (от поставщиков и с собственных складов и перемещения между ними) приводит к повышению качества и скорости производства (товаров), а также привлекательности организации в глазах клиентов и, в конечном итоге, увеличению прибыли. В связи с этим промышленные предприятия сталкиваются с необходимостью повышения качества и скорости работы собственной службы доставки или логистических служб. В обязанности логистики входит расчет оптимального пути, минимизация затрат на доставку, заключение договоров с поставщиками и покупателями, что требует больших временных затрат. Отсюда необходимость решения транспортной проблемы, логистической проблемы для ведения бизнес-процессов при внедрении интегрированных экономических и управленческих систем [7].

Материалы и методы

Транспортная задача относится к классу задач линейного программирования и поэтому обладает всеми качествами задач линейной

оптимизации, но в то же время имеет несколько дополнительных полезных свойств, которые позволили разработать специальные методы ее решения [8, 9].

Математическая модель транспортной задачи выглядит следующим образом:

$$Z(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min.$$

Математическое описание полной инвентаризации поставщиков транспортных услуг представляет собой систему равенств:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad i = 1, \dots, m.$$

Математическое описание удовлетворения запросов потребителей выражается соотношением:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = 1, \dots, n$$

Условие неотрицательности всех переменных задачи имеет вид:

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n.$$

Далее необходимо добавить математическое описание общей инвентаризации поставщиков и потребителей с указанием типов задачи. Если происходит равенство, то у нас тип задачи с правильным балансом, и модель закрыта, если не соблюдается, то модель имеет вид:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j.$$

Этапы решения транспортных задач методом потенциалов показаны на рисунке 1.

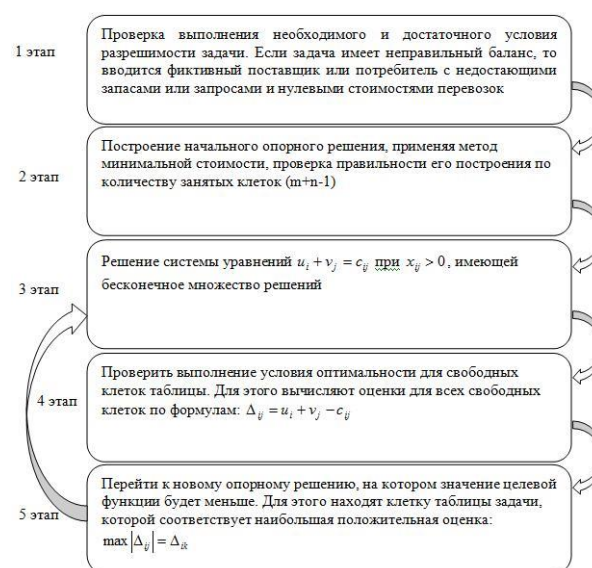


Рисунок 1. Этапы решения транспортных задач методом потенциалов

Figure 1. Stages of solving transport problems by the method of potentials

Для решения транспортной задачи мы решили отойти от классических методов ее решения из-за огромного количества параметров, которые необходимо учитывать при решении задачи и обратились к методам кластерного анализа, позволяющим выявить наиболее значимые факторы, определяющие движение транспортных средств и упрощающие постановку транспортной задачи [10, 11].

Кластерный анализ – это многомерная статистическая процедура, которая выполняет сбор данных, содержащих информацию о выборке объектов, а затем «собирает» объекты в относительно однородные группы. Алгоритм k-средних работает итеративно, чтобы назначить каждую точку данных одной из k групп. Точки данных группируются на основе сходства объектов [12, 13]. Результаты кластеризации алгоритма k-средних получаются из алгоритма:

- необходимо получить центроиды k кластеров, которые можно использовать для маркировки новых данных;
- получить метки для обучающих данных.

Перед проведением процедуры анализа данных, их кластеризация позволяет найти и проанализировать правильно сформированные группы объектов. Каждый центроид кластера – это набор объектов, которые определяют результат группы. Изучение весов центроидов может быть использовано для качественной интерпретации того, что группа представляет единый кластер.

Алгоритм кластеризации k-means включает:

- общие бизнес-кейсы, в которых мы используем k-means;
- шаги, связанные с выполнением алгоритма;
- использование данных для доставки.

Алгоритм кластеризации используется для поиска групп, которые не были явно отмечены в данных. Это можно использовать для подтверждения бизнес-предположений о том, какие типы данных существуют, или для идентификации неизвестных групп в сложных наборах данных [14-16]. После запуска алгоритма и определения групп данных любые новые данные можно легко перевести в нужную группу.

Это универсальный алгоритм, который можно использовать для группировки данных любого типа, как показано на рисунке 2.

Кроме того, этот алгоритм поддерживает возможность мониторинга, если отслеживаемые точки данных меняются между группами с течением времени, а также может использоваться для обнаружения значительных изменений в наборе данных [17-19].

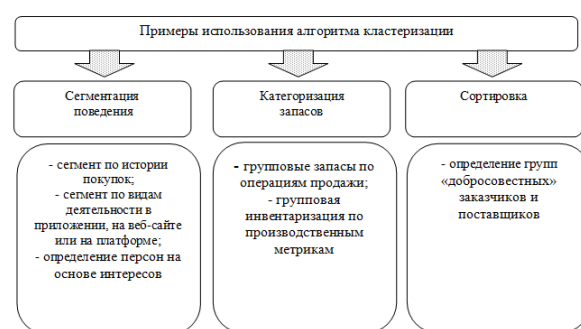


Рисунок 2. Примеры использования алгоритма кластеризации k-средних

Figure 2. Examples of using the k-means clustering algorithm

Результаты

В алгоритме кластеризации k-средних мы использовали итеративное уточнение для получения окончательного результата. Для кластеризации входными данными были: количество кластеров k и набор данных. Набор данных состоял из набора объектов для каждой точки данных. Алгоритм начинается с начальных оценок k центроидов, которые случайным образом выбираются из набора данных. Затем алгоритм был разбит на два шага, показанных на рисунке 3.

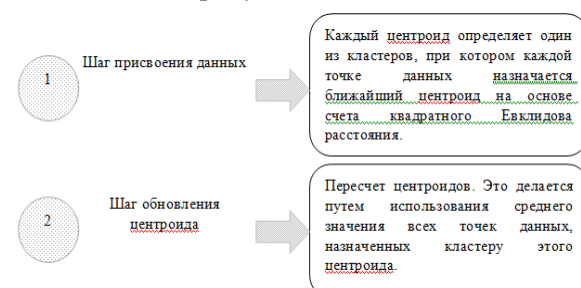


Рисунок 3. Алгоритм кластерного анализа методом k-средних

Figure 3. Algorithm for k-means cluster analysis

Алгоритм повторяется между шагами один и два до тех пор, пока не будет остановлен. Критерий остановки: никакие точки данных не изменяют кластеры, сумма расстояний сведена к минимуму, или не будет достигнуто некоторое максимальное количество итераций.

Гарантированная сходимость этого алгоритма приводит к результату, необходимому при ведении технологических процессов. Результатом может быть локальный оптимум (т.е. не обязательно наилучший возможный результат), что означает, что оценка более чем одного прогона алгоритма с рандомизированными начальными центроидами может дать лучший результат.

Одним из показателей, который мы использовали для сравнения результатов для различных значений k - средних, было расстояние между точками данных и их центроидами кластера.

Рассмотрим эволюцию решений транспортной задачи и проследим ее движение от простого к сложному. Уже с появлением двух поставщиков, находящихся в разных уголках страны, возникнут первые трудности в решении транспортной проблемы. Необходим расчет и сравнение нескольких вариантов предотвращения ненужной перевозки на дальние расстояния, выполняемый с использованием экономико-математического моделирования и компьютерных технологий.

Для формирования маршрутного листа требуется построить маршрут движения автомобиля. В свою очередь, для построения маршрута необходимо проверить грузоподъемность доставляемых товаров в имеющихся транспортных средствах. Если товар не помещается в автомобиле, необходимо разделить существующие точки доставки на группы или кластеры. Каждый кластер элементов имеет общую характеристику, а именно близость расстояния по отношению друг к другу. Для кластеризации используется механизм k -средних, встроенный в технологическую платформу «1С: Предприятие 8.3» [20].

После проведения кластеризации на выходе формируются два кластера, из которых выбирается тот, у которого общий вес доставляемых товаров минимален. После выбора кластера вводятся весогабаритные параметры доставляемых товаров и выполняется итерация по имеющимся транспортным средствам в случае заполнения всех имеющихся товаров. Далее точку доставки из выбранного кластера нужно выстроить в том порядке, в котором будет осуществляться доставка товара. Для этого воспользуйтесь математическим методом до ближайшего соседа. От точки расположения склада производится поиск ближайшего кластера к конечным точкам. Если масса или габариты поставляемого товара превышают грузоподъемность транспортного средства, баллы добавляются в список до тех пор, пока стоимость товара не превышает заложенные в алгоритм параметры. При добавлении баллов в переменные записывается сумма масс доставленных товаров и их габариты. После формирования отгрузочной ведомости формируется маршрутная квитанция, в которую заносится информация о доставленном товаре, его количестве и адресе доставки.

Алгоритм использования метода кластеризации представлен на рисунке 4.

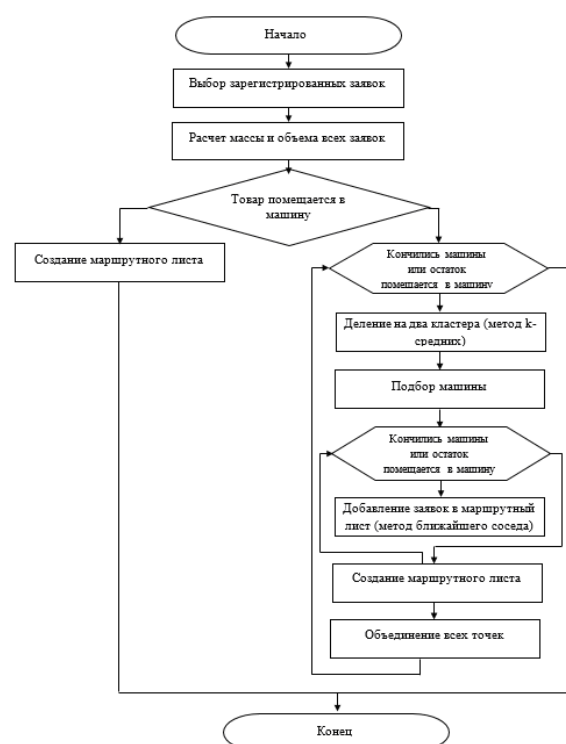


Рисунок 4. Алгоритм процесса заполнения заявки на доставку с помощью кластерного анализа

Figure 4. Algorithm of the process of filling out a delivery request using cluster analysis

Заключение

С внедрением автоматизированной системы управления транспортировкой грузов при проведении бизнес-процессов в организациях появится возможность в любой момент получать актуальную картину выполнения заказов клиентов, позволит логистам оптимально управлять доставкой грузов на предприятия. Функциональные возможности автоматизированной системы управления логистическими процессами показаны на рисунке 5.

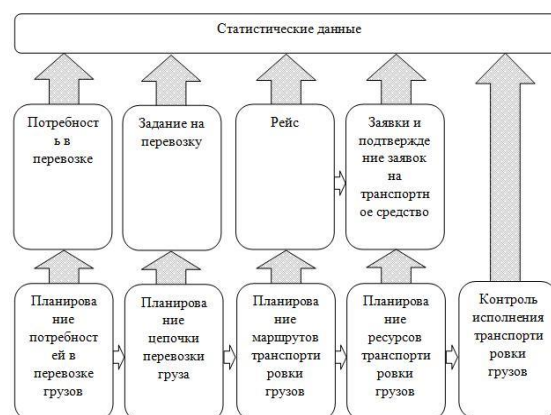


Рисунок 5. Функциональные возможности автоматизированной системы управления логистикой

Figure 5. Functionality of the automated logistics management system

Информационный поток напрямую контролирует как финансовый поток, так и физическое движение товаров. Информация является неотъемлемым и решающим фактором эффективности управления логистикой, а задачи повышения прозрачности логистической деятельности, ее гибкости и эффективности становятся приоритетными для бизнеса.

Бизнес-возможности по внедрению интегрированных информационных и управленческих систем представлены на рисунке 6.

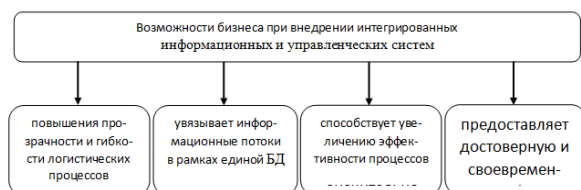


Рисунок 6. Возможности бизнеса при внедрении интегрированных информационных и управленческих систем

Figure 6. Business opportunities in the implementation of integrated information and management systems

Таким образом, метод кластеризации может быть использован для решения транспортной задачи. Построение реальных маршрутов и сравнение их с запланированными закрывает целый ряд проблем. Это дает руководителю гарантию добросовестности персонала и дает возможность корректировать коэффициенты и начальные условия, заданные программой для расчета. Если у руководителя среднее время погрузки и разгрузки товаров больше, чем ожидалось, или некоторые дороги, включенные в маршрут, закрыты, то их нужно исключить из маршрутов. В результате у нас есть удобный

мониторинг работы в транспортной логистике предприятия за счет возможности сравнения запланированного маршрута и фактических данных. Руководитель видит фактический маршрут и пробег автомобиля. Информация о опозданиях и отклонениях от маршрута отображается на карте.

Ведение стабильных и понятных бизнес-процессов компанией, предоставление актуальных данных о состоянии заказов и загруженности ресурсов, восстановление порядка в документах, а также оптимизация взаимодействия между отделами – осязаемое повышение эффективности логистики предприятия.

Благодаря автоматическому учету этих и других параметров построенные маршруты будут оптимальными. По опыту наших предприятий-партнеров, это экономит до 20% транспортных расходов.

Подсистема управления логистикой распределяет работу таким образом, чтобы исполнители прибывали в места назначения в удобных для получателя окна доставки. Система распределяет работу и рассчитывает время прибытия с учетом множества факторов: требований к транспортному средству и его типу, информации об исторических пробках, особенностях и условиях работы каждого водителя.

Подсистема «Управление логистикой» в режиме реального времени отслеживает процесс доставки и при появлении нового заказа анализирует текущее местонахождение и загруженность персонала. На основе этой информации система предлагает наиболее подходящего подрядчика и вносит изменения в маршрут движения.

Литература

- 1 Шохнех А.В. Математические методы оценки экономической безопасности хозяйствующих субъектов // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2012. № 6 (42).
- 2 Краев В.Н. Методы принятия управленческих решений // Управление, подбор персонала. 2014. С. 67.
- 3 Якимов М. Концепция транспортного планирования и организации движения в крупных городах. 2017.
- 4 Бестембек Е.С., Секербаева А.Ф. Задачи исследования и разработки многофакторной модели транспортно-складских решений // Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения. 2016. С. 156.
- 5 Бестембек Е.С., Секербаева А.Ф. Разработка алгоритма решения многофакторной модель транспортной и складской задач при механизации строительных работ // Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации. 2015. С.196.
- 6 Бестембек Е.С., Секербаева А. Ф., Рамазан Б. А. Анализ существующих методов решения транспортной и складской задач // Молодой ученый. 2016. № 27. С. 506-509.
- 7 Bukharin S.V., Melnikov A.V., Chernyaeva S.N., Korobova L.A. The method of immersion the problem of comparing technical objects in an expert shell in the class of artificial intelligence algorithms // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering International Conference on Materials. 2017. P. 012208.
- 8 Grant R.M. Contemporary strategy analysis. Oxford: Blackwell Publishing, 2002. 551 p.
- 9 Ireland R., Hitt M. Achieving and maintaining strategic competitiveness in the 21st century: The role of strategic leadership // Academy of Management Executive. 2005. № 4 (19). P. 63-77.
- 10 Snowdon B., Stonehouse G. Competitiveness in globalized world: Michael Porter on the Microeconomic Foundations of the Competitiveness of Nations, Regions and Firms // Journal of International Business Studies. 2006. № 2 (37). P. 163-175.

- 11 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. № 195. P. 687–702.
- 12 Collings D.G., Mellahi K., Cascio W.F. Global talent management and performance in multinational enterprises: A multilevel perspective // Journal of Management. 2019. № 45 (2). P. 540–566.
- 13 Hilorme T., Chorna M., Karpenko L., Milyavskiy M. et al. Innovative model of enterprises personnel incentives evaluation // Academy of Strategic Management Journal. 2018. № 17 (3). P. 1–6.
- 14 Тихомиров С.Г., Авцинов И.А., Туровский Я.А., Суровцев А.С. и др. Программно-аппаратный комплекс для управления биотехнологическими системами с использованием интеллектуальных информационных технологий // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2019. № 3. С. 158-165.
- 15 Информационные технологии и вычислительные системы: Обработка информации и анализ данных. Программная инженерия. Математическое моделирование. Прикладные аспекты информатики; под редакцией. С.В. Емельянова. М.: Ленанд, 2015. 104 с.
- 16 Остроух А.В., Николаев А.Б. Интеллектуальные информационные системы и технологии. СПб.: Лань, 2019. 308 с.
- 17 Тельнова Ю.Ф. Информационные системы и технологии. М.: Юнити, 2017. 544 с.
- 18 Drosou M., Jagadish H.V., Pitoura E., Stoyanovich J. Diversity in big data: A review // Big data. 2017. V. 5. №. 2. P. 73-84. doi: 10.1089/big.2016.0054
- 19 Montali M., Rivkin A. Model checking Petri nets with names using data-centric dynamic systems // Formal Aspects of Computing. 2016. V. 28. №. 4. P. 615-641. doi: 10.1007/s00165-016-0370-6
- 20 Гончаров Д.И. Конфигурирование в системе «1С: Предприятие 8». Основные объекты. ООО «1С: Паблишинг», 2009. 147 с.

References

- 1 Shokhnekh A.V. Mathematical methods for assessing the economic security of business entities. Management of economic systems: electronic scientific journal. 2012. no. 6 (42). (in Russian).
- 2 Kraev V.N. Methods for making managerial decisions. Management, personnel selection. 2014. pp. 67. (in Russian).
- 3 Yakimov M. The concept of transport planning and traffic management in large cities. 2017. (in Russian).
- 4 Bestembek E.S., Sekerbaeva A.F. Problems of research and development of a multifactor model of transport and warehouse solutions. Actual problems of transport and energy: ways of their innovative solution. 2016. pp. 156. (in Russian).
- 5 Bestembek E.S., Sekerbaeva A.F. Development of an algorithm for solving a multifactor model of transport and warehouse tasks in the mechanization of construction work. Integration of science, education and production - the basis for the implementation of the Plan of the Nation. 2015. pp. 196. (in Russian).
- 6 Bestembek E.S., Sekerbaeva A.F., Ramazan B.A. Analysis of existing methods for solving transport and warehouse problems. Young Scientist. 2016. no. 27. pp. 506-509. (in Russian).
- 7 Bukharin S.V., Melnikov A.V., Chernyaeva S.N., Korobova L.A. The method of immersion the problem of comparing technical objects in an expert shell in the class of artificial intelligence algorithms. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering International Conference on Materials. 2017. pp. 012208.
- 8 Grant R.M. Contemporary strategy analysis. Oxford: Blackwell Publishing, 2002. 551 p.
- 9 Ireland R., Hitt M. Achieving and maintaining strategic competitiveness in the 21st century: The role of strategic leadership. Academy of Management Executive. 2005. no. 4 (19). pp. 63-77.
- 10 Snowdon B., Stonehouse G. Competitiveness in globalized world: Michael Porter on the Microeconomic Foundations of the Competitiveness of Nations, Regions and Firms. Journal of International Business Studies. 2006. no. 2 (37). pp. 163-175.
- 11 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. no. 195. pp. 687–702.
- 12 Collings D.G., Mellahi K., Cascio W.F. Global talent management and performance in multinational enterprises: A multilevel perspective. Journal of Management. 2019. no. 45 (2). pp. 540–566.
- 13 Hilorme T., Chorna M., Karpenko L., Milyavskiy M. et al. Innovative model of enterprises personnel incentives evaluation. Academy of Strategic Management Journal. 2018. no. 17 (3). pp. 1–6.
- 14 Tikhomirov S.G., Avtsinov I.A., Turovsky Ya.A., Surovtsev A.S. et al. Hardware and software complex for managing biotechnological systems using intelligent information technologies. Bulletin of the Voronezh State University. Series: System Analysis and Information Technology. 2019. no. 3. pp. 158-165. (in Russian).
- 15 Information technology and computing systems: Information processing and data analysis. Software engineering. Math modeling. Applied Aspects of Informatics; edited by. S.V. Emelyanov. Moscow, Lenand, 2015. 104 p. (in Russian).
- 16 Ostroukh A.V., Nikolaev A.B. Intelligent information systems and technologies. Saint Petersburg, Lan', 2019. 308 p. (in Russian).
- 17 Telnova Yu.F. Information systems and technologies. Moscow, Unity, 2017. 544 p. (in Russian).
- 18 Drosou M., Jagadish H.V., Pitoura E., Stoyanovich J. Diversity in big data: A review. Big data. 2017. vol. 5. no. 2. pp. 73-84. doi: 10.1089/big.2016.0054
- 19 Montali M., Rivkin A. Model checking Petri nets with names using data-centric dynamic systems. Formal Aspects of Computing. 2016. vol. 28. no. 4. pp. 615-641. doi: 10.1007/s00165-016-0370-6
- 20 Goncharov D.I. Configuration in the 1C: Enterprise 8 system. The main objects. 1C: Publishing LLC, 2009. 147 p. (in Russian).

Сведения об авторах

Людмила А. Коробова к.т.н., доцент, кафедра высшей математики и информационных технологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, lyudmila_korobova@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1349-732X>

Елена Н. Ковалева к.т.н., доцент, кафедра высшей математики и информационных технологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kovaleva.lena@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8558-4724>

Екатерина А. Саввина к.т.н., доцент, кафедра теории экономики и учетной политики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, katenok2207@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0728-8313>

Татьяна В. Гладких к.т.н., доцент, кафедра высшей математики и информационных технологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, gtv1311@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1935-8753>

Ирина С. Толстова старший преподаватель, кафедра высшей математики и информационных технологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, irin2102ka@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2804-3067>

Оксана О. Лукина к.э.н., доцент, кафедра теории экономики и учетной политики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, oks.lukina@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-2658-1512>

Вклад авторов

Людмила А. Коробова обзор литературных источников

Елена Н. Ковалева обзор литературных источников по исследуемой проблеме, выполнила расчёты и несет ответственность за плагиат

Екатерина А. Саввина консультация в ходе исследования

Татьяна В. Гладких написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию

Ирина С. Толстова корректировала рукопись до подачи в редакцию

Оксана О. Лукина корректировала рукопись до подачи в редакцию

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Lyudmila A. Korobova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, higher mathematics and information technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, lyudmila_korobova@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1349-732X>

Elena N. Kovaleva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, higher mathematics and information technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kovaleva.lena@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8558-4724>

Ekaterina A. Savvina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, theory of economics and accounting policies department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, katenok2207@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0728-8313>

Tatyana V. Gladkikh Cand. Sci. (Engin.), associate professor, higher mathematics and information technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, gtv1311@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1935-8753>

Irina S. Tolstova lecturer, higher mathematics and information technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, irin2102ka@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2804-3067>

Oksana O. Lukina Cand. Sci. (Econ.), assistant professor, theory of economics and accounting policies department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, oks.lukina@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-2658-1512>

Contribution

Lyudmila A. Korobova review of the literature

Elena N. Kovaleva review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations and is responsible for plagiarism

Ekaterina A. Savvina consultation during the study

Tatyana V. Gladkikh wrote the manuscript, correct it before filing in editing

Irina S. Tolstova correct it before filing in editing

Oksana O. Lukina correct it before filing in editing

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 22/07/2021	После редакции 09/08/2021	Принята в печать 01/09/2021
Received 22/07/2021	Accepted in revised 09/08/2021	Accepted 01/09/2021

Тенденции развития аграрного туризма в Кабардино-Балкарской Республике

Ирина Ш. Дзахмишева¹ irina_dz@list.ru  0000-0002-7324-5338

¹ Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, пр. Ленина, 1в., г. Нальчик, 360030, Россия

Аннотация. В научной статье обоснованы основные направления развития аграрного туризма в Кабардино-Балкарской Республике. Агротуризм является одним из перспективных направлений развития туристической индустрии. Благоприятные природно-климатические условия, богатая природа, уникальные природные комплексы и ландшафты, редкие краснокнижные виды растений и животных, наличие разнообразных культурно-исторических ресурсов и динамично развивающееся сельское хозяйство, а именно устойчивое развитие растениеводства, садоводства и плодоводства, овцеводства и козоводства, молочно-мясного скотоводства и птицеводства свидетельствуют о высоком потенциале для создания высококачественного туристского продукта в сфере агротуризма. Целевая аудитория агротуризма не ограничена, это могут быть жизни молодых людей, богатых и путешествующих туристов, а также экспертов, интересующихся историей и культурой региона. Выявлено совпадение трендов развития туризма в Кабардино-Балкарской Республике с общемировыми. Определены наиболее привлекательные ресурсы для развития агротуризма в Кабардино-Балкарской Республике: винодельческое хозяйство «Шато Эркен», конный завод «Малкинский», тепличный комбинат ООО «Агро-Ком», фермерское молочное хозяйство «Котляревская», птицеферма «Баксанский Бройлер», ООО «Фрукт-Трэйд». Для формирования динамичного и прибыльного туристического сектора, повышения качества и уровня жизни населения в регионе, а также появления нового, отзывчивого социокультурного пространства необходимо создать и развивать эффективный и прибыльный сектор агротуризма в КБР на основе ресурсов сельскохозяйственного производства, сельских районов и небольших городов, а также обеспечения финансированием федеральной целевой программой. Развитие агротуризма как альтернативной несельскохозяйственной деятельности на селе в состоянии стать одним из приоритетов развития сельских территорий и туризма Кабардино-Балкарии. Корректировка региональной аграрной политики позитивно скажется на вовлечение в экономический оборот уникальных потенциальных природно-климатических ресурсов Республики и постепенное превращение его из малозначимой сферы в прибыльную отрасль.

Ключевые слова: аграрный туризм, ресурсы, развитие, сельскохозяйственное производство, туристский продукт

Trends in the development of agricultural tourism in the Kabardino-Balkar Republic

Irina Sh. Dzakhmishcheva¹ irina_dz@list.ru  0000-0002-7324-5338

¹ Kabardino-Balkarian State Agricultural University of V.M. Kokov, Lenin Ave., 1 of century, Nalchik, 360030, Russia

Abstract. The scientific article substantiates the trends in the development of agricultural tourism in the Kabardino-Balkarian Republic. Agritourism is one of the promising areas for the development of the tourism industry. Favorable natural and climatic conditions, fertile nature, unique natural complexes and landscapes, rare red book species of plants and animals, the presence of a variety of cultural and historical resources and dynamically developing agriculture, namely the sustainable development of plant growing, horticulture and fruit growing, sheep and goat breeding, dairy – meat cattle and poultry breeding indicate a high potential for creating a high-quality tourist product in the field of agritourism. The target audience of agritourism is not limited, it can be the lives of young people, wealthy and traveling tourists, as well as experts interested in the history and culture of the region. Revealed the coincidence of trends in tourism development in the Kabardino-Balkarian Republic with global trends. The most attractive resources for the development of agritourism in the Kabardino-Balkarian Republic have been identified: the Chateau Erken wine farm, the Malkinsky stud farm, the Agro-Kom greenhouse complex, the Kotlyarevskaya dairy farm, the Baksansky Broiler poultry farm, Fruit-Trade ". To form a dynamic and profitable tourism sector, improve the quality and standard of living in the region, as well as the emergence of a new, responsive socio-cultural space, it is necessary to create and develop an efficient and profitable agritourism sector in the KBR based on the resources of agricultural production, rural areas and small towns, as well as the provision of funding federal target program. The development of agritourism as an alternative non-agricultural activity in the countryside can become one of the priorities for the development of rural areas and tourism in Kabardino-Balkaria. The adjustment of the regional agrarian policy will have a positive effect on the involvement of the unique potential natural and climatic resources of the Republic in the economic circulation and its gradual transformation from an insignificant sphere into a profitable industry.

Keywords: agrarian tourism, resources, development, agricultural production, tourist product

Введение

Кабардино-Балкарская Республика является одним из регионов Российской Федерации с сильным туристско-рекреационным потенциалом и серьезным дисбалансом между доступностью туристско-рекреационных ресурсов и

спросом на услуги в сфере туризма. Рыночные отношения требуют интенсивного развития туризма в КБР.

Цель работы – изучение тенденций развития аграрного туризма в Кабардино-Балкарской Республике.

Для цитирования

Дзахмишева И.Ш. Тенденции развития аграрного туризма в Кабардино-Балкарской Республике // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 233–237. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-233-237

For citation

Dzakhmishcheva I.Sh., Trends in the development of agricultural tourism in the Kabardino-Balkar Republic. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 233–237. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-233-237

Объекты и методы

Объектом исследования является аграрный туризм в Кабардино-Балкарской республике. На стадии исследования использовались современные методы математической статистики, системный, абстрактно-логический, диалектический и другие.

Результаты и обсуждение

Анализ экономической литературы, систематизация и обобщение мировой практики [1, 16–20], позволили сделать вывод, что агротуризм является одним из перспективных направлений развития туристической индустрии [2, 17–20], который тесно взаимосвязан с экотуризмом, и в большинстве стран Западной Европы являются единым направлением – экоагротуризм [3–5].

Агротуризм стимулирует деятельность частных фермерских хозяйств [6], расширяет спрос на натуральные и экологически чистые продукты питания, способствует развитию сельскохозяйственного производства, сельских территорий [7], развитию национальных ремесел [8], а также сохранению самобытности и культуры в сельской местности [9]. Целевая аудитория агротуризма не ограничена, это могут быть жизни молодых людей, богатых и путешествующих туристов, а также экспертов, интересующихся историей и культурой данной страны [10].

Кабардино-Балкарская Республика располагает благоприятными природно-климатическими условиями, благодатной природой, уникальными природными комплексами и ландшафтами, редкими красно книжными видами растений и животных [11].

По данным Министерства сельского хозяйства КБР в аграрном секторе экономики Кабардино-Балкарской Республики наблюдается устойчивое развитие растениеводства, садоводства и плодоводства, овцеводства и козоводства, молочно-мясного скотоводства и птицеводства [12]. Так, в 2019 году Республика обеспечила объем сельскохозяйственного производства продукции на сумму в 41,7 млрд руб. в фактических ценах, что составило 0,9% от общего объема продукции сельского хозяйства, произведенной в России [13, 14].

Анализ туристских потоков в Кабардино-Балкарской Республике, показал, что численность турпакетов, реализованных населению в 2019 году, сократилась вдвое по отношению к 2015 году, что связано с мировым экономическим кризисом, снижением доходов на душу населения и уровня жизни, вызванных пандемией. За аналогичный период наблюдается положительная динамика численности туристских фирм (в 1,6 раза), численности коллективных средств размещения (в 4 раза), численности размещенных лиц (в 2,6 раза), в том числе иностранцев (в 1,3 раза), по объему платных услуг населению в сфере туризма (в 2 раза) [15] (таблица 1).

Таблица 1.

Динамика показателей развития туризма в Кабардино-Балкарской Республике

Table 1.

Dynamics of tourism development indicators in the Kabardino-Balkar Republic

Наименование показателя Indicator name	Годы* Years					Динамика Dynamics, ↑↓ 2019 / 2015
	2015	2016	2017	2018	2019	
Число туристских фирм, шт. Number of tourist firms, pcs	28	35	24	38	44	↑1,6
Число турпакетов, реализованных населению, тыс. Number of tour packages sold to the population, thousand	2,2	1,2	1,1	1,1	1,1	↓2
Число коллективных средств размещения, тыс.мест Number of collective accommodation facilities, thousand places	55	102	113	132	215	↑4
Численность размещенных лиц, тыс. человек Number of accommodated persons, thousand people	88,1	107,3	122,7	126,7	230	↑2,6
Из них иностранцы, тыс. чел. Of these, foreigners, thousand people	14,2	15,7	16,5	19	19	↑1,3
Объем платных услуг населению в сфере туризма, млрд. руб. The volume of paid services to the population in the field of tourism, billion rubles	2,1	2,7	2,9	3,5	4,2	↑2

*Статистический сборник. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2019.

*Статистический сборник. Кабардино-Балкария в цифрах. 2019.

*Statistical collection. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2019.

* Statistical collection. Kabardino-Balkaria in numbers. 2019.

Таким образом, наблюдается дисбаланс между спросом и предложением (предложение превышает спрос), совпадение трендов развития туризма в Кабардино-Балкарии с общемировыми. Наличие разнообразных природно-климатических, культурно-исторических ресурсов и динамично развивающегося сельского хозяйства, свидетельствуют о высоком потенциале для создания высококачественного туристского продукта в сфере агротуризма.

Приоритетные направления развития туризма в Кабардино-Балкарской Республике представлены в таблице 2, которые обусловлены влиянием природно-климатических, культурно-исторических, географических и макроэкономических факторов.

Таблица 2.
Основные направления туризма в КБР
Table 2.
Main directions of tourism in the Kabardino-Balkar Republic

Вид туризма Type of tourism	Доля по годам, % Share by years, %				
	2015	2016	2017	2018	2019
Горный Mountain	42	46	48	50	53
Лечебно-оздоровительный Healing and wellness	25	26	24	23	21
Детский Child	14	16	13	12	10
Экологический Ecological	6	3	4	3	4
Этнографический Ethnographic	7	2	5	7	6
Агротуризм Agritourism	6	7	6	5	6

В структуре туристических направлений в Кабардино-Балкарской Республике на долю агротуризма приходится незначительная доля (6%). В целом, Кабардино-Балкария располагает всеми необходимыми ресурсами для его динамичного развития, в связи с чем Правительство Республики принимает решение о том, чтобы сделать основную ставку именно на развитие данного направления туризма.

К числу привлекательных для развития агротуризма ресурсов, имеющихся в Кабардино-Балкарской Республике относятся следующие.

Винодельческое хозяйство «Шато Эркен». «Шато Эркен» представляет собой замок с земельной территорией, где на 1000 гектарах раскинулись плантации с селекционными виноградниками и активно ведется винодельческое хозяйство. Замок находится в Урванском районе КБР, в селе Черная Речка. В лучших европейских традициях замок носит родовую кабардинскую фамилию Эркеновых, а на этикетках нанесен фамильный знак (тамга).

Хозяйство славится своими качественными техническими сортами: Каберне-Совиньон, Мерло, Шардоне, Алиготе, Семильон.

В винодельческом хозяйстве «Шато Эркен» туристам наглядно продемонстрируют процесс изготовления вина, можно посетить винные погреба, продегустировать разные сорта вин и приобрести их.

Конный завод «Малкинский», который восстановил поголовье лошадей знаменитой кабардинской породы и в настоящее время превышает 320 голов. На территории конного завода отреставрирована Центральная усадьба, знаменитые Красная и Белая конюшни, полностью восстановлена материально-техническая база завода, заново обустроены великолепные левады, отремонтированы конюшенные помещения.

На Малкинском конном заводе туристы могут попробовать себя в качестве наездников, обучиться верховой езде, правилам ухода и покормить лошадей.

Тепличный комбинат ООО «Агро-Ком», который специализируется на выращивании тепличных культур томатов по итальянской, голландской и французской технологии капельного орошения. Теплицы предприятия расположены в Баксанском районе Кабардино-Балкарской Республики вдоль федеральной трассы Кавказ.

Туристам предоставляется уникальная возможность изучить современные интенсивные технологии, насладиться изумительным вкусом экологически чистых томатов и приобрести их.

Фермерское молочное хозяйство в станице Котляревская Майского района Республики, основанное на грант по федеральной целевой программе «Начинающий фермер» славится достаточным ассортиментом выпускаемой продукции, который составляет: 5 наименований сыра, 2 наименования сметаны, кисломолочные напитки, спрэды и различные виды маргаринов.

Туристы могут ознакомиться с процессом производства молочных продуктов, посетить сырохранилище, продегустировать молочные продукты и приобрести их.

Птицеферма «Баксанский Бройлер», оснащенная птицеводческим оборудованием Roxell, Vencomatic и Tulderhof, инкубатором Hatch-Tech, а также современными комплексами по производству мяса птицы мощностью до 4 тысяч голов / час и до 20 тысяч тонн в год.

ООО «Фрукт-Трэйд» расположено в Чегемском районе Кабардино-Балкарской Республики, представляет собой фруктохранилище с современным калибровочным и упаковочным цехом, а также цехом по переработке фруктов. Предприятие оборудовано передовым немецким и итальянским оборудованием.

Производственная мощность – 5000 тонн фруктов единовременного хранения. Фрукты выращиваются на собственных современных садах интенсивного типа.

Туристы имеют возможность ознакомиться с процессом хранения фруктов, продегустировать фруктовый сок прямого отжима без добавления консервантов и яблочные чипсы под брендом «Миариса».

Маршрут движения к перечисленным агропредприятиям пролегает через наиболее ценные элементы природного наследия республики – чистые реки, леса, озера и водохранилища, а также архитектурные комплексы небольших городов и деревень.

Формирование комфортных условий и создание интересной программы для туристов станет основанием для привлечения новых клиентов. Помимо разработанной основной программы гостям можно предложить посетить местные достопримечательности, устроить конные прогулки, катание на велосипедах, рыбалку, создавать условия для организации творческих и художественных встреч и конкурсов.

В целом, ресурсы для развития сельского туризма в Кабардино-Балкарии сегодня имеются, в том числе: человеческие, социальные и природные. Свободная рабочая сила на территории сельской местности имеется, поэтому можно расширить сферу деятельности сельского населения.

К ограниченным ресурсам агротуризма можно отнести в первую очередь, финансовые

и информационные источники, очень низкая степень методической поддержки туристической сферы в сельской местности и агротуризма, в частности. Несомненно, агротуризм характеризуется достаточно высоким потенциалом, однако существуют сдерживающие его развитие факторы, в том числе: малоразвитость инфраструктуры, отсутствие хороших качественных дорог, Интернет – сети, низкая информационная культура тружеников и сельских жителей, низкая деловая активность аграриев.

Заключение

Для формирования динамичного и прибыльного туристического сектора, повышения качества и уровня жизни в регионе, а также появления нового, отзывчивого социокультурного пространства необходимо создать и развивать эффективный и прибыльный сектор агротуризма в КБР на основе ресурсов сельскохозяйственного производства, сельских районов и небольших городов, а также обеспечения финансирования федеральной целевой программой.

Развитие агротуризма как альтернативной несельскохозяйственной деятельности на селе в состоянии стать одним из приоритетов развития сельских территорий и туризма Кабардино-Балкарии. Корректировка региональной аграрной политики позитивно скажется на вовлечение в экономический оборот уникальных потенциальных природно-климатических ресурсов Республики и постепенное превращение его из малозначимой сферы в прибыльную отрасль.

Литература

- 1 Горчаков Я.В. Агротуризм в Европе и США: опыт фермеров // Вестник овощевода. 2018. № 3. С. 39 – 48.
- 2 Казначеева С.Н., Челнокова Е.А., Коровина Е.А. Агротуризм как одно из перспективных направлений индустрии туризма // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 3–2. С. 248–252.
- 3 Астахов Т.А. Агротуризм в вопросах и ответах // Ваш сельский консультант. 2016. № 4. С. 30–35.
- 4 Коростелев Е.М. Экологический туризм: уроки прошлого для будущего // Экология и жизнь. 2018. № 3. С. 72–77.
- 5 Петунин Н.Г. Основы концепции развития эко-агротуризма в российской провинции // Туризм: право и экономика. 2017. № 3. С. 15–24.
- 6 Акимова О.Е. Государственно-частное партнерство как инструмент развития индустрии туризма в Российской Федерации // Региональная экономика. 2017. № 2 (233). С. 43–48.
- 7 Барлыбаев А.А. Агротуризм как фактор устойчивого развития сельских территорий // Аграрная наука. 2018. № 3. С. 31–37.
- 8 Дзахмишева И.Ш. Роль культурно-исторического наследия в развитии туризма в Кабардино-Балкарской Республике // Известия Кабардино-Балкарского ГАУ. 2020. № 2(25).
- 9 Алимбаева Б.Б. Культурный комплекс «Национальная деревня в Оренбурге» // Современные проблемы сервиса и туризма. 2017. № 2. С. 28–41.
- 10 Чудновский А.Д. Управление потребительскими предпочтениями в сфере отечественного туризма и гостеприимства, и основные направления реализации туристического продукта. М.: Федеральное агентство по туризму, 2018. 290 с.
- 11 Состояние и основные тенденции в развитии сельского хозяйства Кабардино-Балкарской Республики. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-i-osnovnye-tendentsii-v-razviti-selskogo-hozyaystva-kabardino-balkarskoy-respubliki>
- 12 Министерство сельского хозяйства КБР. Портал Кабардино-Балкарии. URL: https://pravitelstvo.kbr.ru/oigv/minselhoz/protivodeystv_korrupsii_mskhkbr/stat_dannye_apk.php
- 13 Ilyukhina N.A., Parushina N.V., Chekulina T.A., Gubina O.V. et al. Global trends and regional policy in agricultural tourism // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2021. V. 839. №. 2. P. 022054.
- 14 Gia B.H. Some solutions for sustainable agricultural tourism development in the Mekong Delta in Vietnam // E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2021. V. 234. P. 00063. doi: 10.1051/e3sconf/202123400063
- 15 Дзахмишева И.Ш. Исследование социально-экономического состояния туристской индустрии в Кабардино-Балкарской Республике // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 350–355. doi: 10.20914/2310-1202-2020-1-350-355

- 16 Olga I., Anna S. Destination competitiveness in the south of Russia: issues and challenges // Shaping the Future Through Dialogue, Quality and Education. 2019. P. 182.
- 17 Larionova A.A. et al. Investigation of the factors determining the investment potential of the tourist industry of the north caucasus // Revista ESPACIOS. 2018. V. 39. №. 22.
- 18 Ivolga A., Kulchitskaya A. Analysis of attractiveness of the caucasian mineral water resorts, prospects of increase in tourist flow to the region // Journal of Tourism and Regional Development. 2017. №. 7. P. 5-12. doi: 10.22630/TIRR.2017.7.1
- 19 Tovmasyan G. Tourism development trends in the world // European Journal of Economic Studies. 2016. №. 3. P. 429-434.
- 20 Bondarenko L., Tatarova L. Employment in rural Russia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2019. V. 274. №. 1. P. 012068.

References

- 1 Gorchakov Ya.V. Agritourism in Europe and the USA: the experience of farmers. Bulletin of the vegetable grower. 2018. no. 3. pp. 39–48. (in Russian).
- 2 Kaznacheeva S.N., Chelnokova E.A., Korovina E.A. Agritourism as one of the promising areas of the tourism industry. International Journal of Applied and Fundamental Research. 2017. no. 3–2. pp. 248–252. (in Russian).
- 3 Astakhov T.A. Agritourism in questions and answers. Your rural consultant. 2016. no. 4. pp. 30–35. (in Russian).
- 4 Korostelev E.M. Ecological tourism: lessons of the past for the future. Ecology and Life. 2018. no. 3. pp. 72–77. (in Russian).
- 5 Petunin N.G. Fundamentals of the concept of development of eco-agritourism in the Russian province. Tourism: Law and Economics. 2017. no. 3. pp. 15–24. (in Russian).
- 6 Akimova O.E. Public-private partnership as a tool for the development of the tourism industry in the Russian Federation. Regional Economy. 2017. no. 2 (233). pp. 43–48. (in Russian).
- 7 Barlybaev A.A. Agritourism as a factor of sustainable development of rural areas. Agrarian science. 2018. no. 3. pp. 31–37. (in Russian).
- 8 Dzakhmisheva I.Sh. The role of cultural and historical heritage in the development of tourism in the Kabardino-Balkarian Republic. News of the Kabardino-Balkarian GAU. 2020. no. 2 (25). (in Russian).
- 9 Alimbaeva B.B. Cultural complex "National village in Orenburg". Modern problems of service and tourism. 2017. no. 2. pp. 28–41. (in Russian).
- 10 Chudnovsky A.D. Management of consumer preferences in the field of domestic tourism and hospitality, and the main directions of the implementation of a tourist product. Moscow, Federal Agency for Tourism, 2018. 290 p. (in Russian).
- 11 State and main trends in the development of agriculture in the Kabardino-Balkarian Republic. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-i-osnovnye-tendentsii-v-razviti-selskogo-hozyaystva-kabardino-balkarskoy-respubliki> (in Russian).
- 12 Ministry of Agriculture of the KBR. Portal of Kabardino-Balkaria. Available at: https://pravitelstvo.kbr.ru/oigv/minselhoz/protivodeystv_korrupsii_mskhkbr/stat_dannye_apk.php (in Russian).
- 13 Ilyukhina N.A., Parushina N.V., Chekulina T.A., Gubina O.V. et al. Global trends and regional policy in agricultural tourism. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2021. vol. 839. no. 2. pp. 022054.
- 14 Gia B.H. Some solutions for sustainable agricultural tourism development in the Mekong Delta in Vietnam. E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2021. vol. 234. pp. 00063. doi: 10.1051/e3sconf/202123400063
- 15 Dzakhmisheva I.Sh. Study of the socio-economic state of the tourism industry in the Kabardino-Balkarian Republic. Proceedings of VSUET. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 350–355. doi: 10.20914/2310-1202-2020-1-350-355 (in Russian).
- 16 Olga I., Anna S. Destination competitiveness in the south of Russia: issues and challenges. Shaping the Future Through Dialogue, Quality and Education. 2019. pp. 182.
- 17 Larionova A. A. et al. Investigation of the factors determining the investment potential of the tourist industry of the north Caucasus. Revista ESPACIOS. 2018. vol. 39. no. 22.
- 18 Ivolga A., Kulchitskaya A. Analysis of attractiveness of the caucasian mineral water resorts, prospects of increase in tourist flow to the region. Journal of Tourism and Regional Development. 2017. no. 7. pp. 5-12. doi: 10.22630/TIRR.2017.7.1
- 19 Tovmasyan G. Tourism development trends in the world. European Journal of Economic Studies. 2016. no. 3. pp. 429-434.
- 20 Bondarenko L., Tatarova L. Employment in rural Russia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2019. vol. 274. no. 1. pp. 012068.

Сведения об авторах

Ирина Ш. Дзахмишева д.э.н., профессор, кафедра товароведения, туризма и права, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, пр. Ленина, 1в., г. Нальчик, 360030, Россия, irina_dz@list.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-7324-5338>

Вклад авторов

Ирина Ш. Дзахмишева написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Irina Sh. Dzakhmisheva Dr. Sci. (Econ.), professor, merchandizing, tourism and right department, Kabardino-Balkarian State Agricultural University of V.M. Kokov, Lenin Ave., 1 of century, Nalchik, 360030, Russia, irina_dz@list.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-7324-5338>

Contribution

Irina Sh. Dzakhmisheva 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 06/07/2021	После редакции 11/08/2021	Принята в печать 26/08/2021
Received 06/07/2021	Accepted in revised 11/08/2021	Accepted 26/08/2021

Деформация предпринимательства в лесном секторе экономики

Юлия М. Соколинская ¹	misterias@mail.ru	 0000-0002-1020-8185
Елена А. Колесниченко ²	ekolesnichenko@live.ru	 0000-0002-1213-3199
Кирилл В. Чекудаев ¹	chkv1985@mail.ru	 0000-0002-1859-5917

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

² Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, ул. Интернациональная, 33, г. Тамбов, 392000, Россия

Аннотация. Наибольший уровень теневой деятельности складывается в сфере услуг и торговле, это связано в первую очередь со спецификой деятельности. Однако, относительно небольшой процент теневого дохода в лесной сфере деятельности свидетельствует о том, что наносится ущерб не только социальной и экономической подсистемам национальной экономики, но и экологической, природной, рекреационной, что свидетельствует о высокой актуальности данной проблемы. Наша страна, имея самые крупные запасы леса, получает в виде экспортных поступлений от продажи лесной продукции валютную выручку около 5 млрд. долларов, в то время как Финляндия – 10 млрд, Канада – более 25 млрд, США – более 15 млрд, Швеция – 12 млрд долларов. Говоря о развитии предпринимательства в лесном секторе экономики следует отметить, что его становление происходило в крайне сжатые сроки. Реформирование лесного законодательства создало фундамент для начала предпринимательской деятельности во всех формах – государственное, частное, смешанное. За три с небольшим года задача аренды значительной части лесного фонда предпринимательскими структурами оказалась решенной. Лучшие и экономически доступные лесные ресурсы оказались в ведении предпринимателей. Безусловно трансформация лесного законодательства осуществлялось не только в РФ и проходило по-разному. Следствием этих преобразований стали изменения базовых факторов лесохозяйственного производства: экономических; экологических; социальных. Следует отметить, что наряду с изменением лесного законодательства за короткий период произошедшие в лесном секторе преобразования стали причиной множественных деформаций в том числе и в развитии предпринимательства.

Ключевые слова: малое предпринимательство, экономика, устойчивое развитие, лесной сектор, теневая деятельность

Deformation of entrepreneurship in the forestry sector of the economy

Yulia M. Sokolinskaya ¹	misterias@mail.ru	 0000-0002-1020-8185
Elena A. Kolesnichenko ²	ekolesnichenko@live.ru	 0000-0002-1213-3199
Kiril V. Chekudaev ¹	chkv1985@mail.ru	 0000-0002-1859-5917

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

² Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Internatsionalnaya St., 33, Tambov, 392000, Russia

Abstract. The highest level of shadow activity is in the service sector and trade, this is primarily due to the specifics of the activity. However, a relatively small percentage of shadow income in the forestry sector indicates that damage is caused not only to the social and economic subsystems of the national economy, but also to the ecological, natural, and recreational ones, which indicates the high urgency of this problem. Our country, having the largest forest reserves, receives in the form of export earnings from the sale of forest products about 5 billion dollars, while Finland - 10 billion, Canada - more than 25 billion, the United States - more than 15 billion, Sweden - 12 billion dollars. Speaking about the development of entrepreneurship in the forestry sector of the economy, it should be noted that its formation took place in an extremely short time. Reforming forestry legislation has created the foundation for starting entrepreneurial activity in all forms - public, private, mixed. In a little over three years, the problem of leasing a significant part of the forest fund by entrepreneurial structures has been solved. The best and most economically available forest resources were in the hands of entrepreneurs. Of course, the transformation of forestry legislation was carried out not only in the Russian Federation and took place in different ways. The consequence of these transformations were changes in the basic factors of forestry production: economic; ecological; social. It should be noted that along with the changes in forestry legislation in a short period of time, the transformations that took place in the forest sector have caused multiple deformations, including in the development of entrepreneurship.

Keywords: small business, economics, sustainable development, forestry, shadow activity

Введение

Деформация в общем понимании – это изменение формы при воздействии внешней силы, поэтому сохранение старых и неэффективных элементов в прогрессивно изменяющейся системе не всегда является деформацией, часто они сохраняются сами по себе из-за отсутствия должного внимания, необходимого для их модернизации. В лесном секторе экономики

проявление деформации предпринимательства имеет место в изначальных целях.

Профессор С. Кузьмин приводит ряд определений (версий) понятия «деформация». «Бытовую версию» деформации ученый обозначает как регрессионное развитие системы: при котором наблюдают либо ухудшение процесса, либо возврат к ранее отвергнутым решениям, либо сохранение устарелых методов и т. п. [1–5].

Для цитирования

Соколинская Ю.М., Чекудаев К.В., Колесникова Е.А. Деформация предпринимательства в лесном секторе экономики // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 238–242. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-238-242

For citation

Sokolinskaya Yu.M., Chekudaev K.V., Kolesnikova E.A. Deformation of entrepreneurship in the forestry sector of the economy. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 238–242. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-238-242

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

В настоящем исследовании под деформацией предпринимательства будем понимать существенное изменение целей деятельности, ухудшение или стагнация основных параметров развития, происходящее под влиянием деструктивных факторов.

Как известно, предпринимательская деятельность определяется п. 1 ст. 2 ГК РФ как самостоятельная, осуществляемая на свой риск деятельность, направленная на систематическое получение, прибыли от пользования имуществом, продажи товаров, выполнения работ или оказания услуг лицами, зарегистрированными в этом качестве в установленном законом порядке. Известно, что лесное хозяйство и предпринимательская деятельность в лесу существенно отличается от предпринимательства в сфере природопользования. Ключевое отличие состоит в том, что при его ведении надо (и возможно) не только максимально использовать продукт (например, древесину), но и одновременно необходимо создать условия для развития подрастающих деревьев, а также других растительных организмов. Особенность леса по сравнению, например, с минеральными природными ресурсами заключается в том, что он является возобновляемым природным ресурсом. Предпринимательская деятельность в сфере лесопользования осуществляется в соответствии с принципами лесного законодательства, и необходимостью обеспечения многоцелевого, рационального, непрерывного, неистощительного использования лесов для удовлетворения потребностей общества в лесах и лесных ресурсах.

Предпринимательская деятельность в лесу направлена на: 1) полное удовлетворение потребностей народного хозяйства страны в древесине и других продуктах леса; 2) всестороннее использование и усиление специальных функций леса как важного природного фактора – водоохранного, почвозащитного, полезащитного, климаторегулирующего, санитарногигиенического, курортнооздоровительного и эстетического; 3) повышение продуктивности лесов через оптимизацию их видового состава, сокращение сроков выращивания технически спелой древесины; 4) организация эффективной защиты и охраны лесов; 5) внедрение в лесохозяйственную практику достижений науки и передового опыта; 6) повышение интенсивности лесохозяйственного производства, его доходности.

Такие многомасштабные задачи, стоящие перед предпринимателем в реальности подменяются скрытой целью – максимизации заготовки высокоценной древесины и извлечения прибыли.

Результат деформации предпринимательства – снижение качества работ связанных с лесовосстановлением, изменение форм лесопользования, способов выполнения лесохозяйственных работ и др.

Наиболее подвержены деформации предприятия малого бизнеса (рисунок 1). Основные нарушения, связанные с выполнением лесовосстановительных работ: отклонение от правил лесовосстановления, использование низкокачественного посадочного и посевного материала и др. регулярно имело место на участках, арендованных МСП.

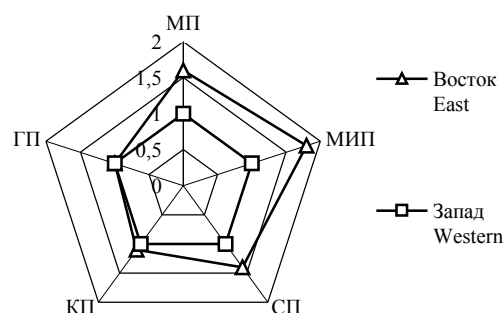


Рисунок 1. Дендрограмма распределения организационно-правовых форм предприятий лесного сектора в зависимости от уровня деформации в развитии (МП – малые предприятия, МИП – микропредприятия, СП – средние предприятия, КР – крупные предприятия, ГП – предприятия с государственным участием)

Figure 1. Dendrogram of the distribution of organizational and legal forms of forestry enterprises depending on the level of deformation in development (MP - small enterprises, SME - micro-enterprises, JV - medium-sized enterprises, KR - large enterprises, SOE - enterprises with state participation)

Не менее важной характеристикой деформации предпринимательской деятельности отдельного сектора экономики является участие предпринимателей в теневой, скрытой экономике. Для России характерной особенностью последних лет стало сочетание официальной предпринимательской деятельности с неофициальной – теневой. При этом масштабы и характер деятельности в сфере теневой экономики варьируются в достаточно широких пределах.

Отметим, что исследованию теневых отношений в предпринимательской деятельности посвящено достаточно много работ. Так, сфера малого предпринимательства неоднократно являлась объектом исследования теневой деятельности. Это связано с тем, что деятельность предпринимателей, характеризующаяся рисковостью усугубляется воздействием неблагоприятной институциональной среды [6–10].

Исследования показывают, что высокие темпы роста масштабов предпринимателей, занятых в теневом секторе свидетельствуют о ситуации глубокого кризиса сложившихся экономических отношений. Кроме того, увеличение прибыльности от теневизации предпринимательства и отдельных сфер экономики, способствует дальнейшему масштабному легального бизнеса в теневой как более прибыльный. По различным экспертным мнениям, доля

теневого сектора в малом бизнесе в среднем по России составляет от 30 до 50 % реального оборота субъектов малого предпринимательства.

В процессе исследования теневой составляющей экономики малого бизнеса выявлены данные, характеризующие по данному параметру пять сфер деятельности. В результате выявлено, что значение показателя уровень оплаты теневых услуг варьируется в значительных пределах (таблица 1).

Таблица 1.

Уровень неформальных платежей в различных сферах деятельности малого и среднего предпринимательства, %.

Table 1.

The level of informal payments in various areas of small and medium-sized businesses, %.

Сфера деятельности предприятий Share of shadow income of small businesses	Доля теневых доходов малых предприятий Share of shadow income of small businesses		
	Доходы контролируемые Controlled income	Теневые Shady	Всего Total
Промышленность Industry	62,9	37,1	100,0
Оптовая торговля Wholesale	66,3	34,7	100,0
Строительство Construction	66,0	34,0	100,0
Розничная торговля Retail	73,6	26,4	100,0
Лесная промышленность Timber industry	62,1	37,9	100,0
Туризм, гостиницы, рестораны Tourism, hotels, restaurants	53,4	47,6	100,0

Анализируя таблицу, понимаем, что наибольший уровень теневой деятельности складывается в сфере услуг и торговле, это связано в первую очередь со спецификой деятельности. Однако, относительно небольшой процент теневого дохода в лесной сфере деятельности свидетельствует о том, что наносится ущерб не только социальной и экономической подсистемам национальной экономики, но и экологической, природной, рекреационной, что свидетельствует о высокой актуальности данной проблемы. Наша страна, имея самые крупные

запасы леса, получает в виде экспортных поступлений от продажи лесной продукции валютную выручку около 5 млрд. долларов, в то время как Финляндия – 10 млрд, Канада – более 25 млрд, США – более 15 млрд, Швеция – 12 млрд долларов [11–20].

Заключение

Сложившиеся масштабы теневой деятельности малого бизнеса в лесном секторе экономики свидетельствуют о ее деформации.

Литература

- 1 Фетищева З.И., Назаренко Е.Б., Гамсахурдия О. В. Совершенствование законодательно-нормативной базы в лесном секторе экономики // Лесной вестник/Forestry bulletin. 2014. Т. 18. №. 3 (103).
- 2 Степанова Ю.Н. Цифровизация как новый фактор влияния на развитие предпринимательства в лесном секторе экономики // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2018. Т. 6. №. 7. С. 409–412.
- 3 Колесниченко Е.А., Османов Ж.Д. Экономическая безопасность ключевых секторов российской экономики: структурный подход к исследованию // Лесотехнический журнал. 2015. Т. 5. №. 2 (18). doi: 10.12737/111993
- 4 Печаткин В.В. Лесной сектор экономики России: прошлое, настоящее и будущее // Всероссийский экономический журнал ЭКО. 2013. №. 5 (467).
- 5 Колесникова А.В. Анализ эффективности экспортно-тарифной политики в лесном секторе России в среднесрочном периоде // Экономика природопользования. 2013. №. 5. С. 106–118.
- 6 Константинов А.В. Субъект-объектная структура экономической безопасности в лесном секторе экономики // Социально-экономические явления и процессы. 2015. Т. 10. №. 5.
- 7 Константинов А.В. Методология оценки уязвимости лесного сектора экономики в условиях изменения климата // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2014. №. 3. С. 73.
- 8 Моисеев Н.А. Методология формирования стратегии лесопользования и развития лесного сектора экономики // Лесной вестник/Forestry bulletin. 2013. №. 4 (96).
- 9 Нян Н.Т. Лесной сектор экономики Вьетнама: пути модернизации и совершенствование государственной политики // Проблемы современной экономики. 2018. №. 1 (65).
- 10 Назаренко Е.Б., Фетищева З.И., Гамсахурдия О.В. Влияние нормативно-правовой базы предприятий на управление производством в лесном секторе экономики // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. 2016. №. 5. С. 41–43.

- 11 Larson A.M. Democratic decentralization in the forestry sector: lessons learned from Africa, Asia and Latin America // The politics of decentralization. Routledge, 2012. P. 46-76.
- 12 Lin B., Ge J. Carbon sinks and output of China's forestry sector: An ecological economic development perspective // Science of the Total Environment. 2019. V. 655. P. 1169-1180. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.219
- 13 Carodenuto S.L., Ramcilovic-Suominen S. Barriers to VPA implementation: a case study of Cameroon's private forestry sector // International Forestry Review. 2014. V. 16. №. 3. P. 278-288. doi: 10.1505/146554814812572502
- 14 Atyi R.E., Assembe-Mvondo S., Lescuyer G., Cerutti P. Impacts of international timber procurement policies on Central Africa's forestry sector: The case of Cameroon // Forest policy and economics. 2013. V. 32. P. 40-48. doi: 10.1016/j.forpol.2012.12.006
- 15 Siswanto W., Wardoyo W. Decentralization of the forestry sector: Indonesia's experience // The Politics of Decentralization. Routledge, 2012. P. 155-165.
- 16 Appelstrand M., Lidestav G. Women entrepreneurship—a shortcut to a more competitive and equal forestry sector? // Scandinavian Journal of Forest Research. 2015. V. 30. №. 3. P. 226-234. doi: 10.1080/02827581.2015.1011408
- 17 Hazarika R., Jandl R. The Nexus between the Austrian forestry sector and the sustainable development goals: a review of the interlinkages // Forests. 2019. V. 10. №. 3. P. 205. doi: 10.3390/f10030205
- 18 Klein D., Wolf C., Schulz C., Weber-Blaschke G. 20 years of life cycle assessment (LCA) in the forestry sector: state of the art and a methodical proposal for the LCA of forest production // The International Journal of Life Cycle Assessment. 2015. V. 20. №. 4. P. 556-575. doi: 10.1007/s11367-015-0847-1
- 19 Socoliuc M. et al. Sustainability reporting as a mixture of CSR and sustainable development. A model for micro-enterprises within the romanian forestry sector // Sustainability. 2020. V. 12. №. 2. P. 603. doi: 10.3390/su12020603
- 20 Colaço R., Simão J. Disclosure of corporate social responsibility in the forestry sector of the Congo Basin // Forest Policy and Economics. 2018. V. 92. P. 136-147. doi: 10.1016/j.forpol.2018.04.012

References

- 1 Fetishcheva Z.I., Nazarenko E.B., Gamsakhurdia O. V. Improving the legal and regulatory framework in the forest sector of the economy. Forestry bulletin. 2014. vol. 18. no. 3 (103). (in Russian).
- 2 Stepanova Yu.N. Digitalization as a new factor of influence on the development of entrepreneurship in the forestry sector of the economy. Actual directions of scientific research in the XXI century: theory and practice. 2018. vol. 6. no. 7. pp. 409-412. (in Russian).
- 3 Kolesnichenko E.A., Osmanov Zh.D. Economic security of key sectors of the Russian economy: a structural approach to research. Forestry journal. 2015. vol. 5. no. 2 (18). doi: 10.12737/111993 (in Russian).
- 4 Pechatkin V.V. Forest sector of the Russian economy: past, present and future. All-Russian economic journal ECO. 2013. no. 5 (467). (in Russian).
- 5 Kolesnikova A.V. Analysis of the effectiveness of export-tariff policy in the forest sector of Russia in the mid-term period. Economy of nature management. 2013. no. 5. pp. 106-118. (in Russian).
- 6 Konstantinov A.V. Subject-object structure of economic security in the forest sector of the economy. Socio-economic phenomena and processes. 2015. vol. 10. no. 5. (in Russian).
- 7 Konstantinov A.V. Methodology for assessing the vulnerability of the forest sector of the economy in the face of climate change. Proceedings of the St. Petersburg Scientific Research Institute of Forestry. 2014. no. 3. pp. 73. (in Russian).
- 8 Moiseev N.A. Methodology for the formation of a forest management strategy and the development of the forest sector of the economy. Forestry Bulletin. 2013. no. 4 (96). (in Russian).
- 9 Nyan N.T. The forest sector of the Vietnamese economy: ways of modernization and improvement of state policy. Problems of modern economics. 2018. no. 1 (65). (in Russian).
- 10 Nazarenko E.B., Fetishcheva Z.I., Gamsakhurdia O.V. The influence of the regulatory framework of enterprises on production management in the forest sector of the economy. Modern science: actual problems of theory and practice. Series: Economics and Law. 2016. no. 5. pp. 41-43. (in Russian).
- 11 Larson A.M. Democratic decentralization in the forestry sector: lessons learned from Africa, Asia and Latin America. The politics of decentralization. Routledge, 2012. pp. 46-76.
- 12 Lin B., Ge J. Carbon sinks and output of China's forestry sector: An ecological economic development perspective. Science of the Total Environment. 2019. vol. 655. pp. 1169-1180. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.219
- 13 Carodenuto S.L., Ramcilovic-Suominen S. Barriers to VPA implementation: a case study of Cameroon's private forestry sector. International Forestry Review. 2014. vol. 16. no. 3. pp. 278-288. doi: 10.1505/146554814812572502
- 14 Atyi R.E., Assembe-Mvondo S., Lescuyer G., Cerutti P. Impacts of international timber procurement policies on Central Africa's forestry sector: The case of Cameroon. Forest policy and economics. 2013. vol. 32. pp. 40-48. doi: 10.1016/j.forpol.2012.12.006
- 15 Siswanto W., Wardoyo W. Decentralization of the forestry sector: Indonesia's experience. The Politics of Decentralization. Routledge, 2012. pp. 155-165.
- 16 Appelstrand M., Lidestav G. Women entrepreneurship—a shortcut to a more competitive and equal forestry sector? Scandinavian Journal of Forest Research. 2015. vol. 30. no. 3. pp. 226-234. doi: 10.1080/02827581.2015.1011408
- 17 Hazarika R., Jandl R. The Nexus between the Austrian forestry sector and the sustainable development goals: a review of the interlinkages. Forests. 2019. vol. 10. no. 3. pp. 205. doi: 10.3390/f10030205
- 18 Klein D., Wolf C., Schulz C., Weber-Blaschke G. 20 years of life cycle assessment (LCA) in the forestry sector: state of the art and a methodical proposal for the LCA of forest production. The International Journal of Life Cycle Assessment. 2015. vol. 20. no. 4. pp. 556-575. doi: 10.1007/s11367-015-0847-1
- 19 Socoliuc M. et al. Sustainability reporting as a mixture of CSR and sustainable development. A model for micro-enterprises within the romanian forestry sector. Sustainability. 2020. vol. 12. no. 2. pp. 603. doi: 10.3390/su12020603
- 20 Colaço R., Simão J. Disclosure of corporate social responsibility in the forestry sector of the Congo Basin. Forest Policy and Economics. 2018. vol. 92. pp. 136-147. doi: 10.1016/j.forpol.2018.04.012

Сведения об авторах

Юлия М. Соколинская к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, misterias@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1020-8185>

Елена А. Колесниченко д.э.н., профессор, кафедра кадрового управления, Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, ул. Интернациональная, 33, г. Тамбов, 392000, Россия, ekolesnichenko@live.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1213-3199>

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, chkv1985@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1859-5917>

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

Yulia M. Sokolinskaya Cand. Sci. (Econ), associate professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, misterias@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1020-8185>

Elena A. Kolesnichenko Dr. Sci. (Econ.), professor, personnel management department, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Internatsionalnaya St., 33, Tambov, 392000, Russia, ekolesnichenko@live.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1213-3199>

Kiril V. Chekudaev Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, chkv1985@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1859-5917>

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 15/07/2021	После редакции 05/08/2021	Принята в печать 23/08/2021
Received 15/07/2021	Accepted in revised 05/08/2021	Accepted 23/08/2021

Современное состояние и тенденции экономического развития сельского туризма в Кабардино-Балкарской Республике

Анжела А. Акбашева ¹	anzhela-akbasheva@mail.ru	 0000-0003-1609-8957
Ирина Ш. Дзахмишева ²	irina_dz@list.ru	 0000-0002-7324-5338
Алана Р. Хубиева ¹	alana_khubieva@inbox.ru	 0000-0001-8263-2818
Хамзет М. Психоматов ¹	psihomahov@yandex.ru	 0000-0001-5296-6913

¹ Московский финансово-промышленный университет «Синергия», Карачаево-Черкесский филиал, пр-т Ленина, 83, г. Черкесск, 369000, Россия

² Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, пр. Ленина, 1в., г. Нальчик, 360030, Россия

Аннотация. В ситуации мировой пандемии обеспечение бесперебойного, безопасного, всеохватывающего и устойчивого функционирования туристской индустрии целесообразно пропагандировать важность внутренних путешествий и туризма как одного из важнейшего сектора экономики России. Одним из видов внутреннего туризма в зависимости от мотивов и целей путешествия является сельский туризм. В научной работе проведен SWOT-анализ современного состояния и перспектив развития сегмента сельского туризма в Кабардино-Балкарской Республике. Определено что, Кабардино-Балкарская Республика бесспорно обладает богатыми природно-климатическими и рекреационными ресурсами для развития сельского туризма. На территории Республики расположены также исторические и природные памятники, богатая, разнообразная и уникальная флора и фауна. Однако в развитии сельского туризма есть сложные проблемы, которые носят острый и системный характер. Предлагаются следующие комплексные меры для сохранения и развития сельских территорий: рациональное использование ресурсного потенциала; поощрение развития приусадебных участков; содействие повышению спроса на домашние и натуральные продукты питания; усиление вложения инвестиций в благоустройство сельской местности; развитие сельского строительства, народных промыслов, культуры и самобытности; решение проблем занятости сельского населения; стимулирование инвестиций в развитие сельского туризма и укрепление туристской инфраструктуры села. Таким образом, необходим новый программно-целевой подход для повышения конкурентоспособности сельских территорий Республики, ориентированный на удовлетворение растущего спроса на высококачественные туристические услуги и позволяющий обеспечить условия для устойчивого развития сельского туризма. Развитый сельский туризм является впечатляющим источником как внутренних, так и внешних инвестиций для Кабардино-Балкарии, способствует расширению сельскохозяйственного производства и развитию сельских территорий.

Ключевые слова: анализ, сельский туризм, сельские территории, развитие, ресурсы

Current state and trends of economic development of rural tourism in the Kabardino-Balkar Republic

Anzhela A. Akbasheva ¹	anzhela-akbasheva@mail.ru	 0000-0003-1609-8957
Irina Sh. Dzakhmisheva ²	irina_dz@list.ru	 0000-0002-7324-5338
Alana R. Khubieva ¹	alana_khubieva@inbox.ru	 0000-0001-8263-2818
Hamzet M. Psihomahov ¹	psihomahov@yandex.ru	 0000-0001-5296-6913

¹ Moscow financial and industrial university Sinergiya, Karachay-Cherkess branch, Lenin Ave, 83, Cherkessk, 369000, Russia

² Kabardino-Balkarian state agricultural university of V.M. Kokov, Lenin Ave., 1 of century, Nalchik, 360030, Russia

Abstract. In the situation of a global pandemic, ensuring the uninterrupted, safe, inclusive and sustainable functioning of the tourism industry is advisable to promote the importance of domestic travel and tourism as one of the most important sectors of the Russian economy. One of the types of domestic tourism, depending on the motives and goals of travel, is rural tourism. In the scientific work, a SWOT analysis of the current state and prospects for the development of the rural tourism segment in the Kabardino-Balkar Republic was carried out. It is determined that the Kabardino-Balkar Republic undoubtedly has rich natural, climatic and recreational resources for the development of rural tourism. There are also historical and natural monuments, rich, diverse and unique flora and fauna on the territory of the Republic. However, there are complex problems in the development of rural tourism, which are acute and systemic in nature. The following comprehensive measures are proposed for the preservation and development of rural. Thus, a new program-targeted approach is needed to increase the competitiveness of rural areas of the Republic, focused on meeting the growing demand for high-quality tourist services and allowing to provide conditions for sustainable development of rural tourism. Developed rural tourism is an impressive source of both internal and external investment for Kabardino-Balkaria, contributes to the expansion of agricultural production and the development of rural areas.

Keywords: analysis, rural tourism, rural areas, development, resources

Для цитирования

Акбашева А.А., Дзахмишева И.Ш., Хубиева А.Р., Психоматов Х.М. Современное состояние и тенденции экономического развития сельского туризма в Кабардино-Балкарской Республике // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 243–250. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-243-250

For citation

Akbasheva A.A., Dzakhmisheva I.Sh., Khubieva A.R., Psihomahov H.M. Current state and trends of economic development of rural tourism in the Kabardino-Balkar Republic. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 243–250. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-243-250

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

Введение

На этапе социального и экономического развития России основная роль сельского туризма заключается в вовлечении в туристскую деятельность объектов исторического и культурного наследия регионов, сокращении социальной напряженности в селах и воссоздании «заброшенных» сел, реализации потенциала российского туризма в целях восстановления экономического развития в сельской местности.

Туризм – одна из самых быстрорастущих отраслей экономики. Согласно ежегодному исследованию WTTC с участием экспертов Oxford Economics, в 2019 году сектор туризма и путешествий составлял 10,3% мирового ВВП и вырос на 3,5%, и девятый год подряд опережает рост экономики в целом (2,5%) [1]. Доля туризма как отрасли в ВВП России в 2020 г. составила 4,9% [2].

Туристско-рекреационный комплекс, развитый в Кабардино-Балкарской республике на сегодняшний день может одновременно принять 16 тыс. туристов и это число могло возрасти при дальнейшем развитии отрасли и благоприятной экономической и эпидемиологической ситуации. Однако устойчивый рост мирового туризма и путешествий в 2020 году сильно пострадал от эпидемии Covid-19. И всего за несколько месяцев привел к немыслимому кризису в индустрии туризма. Так за 9 месяцев 2020 года Кабардино-Балкарию посетило 386,5 тыс. туристов, то есть на более, чем 20% меньше показателя 2019 года.

В условиях глобальной пандемии, обеспечивающей бесперебойное, безопасное, всестороннее и устойчивое функционирование индустрии туризма, рекомендуется продвигать важность внутренних путешествий и туризма как одного из важнейших секторов российской экономики и наиболее привлекательной формы отдыха.

В соответствии с Федеральным законом Российской Федерации «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации» под внутренним туризмом понимается путешествие по территории Российской Федерации лиц, постоянно проживающих в Российской Федерации [3]. Одним из видов внутреннего туризма, в зависимости от причин и целей поездки, является сельский туризм [4].

Сельский туризм – относительно неразвитое и перспективное направление, позволяющее узнать о местных традициях, обычаях, традиционном образе жизни сельских жителей, об особенностях сельского хозяйства и систем природопользования. Суть этого вида туризма – отдых в сельской местности, где вся организационная поддержка (включая питание, отдых,

обслуживание и т. д.) по размещению туристов осуществляется принимающей семьей. Сельский туризм предлагает возможности для отдыха тем, кто по тем или иным причинам не может позволить себе другие виды туризма.

Кабардино-Балкарской Республика – аграрный регион со значительной долей сельской местности, имеет значительный потенциал для развития сельского туризма. Ее привлекательные черты: чистый воздух, домашняя атмосфера, нетронутая природа, натуральные продукты, тишина и размеренная жизнь. Однако, к сожалению, развитие идет очень медленно и не системно. Актуальность исследования проявляется во влиянии сельского туризма на экономику Республики и в решении социально-культурных проблем села.

Цель работы – исследование современного состояния и тенденций экономического развития сельского туризма в Кабардино-Балкарской Республике.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования является сельский туризм. На стадии исследования использовались современные методы: системный, диалектический; формально-логический, сравнительный.

Результаты и обсуждение

Туризм в нашей стране является особенно перспективной отраслью с реально значимым вкладом в экономическое развитие региона. В силу этого при разработке политики управления стратегическими и тактическими аспектами развития сферы туризма необходимо знать, учитывать и применять мировые и отечественные тенденции.

Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) систематически публикуется аналитический документ о тенденциях и современной политике развития туризма. В докладе, представленном ОЭСР в 2020 году отмечается важность и необходимость перехода к более стабильным видам туризма и корпоративной ответственности, а также важность межсекторного и межрегионального/межнационального сотрудничества с целью лучшей адаптации отрасли к стремительно меняющейся ситуации в мире [1].

Сельский туризм предполагает временное пребывание туристов в сельской местности для отдыха и / или участия в сельскохозяйственных работах [5]. Сельский туризм ориентирован на использование природных [6], культурно-исторических [7] и иных ресурсов в сельской местности [8, 18] и их особенностей для создания интегрированного туристического продукта.

Для туристов размещение (индивидуальное или специализированное) должно быть расположено в сельской местности или небольших городах, без промышленных зданий и многоэтажных домов.

Компонент урбанизации и низкие доходы большинства жителей нашей страны, создают предпосылки для отдыха в сельской местности по умеренным ценам. Спрос на сельский туризм возникает в основном у тех горожан, которые ожидают спокойствия и размеренности сельской жизни, чистого воздуха, тишины и натуральных продуктов, комфортных условий бытия, домашнего пространства, ощущения близости к природе, новых впечатлений, знакомства с местными традициями, возможности развлечения для детей и проведения досуга для взрослых [9, 17, 19].

Туристы отправляются в поход в сельскую местность, чтобы укрыться от шума и суеты города; полностью погрузиться в атмосферу неторопливой жизни на фоне природы, получить новые знания о культурных и исторических особенностях посещаемой местности; приобщиться к сельской жизни: пообщаться с домашними животными, познакомиться с особенностями садоводства и огородничества; принимать участие в уходе за животными, обрезке, уборке и переработке растений, сенокосе, освоении местных ремесел; узнать что-то новое о жизни в глубинке, местных традициях и обычаях, танцах, музыке, искусстве и национальной кухне; гулять по лесу, ходить за грибами и ягодами, ходить на рыбалку или охоту, кататься на лошадах; насладиться свежим воздухом, «живой» родниковой водой, натуральными свежими продуктами – «прямо из сада на стол» и многим другим.

Помимо вышеперечисленного, у путешественника есть возможность ощутить кавказское (сельское) гостеприимство. Так, (возможно, городское) население сельской местности, включая фермеров, у которых есть пустые дома, комнаты или этажи в собственном доме, гостевые дома, имеет минимальный набор мебели и наличие предметов домашнего обихода (посуда, постельное белье, полотенца и т. д.) от двух дней до нескольких месяцев для более радужного приема хозяева могут предложить гостям дополнительные услуги: барбекю, застолье с тамадой, участие в свадебных торжествах.

Индустрия сельского туризма оказывает положительное влияние на сохранение и развитие сельских территорий, рациональное использование их ресурсного потенциала, стимулирует развитие дополнительных приусадебных участков [21, 22], расширяет спрос на экологически чистые, натуральные продукты питания,

а также на развитие села, народных ремесел, культура и идентичности [18, 19]. В целом проблемы занятости в сельской местности связаны в первую очередь, с решением социально-экономических проблем в сельской местности [10, 16]. Все это в конечном итоге сказывается на уровне конкуренции в сельской местности и отражается на росте благосостояния населения.

В целях комплексного развития сельских территорий необходимо принять меры по привлечению инвестиций для укрепления туристической инфраструктуры села и всестороннего развития сельских территорий [11, 12]. Для развития сельского туризма необходимо создать систему стратегического планирования и, прежде всего, разработать и реализовать программу социально-экономического развития местного самоуправления на всех уровнях – от сельского поселения до района. В целях разработки и формирования комплексной стратегии развития сельского туризма был проведен SWOT-анализ текущей ситуации и перспектив развития сегмента сельского туризма в Республике Кабардино-Балкария.

На основе проведенной оценки установлены сильные и слабые стороны, возможности и ограничения развития сельского туризма Кабардино-Балкарской Республики (рисунок 1).

В каждом регионе нашей страны предлагается большое разнообразие туристических продуктов, каждый из которых имеет свои привлекательные стороны и направления. Субъекты РФ стараются развивать те направления и использовать возможности, которые уже имеются в достаточном количестве. Для некоторых к таким направлениям относятся гастрономический, сельский или промышленный туризм. Кабардино-Балкария важным направлением для себя определяет активный туризм во всех его проявлениях: горнолыжный отдых, альпинизм, транспортный, пеший, экстремальный и другие. В настоящее время имеются перспективные направления развития маршрутов спелеологического туризма.

Развивая сельский туризм каждое направление найдет своего конкретного потребителя. В учебных и образовательных учреждениях молодежь обучается основам спортивного туризма, альпинизма, скалолазания и часто она выбирает экстремальный или горнолыжный туризм, более старшее поколение – пешие походы, трекинги и восхождения, дети же – походы и квесты на природе. В последние годы семейный отдых на горнолыжных курортах в зимний период времени стал пользоваться спросом ввиду того, что предоставляются все необходимые условия для комфортной жизни. Стали также популярными для внедорожных туристов верховья

ущелий и перевалы, связывающие горы, в которые они направляются в теплое время года. Несколько лет назад это были в основном небольшие автономные группы, передвигающиеся по тропам гор без привязки к логистике и каким-либо программам. В настоящее время экспедиционные группы, полностью организованные, с руководителями участвуют в краеведческих и спортивных программах, одолевая ущелья и перевалы по Главному Кавказскому хребту.

В настоящее время в Кабардино-Балкарской республике сельский вид туризма в социальном и экономическом аспекте можно считать достаточно привлекательным для инвестирования и выгодным направлением сельского бизнеса

и предпринимательства, способным улучшить состояние бюджетов сельских поселений и муниципалитетов, а также увеличить их доходную составляющую.

Сельский туризм в целом представляется как организация и проведение досуга и отдыха на природе в сельской местности при активном участии местных жителей. На территории региона имеются благоприятные условия для развития данного вида туристической деятельности. Сельский туризм можно охарактеризовать как выгодное направление деятельности для местных жителей, как с экономической, так и с социальной, исторической и демографической точки зрения.



Рисунок 1. SWOT – анализ сельского туризма Кабардино-Балкарской Республики



Figure 1. SWOT analysis of rural tourism in the Kabardino-Balkar Republic

Применяя принципы и методы государственно-частного партнёрства, сельский туризм может стать достаточно привлекательной и высокорентабельной компонентой агробизнеса. В процессе развития сельского туризма туристам можно предоставлять реальные возможности по участию в ведении фермерской деятельности.

Несомненно, организаторы сельского туризма вместе с государством должны представлять гарантии безопасного отдыха гостей и их защиту. Вместе с тем, государству следует обеспечивать организаторов вне зависимости от форм собственности должной законодательно-нормативной базой, предоставляя актуальную на сегодняшний день льготную систему субсидирования, микрокредитования для эффективного ведения деятельности.

С советских времен сельский туризм на территории Кабардино-Балкарии был развит в горных и предгорных муниципальных районах.

Так, в Приэльбрусье, на Чегемских водопадах в Чегемском районе, на территории Голубых озёр в Черекском районе, в альпинистских лагерях, на турбазах, а также в частных домовладениях местного населения отдыхали сотни тысяч отечественных и иностранных туристов.

Организацией культурного, грамотного и достаточно организованного сельского туризма в действительном его понимании в настоящее время заняты лишь единицы, в том числе крестьянские (фермерские) хозяйства, в услуги которых входит наравне с другими ознакомление и вовлечение в процесс производственной деятельности.

По нашему убеждению, развитая туристская инфраструктура проявит свое положительное воздействие на экономическое развитие и благоустройство сельской жизни сельских территорий, будет способствовать созданию достаточного количества рабочих мест и повышению доходной

части бюджета и уровня реального дохода местного населения.

По результатам проведенных расчетов, уровень доходности в результате развития туристической инфраструктуры будет достаточно высоким – каждый вложенный в сельский туризм рубль может возрасти до десяти рублей в среднем. Именно подотрасль животноводства, фермерства в сельском туризме может в значительной степени привести к инвестиционной привлекательности, доходности и рентабельности.

Развитие сельского туризма является альтернативной несельскохозяйственной деятельностью в сельской местности. Он в потенциале может стать одним из приоритетных направлений развития сельских территорий Кабардино-Балкарской республики и ступенью для позитивной корректировки республиканской аграрной политики с постепенным вовлечением в экономический оборот потенциальных уникальных природно-климатических ресурсов региона.

Развивая сельский туризм для Кабардино-Балкарии появится источник большого объема внешних и внутренних инвестиций, а они, в свою очередь, будут направлены на дальнейшее развитие сельскохозяйственного производства и сельских территорий. У населения с личным подсобным хозяйством и фермеров появится реальная возможность заниматься предпринимательством и реализовывать собственную произведенную продукцию, не выезжая за пределы места проживания и производства, и, главное, по справедливой цене. Туристы, в свою очередь, будут потреблять экологически чистую продукцию из рук самих производителей.

Дальнейшему росту потока туристов может содействовать несколько факторов, в числе которых укрепление образа республики как безопасного региона для туристического отдыха.

Здесь имеют место быть несколько факторов, главным из которых является укрепление образа Кабардино-Балкарии как достаточно безопасного региона для туристических путешествий. Укреплению образа республики содействуют информационные и пресс-туры и съемки travel-телепрограмм.

Ситуация с введением ограничительных мер в условиях распространения коронавирусной инфекции, несомненно, не только оказала влияние на отрасль, более того, туризм оказался в числе самых пострадавших отраслей экономики региона.

Правительством Республики были приняты меры поддержки отрасли, в том числе поддержкой субсидиями организаций санаторно-курортной и туристской отрасли с долей участия КБР более 25% в уставном капитале.

В период пандемии население страны стало уделять большее внимание своему здоровью, что может послужить его активизации по посещению курортов с возможностью активного отдыха, каковыми являются наши основные туристические дестинации.

Таким образом, сельский туризм представляется не только как проживание туристов в гостевых домах местных жителей, но и развитие, дальнейшее функционирование комфортабельной инфраструктуры на территории сельских поселений республики. На современном этапе развития экономики в Кабардино-Балкарской республике процесс развития сельского туризма имеет преимущественно благоприятную перспективу. Его вклад в развитие сел и сельских территорий, несомненно, значителен, несмотря на тяжелую пандемийную постпандемийную ситуацию и трудности его измерения, в особенности вне социально-экономического пространства. Его главной заслугой станет повышение экономической эффективности и активности сельского населения в сфере оказания услуг, способствующей просматриванию умеренных консервативных взглядов сельских жителей.

Нам же нужно продумать, как наладить оказание качественных услуг, соорудить современные объекты для полноценного питания и эффективного отдыха.

Заключение

SWOT-анализ развития сельского туризма показал, что Кабардино-Балкарская Республика, безусловно, богата природными, климатическими и рекреационными ресурсами, имеется множество исторических и природных памятников, разнообразная и уникальная флора и фауна. Однако пандемия внесла существенные проблемы в развитие сельского туризма носящие острый и системный характер. Существующие системы управления, правовые основы и системы маркетинга для продвижения продуктов сельского туризма, кадровый инвестиционный потенциал и инфраструктура сельского туризма не могут в полной мере реализовать возможности для развития сельского туризма в Кабардино-Балкарской Республике. В сложившихся обстоятельствах очень сложно ожидать динамичного развития сельского туризма, что, несомненно, отразится на уровне развития туристической индустрии, уровне конкурентоспособности села и Республики в целом.

Предлагаются следующие мероприятия для развития сельского туризма: сохранение и развитие села, рациональное использование ресурсного потенциала, поощрение развития приусадебных участков, повышение спроса на домашние и натуральные продукты питания,

инвестиции в благоустройство сельской местности, сельское строительство, развитие народных промыслов, культуры и самобытности, решение проблем занятости сельского населения, стимулирование инвестиций в развитие сельского туризма и укрепление туристской инфраструктуры села.

Таким образом, необходим новый программно-целевой подход для повышения конкурентоспособности сельских территорий Республики,

ориентированный на удовлетворение растущего спроса на высококачественные туристические услуги и позволяющий обеспечить условий для устойчивого развития сельского туризма. Развитый сельский туризм является впечатляющим источником как внутренних, так и внешних инвестиций для Кабардино-Балкарии, способствует расширению сельскохозяйственного производства и развитию сельских территорий.

Литература

- 1 Экономическое влияние сектора туризма и путешествий в 2019 году и последствия кризиса 2020 года. URL: <https://www.tohology.com>
- 2 Войтюк М.М., Горячева А.В., Войтюк В.А. Состояние и перспективы развития сельского туризма в Российской Федерации // Техника и оборудование для села. 2018. №. 8. С. 44–48.
- 3 Волков С.К. Сельский туризм в РФ: тенденции и перспективы развития // Экономика, предпринимательство и право. 2012. №. 6.
- 4 Об основах туристской деятельности в Российской Федерации: Федеральный закон от 24.11.1996 № 132-ФЗ (ред. от 09.03.2021). URL: <http://www.consultant.ru>
- 5 Вахитова З.Т. Развитие сельского туризма // Научно-исследовательские публикации. 2014. №. 14 (18).
- 6 Фурсов В.А. и др. Тенденции развития сельского туризма на территории Ставропольского края // Kant. 2018. №. 2 (27).
- 7 Дзахмишева И.Ш. Исследование социально-экономического состояния туристской индустрии в Кабардино-Балкарской Республике // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 350–355. doi: 10.20914/2310-1202-2020-1-350-355
- 8 Дзахмишева И.Ш., Тамахина А.Я. Роль культурно-исторического наследия в развитии туризма в Кабардино-Балкарской Республике // Известия Кабардино-Балкарского ГАУ. 2020. № 21(28). С. 170–175.
- 9 Дубиничева Л.В., Советов П.М. Агротуризм в развитии сельских территорий // Проблемы развития территории. 2009. Т. 46. №. 2.
- 10 Альмухамедова О.А., Виленская М.С. Перспективы развития сельского туризма в России // Современные наукоемкие технологии. 2013. №. 10–2. С. 245–246.
- 11 Морева С.Н. Роль сельского туризма в устойчивом развитии российских регионов // Вестник российских университетов. Математика. 2014. Т.19. №.1.
- 12 Sasu K.A., Epuran G. An overview of the new trends in rural tourism // Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Economic Sciences. Series V. 2016. V. 9. №. 2. P. 119.
- 13 Yordanova P. The Experience of Cyprus in the Development of Rural Tourism. 2019.
- 14 Tetyana K.D. et al. Using E-Extension System for Rural Tourism Development // Poljoprivreda i Sumarstvo. 2016. V. 62. №. 1. P. 201. doi: 10.17707/AgricultForest.62.1.23
- 15 Morales-Urrutia X., Guadalupe-Lanas J., Morales-Urrutia D., Espinoza-Guano M. Rural Tourism in Galicia: Current State and Development of the Sector // XV Multidisciplinary International Congress on Science and Technology. Springer, Cham, 2020. P. 211-222.
- 16 Dašić D., Živković D., Vujić T. Rural tourism in development function of rural areas in Serbia // Экономика пољопривреде. 2020. №. 3. doi: 10.5937/ekoPolj2003719D
- 17 Prylutskyi A. Problems and current trends of rural tourism development // Sciences of Europe. 2020. №. 59-3 (59).
- 18 Ruiz-Real J.L., Uribe-Toril J., de Pablo Valenciano J., Gázquez-Abad J.C. Rural tourism and development: Evolution in scientific literature and trends // Journal of Hospitality & Tourism Research. 2020. P. 1096348020926538. doi: 10.1177/1096348020926538
- 19 Helgadóttir G., Dashper K. 20 years of Nordic rural tourism research: a review and future research agenda // Scandinavian Journal of Hospitality and Tourism. 2021. V. 21. №. 1. P. 60-69. doi: 10.1080/15022250.2020.1823246
- 20 Zhou J. Statistical Research on the Development of Rural Tourism Economy Industry under the Background of Big Data // Mobile Information Systems. 2021. V. 2021. doi: 10.1155/2021/9152173
- 21 Baković N. Regional Development of Rural Tourism: The Case of the Gorska Hrvatska Region // Naše gospodarstvo/Our economy. 2020. V. 66. №. 2. P. 28-41.
- 22 Andreyanova S., Ivolga A. The tourism potential of the North Caucasus: the formation, characteristics and development prospects // GeoJournal of Tourism & Geosites. 2018. V. 22. №. 2.

References

- 1 Economic impact of the tourism and travel sector in 2019 and the impact of the 2020 crisis. Available at: <https://www.tohology.com> (in Russian).
- 2 Voytyuk M.M., Goryacheva A.V., Voytyuk V.A. State and prospects for the development of rural tourism in the Russian Federation. Equipment and equipment for the village. 2018. no. 8. pp. 44–48. (in Russian).
- 3 Volkov S.K. Rural tourism in the Russian Federation: trends and development prospects. Economics, Entrepreneurship and Law. 2012. no. 6. (in Russian).
- 4 On the fundamentals of tourist activity in the Russian Federation: Federal Law of 24.11.1996 No. 132 FZ (as amended on 09.03.2021). Available at: <http://www.consultant.ru> (in Russian).
- 5 Vakhitova Z.T. Development of rural tourism. Research publications. 2014. no. 14 (18). (in Russian).

- 6 Fursov V.A. and other Trends in the development of rural tourism in the Stavropol Territory. Kant. 2018. no. 2 (27). (in Russian).
- 7 Dzakhmisheva I.Sh. Study of the socio-economic state of the tourism industry in the Kabardino-Balkarian Republic. Proceedings of VSUET. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 350–355. doi: 10.20914/2310-1202-2020-1-350-355 (in Russian).
- 8 Dzakhmisheva I.Sh., Tamakhina A.Ya. The role of cultural and historical heritage in the development of tourism in the Kabardino-Balkarian Republic. News of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University. 2020. no. 21 (28). pp. 170-175. (in Russian).
- 9 Dubinicheva L.V., Soviets P.M. Agritourism in the development of rural areas. Problems of the development of the territory. 2009. vol. 46. no. 2. (in Russian).
- 10 Almukhamedova O.A., Vilenskaya M.S. Prospects for the development of rural tourism in Russia. Modern science-intensive technologies. 2013. no. 10-2. pp. 245–246. (in Russian).
- 11 Moreva S.N. The role of rural tourism in the sustainable development of Russian regions. Bulletin of Russian universities. Maths. 2014. vol. 19. no. 1. (in Russian).
- 12 Sasu K.A., Epuran G. An overview of the new trends in rural tourism. Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Economic Sciences. Series V. 2016. vol. 9. no. 2. pp. 119.
- 13 Yordanova P. The Experience of Cyprus in the Development of Rural Tourism. 2019.
- 14 Tetyana K.D. et al. Using E-Extension System for Rural Tourism Development. Poljoprivreda i Sumarstvo. 2016. vol. 62. no. 1. pp. 201. doi: 10.17707/AgricultForest.62.1.23
- 15 Morales-Urrutia X., Guadalupe-Lanas J., Morales-Urrutia D., Espinoza-Guano M. Rural Tourism in Galicia: Current State and Development of the Sector. XV Multidisciplinary International Congress on Science and Technology. Springer, Cham, 2020. pp. 211-222.
- 16 Dašić D., Živković D., Vujić T. Rural tourism in development function of rural areas in Serbia. Agricultural economics. 2020. no. 3. doi: 10.5937/ekoPolj2003719D
- 17 Prylutskiy A. Problems and current trends of rural tourism development. Sciences of Europe. 2020. no. 59-3 (59).
- 18 Ruiz-Real J.L., Uribe-Toril J., de Pablo Valenciano J., Gázquez-Abad J.C. Rural tourism and development: Evolution in scientific literature and trends. Journal of Hospitality & Tourism Research. 2020. pp. 1096348020926538. doi: 10.1177/1096348020926538
- 19 Helgadóttir G., Dashper K. 20 years of Nordic rural tourism research: a review and future research agenda. Scandinavian Journal of Hospitality and Tourism. 2021. vol. 21. no. 1. pp. 60-69. doi: 10.1080/15022250.2020.1823246
- 20 Zhou J. Statistical Research on the Development of Rural Tourism Economy Industry under the Background of Big Data. Mobile Information Systems. 2021. vol. 2021. doi: 10.1155/2021/9152173
- 21 Baković N. Regional Development of Rural Tourism: The Case of the Gorska Hrvatska Region. Naše gospodarstvo/Our economy. 2020. vol. 66. no. 2. pp. 28-41.
- 22 Andreyanova S., Ivolga A. The tourism potential of the North Caucasus: the formation, characteristics and development prospects. GeoJournal of Tourism & Geosites. 2018. vol. 22. no. 2.

Сведения об авторах

Анжела А. Акбашева к.э.н., и.о. зав. кафедрой, кафедра экономического анализа и учета, Московский финансово-промышленный университет «Синергия», Карачаево-Черкесский филиал, пр-т Ленина, 83, г. Черкесск, 369000, Россия, anzhela-akbasheva@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1609-8957>

Ирина Ш. Дзахмисхева д.э.н., профессор, кафедра товароведения, туризма и права, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, пр. Ленина, 1в., г. Нальчик, 360030, Россия, irina_dz@list.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7324-5338>

Алана Р. Хубиева доцент, кафедра экономического анализа и учета, Московский финансово-промышленный университет «Синергия», Карачаево-Черкесский филиал, пр-т Ленина, 83, г. Черкесск, 369000, Россия, alana_khubieva@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8263-2818>

Хамзет М. Психоматов д.э.н., профессор, кафедра экономики и управления, Московский финансово-промышленный университет «Синергия», Карачаево-Черкесский филиал, пр-т Ленина, 83, г. Черкесск, 369000, Россия, psihomahov@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5296-6913>

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

Anzhela A. Akbasheva Cand. Sci. (Econ.), economic analysis and account department, Moscow Financial and Industrial University "Sinergiya", Karachay-Cherkess branch, Lenin Ave, 83, Cherkessk, 369000, Russia, anzhela-akbasheva@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1609-8957>

Irina Sh. Dzakhmisheva Dr. Sci. (Econ.), professor, department of merchandizing, tourism and right, Kabardino-Balkarian state agricultural university of V.M. Kokov, Lenin Ave., 1 of century, Nalchik, 360030, Russia, irina_dz@list.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7324-5338>

Alana R. Khubieva associate professor, department of the economic analysis and account, Moscow financial and industrial university "Sinergiya", Karachay-Cherkess branch, Lenin Ave, 83, Cherkessk, 369000, Russia, alana_khubieva@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8263-2818>

Hamzet M. Psihomahov Dr. Sci. (Econ.), professor, economics and management department, Moscow financial and industrial university "Sinergiya", Karachay-Cherkess branch, Lenin Ave, 83, Cherkessk, 369000, Russia, psihomahov@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5296-6913>

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 20/07/2021	После редакции 09/08/2021	Принята в печать 03/09/2021
Received 20/07/2021	Accepted in revised 09/08/2021	Accepted 03/09/2021

Управление рисками развития региональных экономических систем на примере северо-западного региона

Галина С. Армашова-Тельник¹ atgs@yandex.ru  0000-0001-9370-5875

¹ Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, ул. Большая Морская, 67 А, Санкт-Петербург, 190000, Россия

Аннотация. В настоящее время все процессы, которые происходят в социально-экономической системе региона, отличаются увеличением их сложности и многосоставности. Причина данного явления носит комплексный характер. Факторами, влияющими на указанное обстоятельство, в равной степени являются как динамика изменчивости социально-экономической и общественно-политической среды, так и уровень ее неопределенности. Поэтому применение методологии и инструментов теории управления рисками имеет особую актуальность применительно к развитию региональных экономических систем. В данной статье автор исследует особенности управления рисками экономических систем на региональном уровне. Целью работы является оценка эффективности управления рисками в направлениях развития региональных экономических систем на примере Северо-Западного региона. Анализ практики управления рисками развития экономических систем, в частности Северо-Западного региона, позволяет сделать вывод о ее недостаточной разработанности. В большей степени реализуется лишь описание макроэкономических рисков, а остальные этапы, например, составление карты рисков и их оценка не выражены. Автором констатируется, что управление рисками на уровне региональных систем осуществляется фрагментарно. В качестве меры по совершенствованию процесса оценки рисков предлагается использовать матрицу рисков как инструмента SWOT-анализа. Доказывается отсутствие единой системы риск-менеджмента в рамках развития региональных экономических систем. С точки зрения определения перспектив их развития, крайне важно не только определять и описывать ограничивающие внешние факторы в рамках сценариев, но и работать с рисками в направлении их оценки и контроля за ними. В частности, для оценки целесообразно использовать описанную в работе матрицу рисков, которая, как инструмент, отличается универсальностью и может быть применима к различным региональным экономическим системам.

Ключевые слова: управление рисками, региональная экономика, экономическая система, стратегия, развитие региона, SWOT-анализ, матрица рисков

Risk management of the development of regional economic systems on the example of the north-west region

Galina S. Armashova-Telnik¹ atgs@yandex.ru  0000-0001-9370-5875

¹ Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation SUAI, 67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

Abstract. Currently, all the processes that occur in the socio-economic system of the region are characterized by an increase in their complexity and complexity. The reason for this phenomenon is complex. The factors influencing this circumstance are equally the dynamics of the variability of the socio-economic and socio-political environment, as well as the level of its uncertainty. Therefore, the application of the methodology and tools of risk management theory is of particular relevance in relation to the development of regional economic systems. In this article, the author explores the features of risk management of economic systems at the regional level. The purpose of the work is to assess the effectiveness of risk management in the areas of development of regional economic systems on the example of the Northwestern region. Analysis of risk management practices for the development of economic systems, in particular The North-Western region, allows us to conclude that it is insufficiently developed. To a greater extent, only the description of macroeconomic risks is implemented, and the remaining stages, for example, drawing up a risk map and their assessment are not expressed. By the author It is stated that risk management at the level of regional systems is carried out in fragments. As a measure to improve the risk assessment process, it is proposed to use the risk matrix as a SWOT analysis tool. The absence of a unified risk management system within the framework of the development of regional economic systems is proved. From the point of view of determining the prospects for their development, it is extremely important not only to determine and describe the limiting external factors within the scenarios, but also to work with risks in the direction of their assessment and control. In particular, for the assessment it is advisable to use the risk matrix described in the work, which, as a tool, is versatile and can be applied to various regional economic systems.

Keywords: risk management, regional economy, economic system, strategy, regional development, SWOT analysis, risk matrix

Введение

На тему развития региональных экономических систем существует достаточно много публикаций, российская специализированная литература содержит большое количество исследований по этим вопросам. Такой интерес со стороны научного сообщества и степень проработанности обуславливается изменением характера и форм социально-экономического развития регионов Российской Федерации (РФ),

а также появлением новых условий антикризисного развития ряда субъектов РФ и изменением роли региональной политики в процессе развития региональных экономических систем в текущих реалиях.

Для развития региональных экономических систем, как и для любых других субъектов экономических процессов, характерна совокупность различных рисков. В современных условиях динамично развивающейся среды полностью уклоняться от рисков, равно как и проявлять

Для цитирования

Армашова-Тельник Г.С. Управление рисками развития региональных экономических систем на примере северо-западного региона // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 251–257. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-251-257

For citation

Armashova-Telnik G.S. Risk management of the development of regional economic systems on the example of the north-west region. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 251–257. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-251-257

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

чрезмерную рискованность, в вопросах региональной экономики нецелесообразно. Поэтому в целях формирования наиболее оптимальных условий для развития таких систем рисками нужно управлять.

Материалы и методы

По мнению кандидата экономических наук Зелинской М.В., сущность региональной экономической системы заключается в единстве противоположностей отношений власти и собственности, локализованное в исторически сложившемся, объективно обусловленном и относительно обособленном в структуре национальной экономики пространстве. Масштаб и способ организации такой территориальной единицы детерминирован следующими элементами:

- особенностями организации хозяйственно-экономической среды;
- социально-экономическим потенциалом территории;
- уровнем обобществления отношений, которые складываются в регионе.

Важной особенностью региональной экономической системы, которая учитывается в разработке направлений ее развития, является его территориальная детерминированность, причем это может быть как крупный экономический регион, так и небольшая административно-территориальная единица. Кроме этого, структура региональной экономической системы определяется базовыми функциями ее подсистем, которые обеспечивают достаточный уровень общественной жизни региона, а именно их типом, степенью участия в территориальном разделении труда и др. параметрами, которые, в свою очередь, формируют границы региональных экосистем.

Соответственно, регулирование деятельности региональных экономических систем осуществляется одновременно в 2-х плоскостях:

- на макроуровне (в рамках действующей федеральной стратегии и федеральных программ развития);
- на мезоуровне (для осуществления межрегионального и межотраслевого взаимодействия в рамках региональных стратегий и программ экономического развития).

Стоит констатировать, что разного рода факторы социально-экономического, организационно-политического и другого характера не всегда способствуют созданию условий для эффективного функционирования и развития региональных экономических систем ввиду существующих рисков, действующих как в самом регионе, так и среде его окружающей (внутренними и внешними). Причина внутренних рисков может объясняться такими факторами, как:

- низкий уровень социальной инфраструктуры в регионе;

- недостаточность экономического потенциала;
- слабая развитость связей с другими регионами и др.

Внешние риски выражаются в наличие государственно-политических, валютно-финансовых, внешнеторговых и др. макроэкономических факторах.

В зависимости от допустимого предела риски региональных экономических систем делятся на:

- допустимые (средний уровень риска);
- критические (превышают средний уровень, но в пределах максимально допустимых значений риска);
- катастрофические (превышают максимальный уровень риска).

Единого определения понятия риска в настоящее время не сложилось. В большей степени это связано с многообразием формулировок в контексте различных научных дисциплин. И.А. Бланк считает, что риском является возможность наступления неблагоприятного события, связанного с различными видами потерь. Кроме этого, риск всегда связан с субъектом, принимающим решения.

В данном контексте важно подчеркнуть, что управление всеми видами риска (риск-менеджмент) может минимизировать их влияние на экономическую систему и в некоторых случаях полностью исключить их.

В качестве основных инструментов управления региональными экономическими системами с учетом рисков выделяются:

- разработка стратегии развития региона;
- формирование и реализация государственных программ и проектов регионального уровня.

Организация управления рисками в данном аспекте происходит на трех основных уровнях управления, а именно:

- на уровне административно-территориальных единиц (разработка стратегии и идентификация основных рисков, связанных с развитием муниципальных образований);
- на региональном уровне (проектное управление);
- на федеральном (государственные программы развития).

Современный инструментальный риск-менеджмента предоставляет широкий перечень способов и приемов для анализа факторов риска и оценки его последствий, включая качественную и количественную оценку. Данный процесс можно представить в виде нескольких последовательных этапов (дорожной карты) применительно к региональным экономическим системам (рисунок 1).

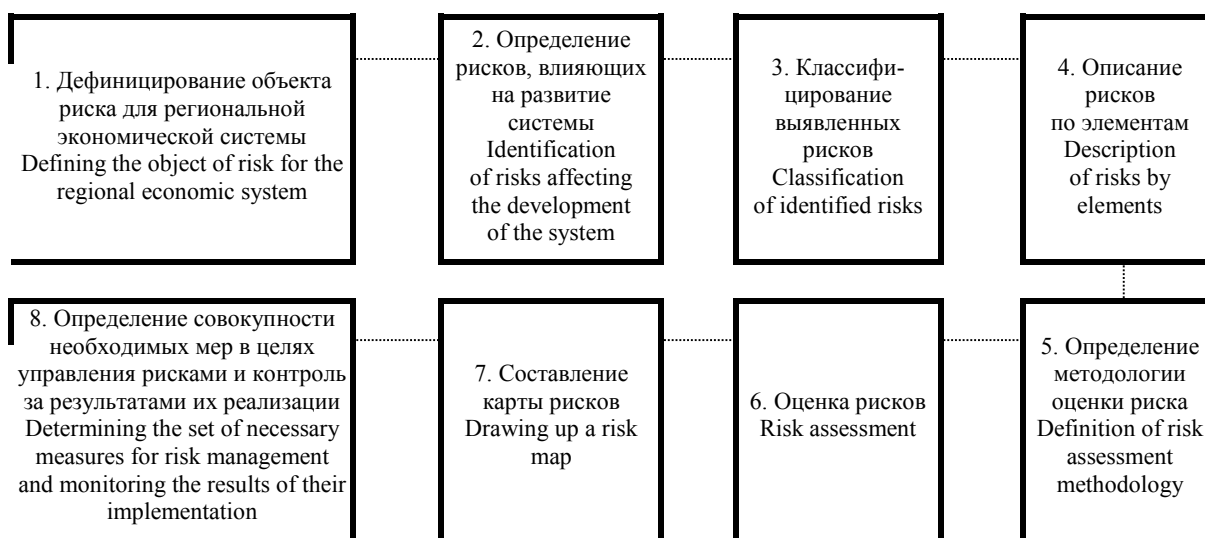


Рисунок 1. Последовательность процесса работы по управлению рисками развития региональных экономических систем (дорожная карта)

Figure 1. Sequence of the process of risk management for the development of regional economic systems (road map)

Отметим, что основная сложность, как правило, возникает на этапах определения методологии и оценки риска, поскольку они крайне зависимы от особенностей конкретной системы, а также воздействующих на нее факторов. Однако, практически для любой системы для данной задачи оптимальным будет использование элементов SWOT-анализа.

Первоначально созданный для исследования субъектов предпринимательских структур, сегодня SWOT-анализ широко используется для исследования большого количества объектов, например, отраслей экономики, муниципальных образований и даже международных интеграционных объединений. Отмечается, что методикам

реализации стратегического планирования в рамках региональных экономических систем необходимо уделять особое внимание, так как за ним стоит успех развития не только отдельных регионов, но и государств и даже их объединениям в целом.

В частности, на основе SWOT-анализа проводится количественный анализ рисков с помощью построения модели, учитывающей возможность наступления рисков и оценку его масштаба, т. е. матрицы риска, которая является важным компонентом в управлении рисками. Пример того, что из себя представляет такая матрица, представлен на рисунке 2.

Уровень причиненного вреда The level of harm caused	Критическая critical				
	Высокая high				
	Средняя medium				
	низкая low				
		0–25%	26–50%	51–75%	76–100%

Возможность риска, выраженная в %

Рисунок 2. Пример матрицы рисков

Figure 2. Example of a risk matrix

В данном случае риски, оцененные по степени ущерба и вероятности возникновения, которые попадают в белые поля, классифицируются как низкие, в слабо окрашенные поля – как приемлемые, а в окрашенные – как высокие.

Также нужно отметить, что применительно к региональным экономическим системам есть сложность с унификацией методики измерения эффективности управления рисками в силу уникальности каждой системы, а также

наличии большого количества аспектов, присущих категории «эффективность», ее относительность для каждого конкретного случая. В настоящий момент измерение эффективности риск-менеджмента представляется нерешенной проблемой и перспективной для исследования.

По мнению экспертов, в вопросах региональной экономики, сегодня важнейшими направлениями и механизмами, которые способствуют качественному развитию региональных экономических систем в РФ являются:

- снижение диспропорции в уровне бюджетного финансирования регионов за счет обеспечения ускоренного развития реального сектора экономики с привлечением достаточного объема бюджетных инвестиций;

- создание благоприятных предпосылок для привлечения инвестиций для реконструкции и модернизации основных фондов в целях повышения конкурентоспособности конкретной региональной экономической системы;

- расширение экономической самостоятельности систем посредством выработки соответствующей региональной социально-экономической политики, учитывающей все особенности региона.

Провозглашенный принцип по созданию «локомотивов экономического роста» в настоящее время является наиболее приоритетным в РФ на региональном уровне. Указанный принцип сопряжен с реализацией совокупности мероприятий по выравниванию уровня развития региональных экономических систем, а также увеличению темпов экономического роста отстающих административно-территориальных единиц в целях улучшения экономической ситуации в стране в целом.

В то же время, отмечается, что в данном контексте целесообразно вовсе не формирование крупных промышленных и сельскохозяйственных корпораций на территории депрессивных регионов и не повсеместное создание крупных индустриальных центров. Оптимальное решение видится в обеспечении, главным образом, одинакового уровня социально-экономического развития всех систем на региональном уровне и формирование в них благоприятной среды для создания собственной экономической базы на основе развития отраслей регионального значения, таких как промышленность, строительство, сельское хозяйство и др.

Результаты

В целях проведения в рамках настоящего исследования анализа управления рисками на конкретном примере возьмем за основу административный принцип деления РФ на регионы и будем рассматривать Северо-Западный регион.

13 февраля 2019 года распоряжением Правительства РФ утверждена Стратегия пространственного развития РФ на период до 2025 года. В соответствии с документом, целями Стратегии являются:

- обеспечение безопасности населению;
- поддержание устойчивого темпа роста благосостояния страны и сбалансированного ее развития;
- нивелирование различий в уровне и качестве жизни в различных регионах РФ;
- ускорение инновационного и технологического развития.

Достижение данной цели, в частности, обеспечивается за счет усиления межрегионального сотрудничества и координации социально-экономического развития субъектов РФ в рамках макрорегионов.

Для реализации Стратегии пространственного развития Минэкономразвития России разработаны и утверждены стратегии социально-экономического развития двенадцати макрорегионов, в том числе и Северо-Западного, в состав которого вошли:

- Республика Карелия;
- Калининградская область;
- Вологодская область;
- Ленинградская область;
- Мурманская область;
- Новгородская область;
- Псковская область;
- г. Санкт-Петербург.

Базовой задачей развития региона является приближение к стандартам качества жизни, достигнутым в государствах с высоким уровнем экономического развития, среди которых рост благосостояния граждан, улучшение условий труда, увеличение инновационного и технологического потенциала и др. В Северо-Западном федеральном округе разработан целый комплекс стратегических документов социально-экономического развития макрорегиона на долгосрочную перспективу.

Так, до 2020 года действовала Стратегия социально-экономического развития Северо-Западного федерального округа на период до 2020 года, в приложении к ней был приведен список из 45 первоочередных инвестиционных проектов, касающихся совершенствования транспортной инфраструктуры, роста объема применяемых высоких технологий на производствах региона, а также элементов региональных инновационных систем, являющихся наиболее значимыми. Стратегические цели развития данной региональной экономической системы были продиктованы проблемами развития округа и выстраивались на базе прогнозов

с учетом перспектив развития входящих в состав Северо-Западного округа субъектов РФ.

Рассматривая документы, касающиеся социально-экономического развития субъектов исследуемого округа, например, Стратегию социально-экономического развития Ленинградской области до 2030 года, мы увидим схожие цели, в частности:

- создание условий для эффективной занятости;
- развитие человеческого капитала региона;
- повышение эффективности государственного и муниципального управления.

Стратегия также учитывает наличие внешних рисков, таких как:

- снижение темпа экономического роста;
- падение объемов внешнеторгового оборота;
- ужесточение санкций как угрозы для импортозависимых отраслей;
- несбалансированность системы расселения и мест приложения труда на территории Ленинградской области и соседних регионов и др.

Обсуждение

Анализ схожих документов по другим субъектам Северо-западного округа позволяет сделать вывод о том, что риски развития территорий как региональных экономических систем практически не идентифицированы. Во всех стратегиях, как правило, определены внешние макроэкономические факторы. Анализ рисков

представлен лишь в определении нескольких сценариев развития региона. Обычно формируется три сценария, среди которых выбирается и наиболее полно описывается оптимальный.

В рамках разработки сценариев развития региональных систем риски не выявляются, и работа по управлению ими не ведется. Справедливо отметить, что комплексный подход к риск-менеджменту в аспекте региональной политики применим лишь на уровне проектного управления. Так, например план проекта по строительству комплекса зданий инновационного научно-технологического центра Санкт-Петербургского государственного университета (СПбГУ) «Невская дельта», который появится в Пушкинском районе Санкт-Петербурга, строительство которого было анонсировано ещё летом 2020 года, включает идентификацию и оценку рисков. Кроме этого, предусмотрены меры по контролю за непревышением ими критического уровня.

Заключение

Таким образом, доказывается отсутствие единой системы риск-менеджмента в рамках развития региональных экономических систем. С точки зрения определения перспектив их в направлении их оценки и контроля за ними. В частности, для оценки целесообразно использовать описанную в работе матрицу рисков, которая, как инструмент, отличается универсальностью и может быть применима к различным региональным экономическим системам.

Литература

- 1 Об утверждении Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года: распоряжение Правительства РФ от 13.02.2019 № 207-р (ред. от 23.03.2021).
- 2 Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Северо-Западного федерального округа на период до 2020 года: распоряжение Правительства РФ от 18.11.2011 № 2074-р (ред. от 26.12.2014).
- 3 Стратегия социально-экономического развития Ленинградской области до 2030 (закон 08.08.2016 № 76-оз). URL: <https://econ.lenobl.ru/media/content/docs/3517/> Стратегия % 20 социально – экономического % 20 развития % 20ЛО % 20до % 202030 % 20(закон % 20 % 2008.08.2016 % 20№ 76-оз).pdf
- 4 Аралбаева Г.Г., Цыркаева Е.А. Дорожная карта управления рисками в развитии регионального продовольственного рынка // Дискуссия. 2019. № 95. С. 38–45.
- 5 Рубцов Г.Г., Литвиненко А.Н. Использование ценностно-ориентированного подхода в стратегическом планировании на примере реализации региональных стратегий развития субъектов Северо-Западного Федерального округа // Вопросы управления. 2020. № 3 (64).
- 6 Бородин А.И., Киселева Н.Н. Региональные экономические системы и их устойчивость // Вестник Удмуртского университета. Серия «Экономика и право». 2011. № 4. С. 3–7.
- 7 Дудкина Е.В. Анализ эффективности управления рисками: проблемы и подходы к измерению // Вестник евразийской науки. 2016. № 3 (34). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-effektivnosti-upravleniya-riskami-problemy-i-podhody-k-izmereniyu>
- 8 Евменов А.Д., Булочников П.А. Особенности функционирования и взаимодействия региональных экономических систем // Экономика и управление. 2020. № 26(2). С. 137–145.
- 9 Зелинская, М.В. Региональная экономическая система как интегральный субъект эволюционного процесса // Вестник УГТУ-УПИ. 2010. № 1. С. 55–64.
- 10 Волыничук А.Б., Волыничук Я.А. Проблемы управления развитием приграничной периферии в контексте международной экономической интеграции // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2021. Т. 10. № 2 (35). С. 127–131.

- 11 Разманова С.В. ТС Крестовских, Ухтинский государственный технический университет (Ухта, Россия) // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики севера. 2021. С. 31.
- 12 Исянбаев М.Н. Приоритетные направления и механизмы нивелирования уровня развития региональных социально-экономических систем // Региональная экономика: теория и практика. 2018. Т. 16. № 10. С. 1811–1822.
- 13 Карпов В.В., Бреусова А.Г., Кorableва А.А. Методические основы и практика управления рисками регионального развития (часть 1) // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». 2020. Т. 18, № 2. С. 114–126.
- 14 Кузнецов С.В. Приоритетные направления социально-экономического развития макрорегиона «Северо-Запад» // Экономика и управление. 2012. № 6 (80). С. 107–113.
- 15 Милешко Л.П., Михайлова Е.Л. Значение мониторинга в управлении экономическими системами // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2018. № 5(111). С. 37–44.
- 16 Орехов А.А., Клейменов Д.С., Кузнецова Е.Д. Swot-анализ как инструмент оценки социально-экономического развития муниципальных образований // Вестник ВГУИТ. 2018. № 3 (77). С. 416–422.
- 17 Сaitova В. Власти Петербурга показали 13 главных проектов города // РБК. 2021. URL: https://www.rbc.ru/spb_sz/05/06/2021/60b8ed2c9a79472e408a2007
- 18 Старикова Т.В. Конфигурация проблем и выбор направлений развития социально – экономической системы региона // Теоретическая экономика. 2018. № 1 (43). С. 87–98.
- 19 Korableva O., Kalimullina O. An innovative approach to strategic risk management in banking: Russian banks case study // WSEAS Transactions on Business and Economics. 2016. V. 13. № 25. P. 269-82.
- 20 Чалдаева Л.А., Красикова А.С., Федчин И.Н. Бюджетный кризис: способы преодоления и перспективы развития регионов // Региональная экономика: теория и практика. 2015. Т. 13. № 44. С. 2–9.

References

- 1 On approval of the Spatial Development Strategy of the Russian Federation for the period up to 2025: Order of the Government of the Russian Federation of 13.02.2019 № 207-r (ed. of 23.03.2021) (in Russian).
- 2 On approval of the Strategy of socio-economic development of the North-Western Federal District for the period up to 2020: Order of the Government of the Russian Federation dated 18.11.2011 № 2074-r (ed. dated 26.12.2014) (in Russian).
- 3 The strategy of socio-economic development of the Leningrad region until 2030 (Law 08.08.2016 No. 76-oz). Available at: <https://econ.lenobl.ru/media/content/docs/3517/> Стратегия % 20 социально – economic % 20 development % 20 LO % 20 do % 20 2030 % 20 (law % 20 % 20 2008.08.2016 % 20 No.76-oz).pdf (in Russian).
- 4 Aralbayeva G.G., Tsykbaeva E.A. Roadmap of risk management in the development of the regional food market. Discussion. 2019. no. 95. pp. 38–45. (in Russian).
- 5 Rubtsov G.G., Litvinenko A.N. The use of a value-oriented approach in strategic planning on the example of the implementation of regional development strategies of the subjects of the North-Western Federal District. Management issues. 2020. no. 3 (64). (in Russian).
- 6 Borodin A.I., Kiseleva N.N. Regional economic systems and their sustainability. Bulletin of the Udmurt University. The series "Economics and Law". 2011. no.4. pp. 3–7. (in Russian).
- 7 Dudkina E.V. Analysis of the effectiveness of risk management: problems and approaches to measurement. Bulletin of Eurasian Science. 2016. no. 3 (34). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-effektivnosti-upravleniya-riskami-problemy-i-podhody-k-izmereniyu> (in Russian).
- 8 Evmenov A.D., Bulochnikov P.A. Features of functioning and interaction of regional economic systems. Economics and management. 2020. no. 26(2). pp. 137–145. (in Russian).
- 9 Zelinskaya, M.V. Regional economic system as an integral subject of the evolutionary process. Bulletin of USTU-UI. 2010. no. 1. pp.55–64. (in Russian).
- 10 Volynchuk A.B., Volynchuk Ya. A. Problems of management of the development of the border periphery in the context of international economic integration. Azimut of scientific research: economics and management. 2021. vol. 10. no. 2 (35). pp. 127–131. (in Russian).
- 11 Razmanova S.V. TS Krestovskikh, Ukhta State Technical University (uKhta, Russia). Corporate governance and innovative development of the economy of the North. 2021. pp. 31. (in Russian).
- 12 Isyanbayev M.N. Priority directions and mechanisms of leveling the level of development of regional socio-economic systems. Regional economy: theory and practice. 2018. vol. 16. no. 10. pp. 1811–1822. (in Russian).
- 13 Karpov V.V., Breusova A.G., Korableva A.A. Methodological foundations and practice of risk management of regional development (part 1). Bulletin of Omsk University. The series "Economics". 2020. vol. 18. no. 2. pp. 114–126. (in Russian).
- 14 Kuznetsov S.V. Priority directions of socio-economic development of the macro-region "North-West". Economics and management. 2012. № 6 (80). pp. 107–113. (in Russian).
- 15 Meleshko L.P., Mikhailova E.L. the Importance of monitoring in the management of economic systems. Management of economic systems: electronic scientific journal. 2018. № 5(111). pp. 37–44. (in Russian).
- 16 Orekhov A.A., Kleimenov D.S., Kuznetsova E.D. Swot analysis as a tool for assessing the socio-economic development of municipalities. Proceedings of VSUET. 2018. № 3 (77). pp. 416–422. (in Russian).
- 17 Saitova V. The authorities of St. Petersburg showed 13 main projects of the city. Available at: https://www.rbc.ru/spb_sz/05/06/2021/60b8ed2c9a79472e408a2007 (in Russian).
- 18 Starikova T.V. The configuration of problems and the choice of directions for the development of the socio-economic system of the region. Theoretical economics. 2018. № 1 (43). pp.87–98. (in Russian).
- 19 Korableva O., Kalimullina O. An innovative approach to strategic risk management in banking: Russian banks case study. WSEAS Transactions on Business and Economics. 2016. vol. 13. no. 25. pp. 269-82.
- 20 Chaldaeva L.A., Krasikova A.S., Fedchin I.N. Budget crisis: ways to overcome and prospects for the development of regions. Regional economy: theory and practice. 2015. vol. 13. no. 44. pp. 2–9. (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, г. Санкт-Петербург, 190000, Россия, atgs@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-9370-5875>

Вклад авторов

Галина С. Армашова-Тельник написал рукопись, коррек-
 тировал её до подачи в редакцию и несет ответственность
 за плагиат

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Galina S. Armashova-Telnik Cand. Sci. (Econ.), associate
 professor, program-target management in instrument engineering
 department, Saint-Petersburg State University of Aerospace
 Instrumentation, 67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg,
 190000, Russia, atgs@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-9370-5875>

Contribution

Galina S. Armashova-Telnik wrote the manuscript, correct it
 before filing in editing and is responsible for plagiarism

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Поступила 26/07/2021	После редакции 16/08/2021	Принята в печать 01/09/2021
Received 26/07/2021	Accepted in revised 16/08/2021	Accepted 01/09/2021

Управление конкурентоспособностью предприятия на основе совершенствования системы карьеры персонала

Ирина Е. Устюгова	¹	ystugova@ya.ru	 0000-0002-8832-4610
Екатерина А. Беляева	¹	ekblv@mail.ru	 0000-0002-9875-0971
Роман С. Сапрыкин	¹	roman.saprykin.1998@mail.ru	 0000-0001-6338-656X
Хоехо-Агбагла Агосси Мауссе	¹		
Ирина Ю. Князева	²	knyazeva2009@gmail.com	 0000-0001-8034-234X

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

² Российский экономический университет им ГВ Плеханова (Воронежский филиал), ул. Карла Маркса, 67 А, г. Воронеж, 394030, Россия

Аннотация. Сегодня, рыночная экономика развивается стремительно, вынуждая организации самостоятельно заботиться об обеспечении своей деятельности необходимыми человеческими ресурсами, определять цели, направления, приоритеты кадровой политики, а глобальная тенденция гуманизации отражается в смещении ценностей, акцентов внимания в сторону увеличения роли человеческого фактора в развитии экономики, возрастания значения подсистемы управления персоналом в системе управления организацией. В этих условиях на уровне экономики в целом на первый план выходит управление развитием человеческих ресурсов. В этот непростой для предприятия период необходимо определить дальнейшее развитие человеческих ресурсов предприятия – главного его богатства и носителя того опыта, который позволяет организации находиться в лидирующих позициях среди конкурентов. Менеджер по персоналу уже при приеме кандидата должен спроектировать возможную карьеру и обсудить ее с кандидатом исходя из индивидуальных особенностей человека и специфики мотивации конкретного предприятия. По итогам изучения и оценки деловой карьеры персонала предложены и разработаны следующие мероприятия по совершенствованию деловой карьеры персонала на обследованных предприятиях: создание внутреннего кадрового резерва для успешных сотрудников, занимающих не руководящие должности; создание инструментов оценки мотивации сотрудников, при успешно пройденной аттестации и выполнении всех требований, предъявляемых к занятию той или иной ступени в горизонтальной деловой карьере; создание дополнительного пакета материальной немонетарной мотивации для сотрудников рядовых должностей и специалистов для развития их горизонтальной деловой карьеры. Именно благодаря эффективному функционированию процесса развития карьеры персонала организация обретёт конкурентоспособное положение на рынке, стабильное увеличение прибыли и успешный, развивающийся вместе с организацией персонал.

Ключевые слова: конкурентоспособность, персонал, организация, карьера, трудовой потенциал, кадровый резерв

Management of the competitiveness of the enterprise based on the improvement of the personnel career system

Irina E. Ustyugova	¹	ystugova@ya.ru	 0000-0002-8832-4610
Ekaterina A. Belyaeva	¹	ekblv@mail.ru	 0000-0002-9875-0971
Roman S. Saprykin	¹	roman.saprykin.1998@mail.ru	 0000-0001-6338-656X
Hoejo-Agbagla Agossi Mousse	¹		
Irina Yu. Knyazeva	²	knyazeva2009@gmail.com	 0000-0001-8034-234X

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

² Russian University of Economics G.V. Plekhanova (Voronezh branch), Karl Marx street, 67 A, Voronezh, 394030, Russia

Abstract. Today, the market economy is developing rapidly, forcing organizations to independently take care of providing their activities with the necessary human resources, to determine goals, directions, priorities of personnel policy, and the global trend of humanization is reflected in the shift of values, emphasis towards increasing the role of the human factor in the development of the economy, increasing the importance of the personnel management subsystem in the management system of the organization. In these conditions, at the level of the economy as a whole, the management of human resource development comes to the fore. In this difficult period for the enterprise, it is necessary to determine the further development of the human resources of the enterprise – its main wealth and the bearer of the experience that allows the organization to be in a leading position among competitors. When accepting a candidate, the HR manager should already design a possible career and discuss it with the candidate based on the individual characteristics of the person and the specifics of the motivation of a particular enterprise. Based on the results of the study and assessment of the business career of personnel, the following measures were proposed and developed to improve the business career of personnel at the surveyed enterprises: creation of an internal talent pool for successful employees holding non-managerial positions; creation of tools for assessing the motivation of employees, with a successfully passed certification and fulfillment of all the requirements for taking a particular stage in a horizontal business career; creation of an additional package of material non-monetary motivation for ordinary employees and specialists for the development of their horizontal business career. It is thanks to the effective functioning of the personnel career development process that the organization will gain a competitive position in the market, a stable increase in profits and successful personnel developing together with the organization

Keywords: competitiveness, personnel, organization, career, labor potential, personnel reserve

Для цитирования

Устюгова И.Е., Беляева Е.А., Сапрыкин Р.С., Мауссе Х.А., Князева И.Ю. Управление конкурентоспособностью предприятия на основе совершенствования системы карьеры персонала // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 258–263. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-258-263

For citation

Ustyugova I.E., Belyaeva E.A., Saprykin R.S., Mause H.A., Knyazeva I.Yu. Management of the competitiveness of the enterprise based on the improvement of the personnel career system. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 258–263. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-258-263

Введение

В настоящее время увеличивается значение человеческого капитала как ведущего ресурса предприятия. Все больше работодателей, руководителей предприятий, специалистов по управлению персоналом осознают то, что от степени развития профессиональных и деловых качеств сотрудника, повышается конкурентоспособность и эффективность самого предприятия.

Отсюда возрастает значение управления карьерой как одной из технологий управления персоналом в современной организации. По мнению Е.В. Киселевой деловая карьера индивида – это самореализация личности в процессе профессионального роста, смены занимаемых профессиональных позиций.

Обсуждение

Профессиональное обучение подготавливает работника к выполнению различных производственных функций в рамках определенной должности. В течение своей профессиональной жизни человек, как правило, занимает не одну, а несколько должностей. Такая последовательность должностей, как отмечают специалисты по управлению персоналом, составляет содержание профессиональной карьеры. Последовательность должностей, занимаемых сотрудником в одной организации, называется его карьерой в организации. Для одних людей карьера становится результатом реализации детального долгосрочного плана, для других (исследования показывают, что таких большинство) – это набор случайностей. Как пишет А.И. Турчинова, при построении деловой карьеры персонала предприятия опираются на один из трех основных научных подходов: экономический, при котором производственный процесс – это главная цель предприятия, при этом интересы персонала не учитываются; органический, при котором предприятие акцентирует свое внимание на человеческих ресурсах, участвующих в производственной деятельности; гуманистический, где главный акцент – это человеческая сторона организации, проявление внимания и интереса к человеку, его интересам и целям. В современной России на многих предприятиях, осуществляющих свою экономическую деятельность, применяется современный метод построения деловой карьеры сотрудника. Данный метод широко распространён и применяется на предприятиях США, а также в европейских странах. Современный подход к построению деловой карьеры, как отмечает Е.В. Зарубина, заключается в формировании широкого профиля профессиональных компетенций, которые позволяют специалисту успешно работать в разных сферах профессиональной деятельности. Наряду с этим в России

применяется и архаический метод построения деловой карьеры персонала, данный метод жестко регламентирует продвижение индивида по карьерной лестнице и в основном применяется в структурах Министерства обороны РФ и Министерства МВД. Отметим, что архаический метод построения и развития деловой карьеры основан на долгосрочной, в идеале – пожизненной работе сотрудника в одной компании, на формировании лояльности к своей компании. Классический пример архаического подхода к построению деловой карьеры с середины XX века существует на предприятиях Японии как система пожизненного найма. В развитии деловой карьеры существует несколько этапов, которые определяются возрастом сотрудника. Как отмечают специалисты, за весь период жизни сотрудник, как правило, проходит несколько ступеней развития карьеры:

1. Подготовительный этап – до 25 лет. Включает в себя учебу и первые шаги на профессиональном поприще.
2. Становление – 25–30 лет. Этап характеризуется постепенным формированием профессиональных компетенций молодого специалиста.
3. Продвижение – 30–45 лет. По мнению многих исследователей, этот этап самый результативный в построении деловой карьеры.
4. Сохранение – 45–60 лет. Отметим, что у многих современных сотрудников на этом этапе продолжается карьерный рост, и они дорастают до руководителей своих организаций.
5. Завершение – 60–65 лет. Этап завершения карьеры сегодня часто смещается на более поздние строки.

Развитие карьеры каждого сотрудника поэтапно, оно определяется, в первую очередь, целями и желаниями самого человека в построении своей карьеры в горизонтальной или вертикальной плоскости. В развитии карьеры часто встречается вариант смешанной деловой карьеры. Виды карьеры специалисты выделяют в зависимости от ее траектории в иерархии должностей, имеющихся в организации. С этой точки зрения различают вертикальную и горизонтальную карьеры. Карьера вертикальная – вид карьеры, с которым чаще всего связывают само понятие деловой карьеры.

Под вертикальной карьерой понимается подъем на более высокую ступень структурной иерархии. Карьера горизонтальная – вид карьеры, предполагающий либо перемещение в др. функциональную область деятельности, либо выполнение определенной служебной роли на ступени, не имеющей жесткого формального закрепления в организационной структуре;

к горизонтальной карьере можно отнести также расширение или усложнение задач на прежней ступени (как правило, с адекватным изменением вознаграждения). Очевидно, что для успешного развития карьеры недостаточно одних пожеланий сотрудника, даже если они принимают форму хорошо продуманного плана. Для продвижения по иерархической лестнице необходимы профессиональные навыки, знания, опыт, настойчивость и определенный элемент везения.

Управление карьерой – одно из направлений кадровой работы в организации, содержание которого заключается в определении последовательном воплощении стратегии и этапов развития и продвижения специалистов по системе должностей или рабочих мест.

При этом служебно – профессиональное продвижение персонала организуется строго в соответствии с кадровой политикой предприятия лично руководителем на малых предприятиях или его заместителем по персоналу на крупных и средних предприятиях и проводится в жизнь сотрудниками отдела кадров.

Если служебно-профессиональное продвижение персонала идет спонтанно – по результатам увольнения сотрудников, от случая к случаю, для выполнения желания директора, то эффект планомерной расстановки кадров невелик. Только равномерное и целенаправленное движение кадров дает реальный экономический и социальный эффект.

Управление карьерным ростом сотрудников со стороны руководства организации является неотъемлемым элементом стратегии управления человеческими ресурсами и, в конечном счете, содействует достижению целей организации.

Вместе с тем, на многих предприятиях, в том числе в организациях АПК, важность управления деловой карьерой персонала пока еще недооценивается. С помощью количественных и качественных методов: анализа документов и анкетирования сотрудников было проведено социологическое исследование построения деловой карьеры персонала ряда промышленных и аграрных предприятий г. Санкт-Петербург и Московской области.

Для уточнения исходной гипотезы и полученных результатов было проведено экспертное интервью ключевых специалистов этих предприятий. Были изучены и проанализированы нормативно правовые акты предприятия, регламентирующие построение деловой карьеры сотрудников предприятий, социально-экономические аспекты жизни организаций и социально-трудовые показатели обследованных предприятий.

Всего на пяти предприятиях в исследовании приняло участие 137 человек, из них в экспертном интервью – 28 человек.

Анкетирование проводилось в форме смарт-опроса. Результаты исследования показали, что на трех обследованных предприятиях имеется план работы с кадровым резервом, на четырех – разработаны положения о материальной и нематериальной мотивации сотрудников, такие как устная благодарность, лучший работник месяца, поощрение работников, премирование. На двух предприятиях организовано обучение на руководящие должности в корпоративном университете предприятия. В результате проведенного исследования управления деловой карьерой персонала были выделены следующие типичные проблемы в этой области:

1. Отсутствует развитие горизонтальной деловой карьеры линейного персонала ряда предприятий.

2. Отсутствует система материального стимулирования лучших сотрудников. Оплата труда производится одинаково для всех сотрудников линейного персонала в соответствии с занимаемой должностью.

3. Не все сотрудники исследованного предприятия стремятся к развитию вертикальной или горизонтальной карьеры.

4. При оценке качества трудовой жизни сотрудников предприятия была выявлена неудовлетворенность, либо низкая удовлетворенность развитием деловой карьеры сотрудников.

Выделенные проблемы в управлении деловой карьерой персонала влекут за собой недовольство сотрудников руководством своих организаций, снижение качества трудовой жизни персонала, снижение удовлетворенности трудом, и, как следствие, повышение уровня текучести персонала.

По итогам изучения и оценки деловой карьеры персонала предложены и разработаны следующие мероприятия по совершенствованию деловой карьеры персонала на обследованных предприятиях:

1. Создание внутреннего кадрового резерва для успешных сотрудников, занимающих не руководящие должности, что, по нашим предположениям, поможет снизить текучесть кадров и повысить лояльное отношение к руководству, а также будет способствовать развитию вертикальной деловой карьеры некоторых сотрудников. Такой внутренний резерв среди линейного персонала: фасовщиков, продавцов-универсалов, кассиров создается путем ежемессечной оценки и периодической аттестации

работников, итоги которых помогут выявить развитие профессиональных компетенций и потенциала сотрудников.

2. Создание инструментов оценки мотивации сотрудников, при успешно пройденной аттестации и выполнении всех требований, предъявляемых к занятию той или иной ступени в горизонтальной деловой карьере.

3. Создание дополнительного пакета материальной немонетарной мотивации для сотрудников рядовых должностей и специалистов для развития их горизонтальной деловой карьеры. В частности, было предложено для совершенствования управления деловой карьеры успешных сотрудников линейного персонала ввести компенсацию затрат на получение образования в образовательных учреждениях при обучении за счет средств обучаемого в размере 25 % от суммы обучения в год, при условии предоставления всех подтверждающих документов

об оплате (договор, квитанции об оплате за образование), а так же заключения соглашения об обязательной отработке на предприятии трех лет после успешного окончания образовательного учреждения.

Внедрение этого предложения поможет мотивировать сотрудников, заинтересованных в своем профессиональном развитии, к получению профессионального образования и закреплению на предприятии, что в перспективе поможет снизить текучесть линейного персонала.

Заключение

Управление деловой карьерой сотрудников является важной технологией управления персоналом, которое напрямую влияет на повышение эффективности и конкурентоспособности современного предприятия. В статье были рассмотрены основные этапы развития личной карьеры в организации.

Литература

- 1 Устюгова И.Е., Малышева А.В. Направления совершенствования адаптации молодых сотрудников организации // Научно-практические исследования. 2020. №. 2-2. С. 117-120.
- 2 Беляева Е.А., Яворская Е.С. Профессиональное обучение персонала как фактор эффективности деятельности организации // Научная молодежь в аграрной науке: достижения и перспективы: сборник материалов XXIII международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов в рамках проведения года Молодежи Республики Казахстан. Алматы: КазНАУ, 2019.
- 3 Chursin A., Tyulin A., Yudin A. The model of risk assessment in the management of company's competitiveness // Journal of Applied Economic Sciences. 2016. V. 11. №. 8. P. 1781-1790.
- 4 Kianto A., Andreeva T., Pavlov Y. The impact of intellectual capital management on company competitiveness and financial performance // Knowledge Management Research & Practice. 2013. V. 11. №. 2. P. 112-122. doi: 10.1057/kmrp.2013.9
- 5 Задирора В. Новый взгляд на адаптацию персонала. URL: <http://www.hr100.ru/wmc/mfo/artide/artide02/?id=1165254408>
- 6 Armstrong M. Handbook of Human Resource Management. 2011.
- 7 Hidi S., Harackiewicz J.M. Motivating the corporately unmotivated: A critical issue for the 21st century // Review of Educational Research. 2013. № 70(2). P. 151-179.
- 8 Saqib S., Abrar M., Sabir H.M., Bashir M. et al. Impact of tangible and intangible rewards on organizational commitment: evidence from the textile sector of Pakistan // American Journal of Industrial and Business Management. 2015. V. 5. №. 03. P. 138. doi: 10.4236/ajibm.2015.53015
- 9 Mosca M., Pastore F. Wage effects of recruitment methods: the case of the Italian social service sector // Paid and Unpaid Labour in the Social Economy. Physica, Heidelberg, 2009. P. 115-141. doi: 10.1007/978-3-7908-2137-6_8
- 10 Yakubovich V. Weak Ties, Information, and Influence: How Workers Find Jobs in a Local Russian Labor Market // American Sociological Review. 2014. P. 408-421.
- 11 Kafetzopoulos D., Gotzamani K., Gkana V. Relationship between quality management, innovation and competitiveness. Evidence from Greek companies // Journal of Manufacturing Technology Management. 2015. doi: 10.1108/JMTM-02-2015-0007
- 12 Nassar N., Tvaronavičienė M. A systematic theoretical review on sustainable management for green competitiveness // Insights into regional development. 2021. V. 3. №. 2. P. 267-281. doi: 10.9770/IRD.2021.3.2(7)
- 13 Lin C. et al. The role of human capital management in organizational competitiveness // Social Behavior and Personality: an international journal. 2017. V. 45. №. 1. P. 81-92. doi: 10.2224/sbp.5614
- 14 Marikina M. The impact of ecological regulations and management on national competitiveness in the Balkan States // Journal of Competitiveness. 2018. V. 10. №. 4. P. 120-135. doi: 10.7441/joc.2018.04.08
- 15 Amir A., Auzair S.M., Amiruddin R. Cost management, entrepreneurship and competitiveness of strategic priorities for small and medium enterprises // Procedia-Social and Behavioral Sciences. 2016. V. 219. P. 84-90. doi: 10.1016/j.sbspro.2016.04.046
- 16 Алексенко А.А., Лейсле Т.В. Управление конкурентоспособностью предприятия // Раздел. 2017. С. 88.
- 17 Данилова Н.П., Халтурина Е.Н. Управление конкурентоспособностью предприятия // Скиф. Вопросы студенческой науки. 2018. №. 4 (20).
- 18 Патрахина Т.Н., Ткаченко Ю.И. К вопросу об адаптации персонала: теоретический аспект // Молодой ученый. 2015. №. 7. С. 464-466.

19 Гони́на О.О., Ильченко С.В. Актуальные аспекты эффективной системы адаптации персонала // Бизнес и дизайн ревю. 2018. № 3 (11).

20 Котлова А.С., Попова О.А. Адаптация персонала на предприятии в современных условиях // Экономика и менеджмент инновационных технологий. 2014. № 6. С. 2-2.

References

- 1 Ustyugova I.E., Malysheva A.V. Directions for improving the adaptation of young employees of the organization. Scientific and practical research. 2020. no. 2-2. pp. 117-120. (in Russian).
- 2 Belyaeva E.A., Yavorskaya E.S. Professional training of personnel as a factor in the effectiveness of the organization. Scientific youth in agricultural science: achievements and prospects: collection of materials of the XXIII international scientific and practical conference of young scientists and students in the framework of the Year of Youth of the Republic of Kazakhstan. Almaty, KazNAU, 2019. (in Russian).
- 3 Chursin A., Tyulin A., Yudin A. The model of risk assessment in the management of company's competitiveness. Journal of Applied Economic Sciences. 2016. vol. 11. no. 8. pp. 1781-1790.
- 4 Kianto A., Andreeva T., Pavlov Y. The impact of intellectual capital management on company competitiveness and financial performance. Knowledge Management Research & Practice. 2013. vol. 11. no. 2. pp. 112-122. doi: 10.1057/kmrp.2013.9
- 5 Zadiora V. A new look at personnel adaptation. Available at: <http://www.hr100.ru/wmc/mfo/artide/artide02/?id=1165254408> (in Russian).
- 6 Armstrong M. Handbook of Human Resource Management. 2011.
- 7 Hidi S., Harackiewicz J.M. Motivating the corporately unmotivated: A critical issue for the 21st century. Review of Educational Research. 2013. no. 70(2). pp. 151-179.
- 8 Saqib S., Abrar M., Sabir H.M., Bashir M. et al. Impact of tangible and intangible rewards on organizational commitment: evidence from the textile sector of Pakistan. American Journal of Industrial and Business Management. 2015. vol. 5. no. 03. pp. 138. doi: 10.4236/ajibm.2015.53015
- 9 Mosca M., Pastore F. Wage effects of recruitment methods: the case of the Italian social service sector. Paid and Unpaid Labour in the Social Economy. Physica, Heidelberg, 2009. pp. 115-141. doi: 10.1007/978-3-7908-2137-6_8
- 10 Yakubovich V. Weak Ties, Information, and Influence: How Workers Find Jobs in a Local Russian Labor Market. American Sociological Review. 2014. pp. 408-421.
- 11 Kafetzopoulos D., Gotzamani K., Gkana V. Relationship between quality management, innovation and competitiveness. Evidence from Greek companies. Journal of Manufacturing Technology Management. 2015. doi: 10.1108/JMTM-02-2015-0007
- 12 Nassar N., Tvaronavičienė M. A systematic theoretical review on sustainable management for green competitiveness. Insights into regional development. 2021. vol. 3. no. 2. pp. 267-281. doi: 10.9770/IRD.2021.3.2(7)
- 13 Lin C. et al. The role of human capital management in organizational competitiveness. Social Behavior and Personality: an international journal. 2017. vol. 45. no. 1. pp. 81-92. doi: 10.2224/sbp.5614
- 14 Marikina M. The impact of ecological regulations and management on national competitiveness in the Balkan States. Journal of Competitiveness. 2018. vol. 10. no. 4. pp. 120-135. doi: 10.7441/joc.2018.04.08
- 15 Amir A., Auzair S.M., Amiruddin R. Cost management, entrepreneurship and competitiveness of strategic priorities for small and medium enterprises. Procedia-Social and Behavioral Sciences. 2016. vol. 219. pp. 84-90. doi: 10.1016/j.sbspro.2016.04.046
- 16 Aleksenko A.A., Leisle T.V. Enterprise competitiveness management. Section. 2017. pp. 88. (in Russian).
- 17 Danilova N.P., Khalturina E.N. Enterprise competitiveness management. Skif. Student science questions. 2018. no. 4 (20). (in Russian).
- 18 Patrakhina T.N., Tkachenko Yu.I. On the question of personnel adaptation: a theoretical aspect. Young scientist. 2015. no. 7. pp. 464-466. (in Russian).
- 19 Goniina O.O., Ilchenko S.V. Actual aspects of an effective personnel adaptation system. Business and design review. 2018. no. 3 (11). (in Russian).
- 20 Kotlova A.S., Popova O.A. Adaptation of personnel at the enterprise in modern conditions. Economics and management of innovative technologies. 2014. no. 6. pp. 2-2. (in Russian).

Сведения об авторах

Ирина Е. Устюгова к.э.н., доцент, кафедра управления, организации производства и отраслевой экономики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ystugova@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8832-4610>

Екатерина А. Беляева к.э.н., доцент, кафедра управления, организации производства и отраслевой экономики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ekblv@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9875-0971>

Information about authors

Irina E. Ustyugova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, management, organization of production and industry economy department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ystugova@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8832-4610>

Ekatgerina A. Belyaeva Cand. Sci. (Econ.), associate professor, management, organization of production and industry economy department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394066, Russia, ekblv@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9875-0971>

Роман С. Сапрыкин студент, кафедра управления, организации производства и отраслевой экономики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, roman.saprykin.1998@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6338-656X>

Хоехо-Агбагла Агосси Майссе студент, кафедра управления, организации производства и отраслевой экономики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Ирина Ю. Князева к.э.н., доцент, кафедра экономики и экономической безопасности, Российский экономический университет им ГВ Плеханова (Воронежский филиал), ул. Карла Маркса, 67 А, г. Воронеж, 394030, Россия, knyazeva2009@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-8034-234X>

Roman S. Saprykin student, management, organization of production and industry economy department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394066, Russia, roman.saprykin.1998@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6338-656X>

Hoejo-Agbagla Agossi Mousse student, management, organization of production and industry economy department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394066, Russia

Irina Yu. Knyazeva Cand. Sci. (Econ.), associate professor, Russian Economic University named after G.V. Plekhanov (Voronezh branch), st. Karl Marx, 67 A, Voronezh, 394030, Russia, knyazeva2009@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-8034-234X>

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 were equally involved in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 01/07/2021	После редакции 28/07/2021	Принята в печать 18/08/2021
Received 01/07/2021	Accepted in revised 28/07/2021	Accepted 18/08/2021

Специфика работы оборонных предприятий с экономической точки зрения

Виктор Г. Лутченко ²	180@vniivega.ru	 0000-0001-7626-9725
Александр И. Хорев ¹	al.khorev@gmail.com	 0000-0002-8438-0607
Людмила Л. Адраховская ¹	adrakhovskaya9696@mail.ru	 0000-0002-3843-3317

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

² АО «ВНИИ «Вега», Московский проспект 7Б, г. Воронеж, 394026, Россия

Аннотация. В статье рассмотрена актуальная проблема, которая связана с необходимостью выявления специфики работы оборонных предприятий с экономической точки зрения. Данному направлению исследования посвящено недостаточное количество научных трудов. Для повышения эффективности работы оборонных предприятий авторами предложены основные параметры их соответствия современным условиям развития экономики России. В число этих параметров входит высокое качество продукции, обеспечение импортозамещения, достойный уровень профессионализма персонала. Рассмотрены основные причины отсутствия эффективности деятельности оборонных предприятий, одной из которых является тенденция сокращения выделения средств на проведение НИОКР со стороны оборонных ведомств, что в конечном итоге не способствует диверсификации продукции. Авторы выражают мнение о том, что в современных условиях большой процент оборонных предприятий не в состоянии обеспечить эффективную экономическую деятельность в связи с включением в интегрированные структуры. Российская практика развития интегрированных структур подтверждает тот факт, что их эффективное функционирование не может быть обеспечено из-за отсутствия грамотного корпоративного управления. В статье представлены ключевые меры государственной поддержки оборонных предприятий. Авторами предложены возможные пути повышения эффективности деятельности предприятий оборонно-промышленного комплекса, которые включают в себя поддерживающие законодательные и нормативно-правовые инициативы государства. Рассмотрена ситуация и с кадровым обеспечением оборонного комплекса России. Описана необходимость независимой адекватной оценки компетенций и интеллектуальных способностей кандидата, а не уровень «доверительных, родственных отношений» с руководящим составом оборонных предприятий. В связи с вышеизложенным, работу оборонных предприятий необходимо рассматривать с экономической точки зрения для дальнейшего обеспечения их эффективной деятельности, а также развития всего оборонно-промышленного комплекса России.

Ключевые слова: оборонные предприятия, эффективность деятельности, интеграция, издержки

The specifics of the work of defense enterprises from an economic point of view

Viktor G. Lutchenko ²	180@vniivega.ru	 0000-0001-7626-9725
Aleksandr I. Khorev ¹	al.khorev@gmail.com	 0000-0002-8438-0607
Lyudmila L. Adrakhovskaya ¹	adrakhovskaya9696@mail.ru	 0000-0002-3843-3317

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

² JSC Vega, Moscow Avenue, 7B, Voronezh, 394026, Russia

Abstract. The article deals with an urgent problem that is associated with the need to identify the specifics of the work of defense enterprises from an economic point of view. An insufficient number of scientific works are devoted to this direction of research. To improve the efficiency of defense enterprises work, the authors proposed the main parameters of their compliance with the modern conditions of the development of the Russian economy. These parameters include the high quality of products, the provision of import substitution, and a decent level of professionalism of the personnel. The main reasons for the lack of efficiency in the activities of defense enterprises are considered, one of which is the tendency to reduce the allocation of funds for R&D by defense departments, which ultimately does not contribute to the diversification of products. The authors express the opinion that in modern conditions a large percentage of defense enterprises are unable to ensure effective economic activity due to their inclusion in integrated structures. The Russian practice of developing integrated structures confirms the fact that their effective functioning cannot be ensured due to the lack of competent corporate governance. The article presents the key measures of state support for defense enterprises. The authors proposed possible ways to improve the efficiency of the enterprises of the military-industrial complex, which include supporting legislative and regulatory initiatives of the state. The situation with the staffing of the Russian defense complex is also considered. The need for an independent adequate assessment of the competencies and intellectual abilities of the candidate is described, but not the level of «trusting, kinship relations» with the leadership of defense enterprises. In connection with the above, the work of defense enterprises must be considered from an economic point of view in order to further ensure their effective operation, as well as the development of the entire defense-industrial complex of Russia.

Keywords: defense enterprises, operational efficiency, integration, costs

Введение

Специфике работы оборонных предприятий России посвящено большое количество публикаций, в которых отражены общие требования, которым должны соответствовать эти

предприятия в современных условиях. К числу этих требований, как правило, относятся следующие [1]:

- высокое качество продукции;
- высокий профессионализм персонала;

Для цитирования

Лутченко В.Г., Хорев А.И., Адраховская Л.Л. Специфика работы оборонных предприятий с экономической точки зрения // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 264–268. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-264-268

For citation

Lutchenko V.G., Khorev A.I., Adrakhovskaya L.L. The specifics of the work of defense enterprises from an economic point of view. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 264–268. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-264-268

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

- работа в условиях большого риска при сокращении оборонных заказов;
- обеспечение импортозамещения;
- поддержание потенциала и ресурсов для изготовления уникальной продукции;
- готовность к диверсификации производства;
- освоение и изготовление гражданской продукции.

Что касается работы оборонных предприятий с экономической точки зрения, то освещению этого вопроса в публикациях уделяется мало внимания.

Обсуждение

На государственном уровне России политика в области развития ОПК на сегодняшний день имеет два основных приоритета. Первый – выполнение гособоронзаказа в запланированные сроки и второй – обеспечение качества продукции. Экономической эффективности работы предприятий ОПК на федеральном уровне практически не уделяется внимания. По мнению военного обозревателя А. Гольца [8] в СССР была система изготовления оборонной продукции, которая не имела никакого отношения к экономике, главное – изготовить. С развалом СССР прекратила существование советская система военного производства, но взамен до сих пор ни в организационном, ни в экономическом виде ничего не создано. Предприятия сейчас сами все производят на своих мощностях, что делает продукцию очень дорогой, с большими издержками, и не эффективной с экономической точки зрения, хотя этот вопрос для предприятий ОПК является важнейшим по следующим причинам [3]:

- очень малый закладываемый в договорах процент прибыли;
- неритмичность оплаты работ в течение года со стороны оборонных ведомств;
- тенденция сокращения выделения средств на проведение НИОКР со стороны оборонных ведомств, что не способствует диверсификации продукции;
- на предприятиях ОПК применяется устоявшийся порядок ценообразования, не способствующий созданию стимулов для перевооружения, повышения качества продукции, производительности труда и эффективности работы предприятия, так как значительная часть прибыли изымается в доход государства;
- не отработана система заключения договоров на поставку оборонной продукции, поскольку договора должны заключаться как минимум за 4–6 месяцев до начала года производства продукции, а не в феврале года производства, поскольку комплектация не может

быть заказана без заключенного договора, а на ее изготовление требуется от 4 до 9 месяцев. В результате поставки продукции по таким договорам срываются не по вине оборонных предприятий, а из-за отсутствия системы военного производства в России;

- запрет на использование в оборонной продукции импортных комплектующих привел к тому, что отечественные производители не готовы в необходимых количествах ее производить, что так же является угрозой срыва поставок оборонной продукции не по вине оборонных предприятий, а из-за опять же отсутствия системы военного производства в России.

Перечисленные причины отрицательно сказываются на экономическом положении предприятий ОПК, казалось бы, в условиях, выгодных для них в экономическом плане, когда цена продукции рассчитывается на основе издержек и чем выше издержки, тем выше выручка и прибыль. Но издержки зачастую растут не потому, что все они зависят только от предприятий, а зачастую по совершенно не зависящим от предприятий причинам: от неотрегулированности отношений, как с заказчиками, так и с государственными структурами, а также от многочисленных факторов, исходящих от внешней среды: постоянный рост стоимости комплектующих и материалов, энергоносителей и многого другого. Кроме того, рост издержек связан с тем, что на оборонных предприятиях используются методы индивидуального производства продукции и жесткие методы контроля качества, что требует значительных затрат.

Сейчас, когда предприятия ОПК не заинтересованы, да и пожалуй, не могут уменьшать издержки по естественной причине возможного падения объемов производства и прибыли, появились публикации [1], утверждающие, что без сокращения издержек перспектив развития у оборонных предприятий России нет в условиях дефицита федерального бюджета и сокращения гособоронзаказа, и что предложенные в публикациях мероприятия позволят сократить издержки, сохранив объемы выпускаемой продукции, и самое главное практически не требуют финансирования.

Авторы не могут согласиться с такой позицией, поскольку даже в сегодняшних условиях, когда издержки предприятий ОПК растут, тем не менее, большинство из оборонных предприятий не в состоянии обеспечить эффективную экономическую деятельность.

Если же издержки уменьшать и этим заниматься постоянно, то, по мнению авторов, крах оборонных предприятий по экономическим причинам неизбежен. О критическом экономическом состоянии оборонных предприятий

России говорит тот факт, что на середину 2021 г. их долги по банковским кредитам составили 2,3 триллиона рублей [9].

Рассмотрим основные причины неудовлетворительного экономического состояния оборонных предприятий.

Одной из основных причин неудовлетворительного экономического состояния оборонных предприятий является то обстоятельство, что большинство из них входят в интегрированные структуры (ИС), эффективность деятельности которых в России не дает положительных результатов из-за отсутствия надлежащего корпоративного управления со стороны центрального аппарата ИС, что не позволяет добиваться эффекта интеграции в виде синергии, снижения транзакционных издержек и получения конкурентных преимуществ, а значит и получения прибыли.

Тем не менее, основным требованием, предъявляемым к предприятиям со стороны центрального аппарата ИС является получение прибыли, а так же изготовление гражданской продукции. Но для получения требуемого ИС размера прибыли совершенно недостаточно, чтобы предприятия успешно работали только за счет имеющихся у них ресурсов, необходимо, чтобы им в этом вопросе помогали преимущества за счет вхождения в ИС.

Однако, получение предприятиями преимуществ и получение прибыли возможно, когда налажено корпоративное управление со стороны центрального аппарата ИС. К сожалению, вместо обеспечения эффективного управления процессом интеграции предприятий центральные аппараты ИС занимаются необоснованно громадным объемом контрольных функций, выполнение которых требует привлечения значительного количества работников, что увеличивает накладные расходы, сопоставимые с размером получаемой предприятиями прибыли [4].

К числу причин, которые ухудшают экономическое состояние предприятий, следует отнести так же то обстоятельство, что руководители предприятий не в состоянии полностью распоряжаться заработанными средствами из-за необходимости выполнения целого ряда постановлений Правительства РФ «О казначейском сопровождении средств по государственным оборонным заказам». В соответствии с этими постановлениями все средства необходимо разносить по контрактам по соответствующим кодам направлений расходования. В результате руководство предприятий практически лишается возможности сбалансировать работу предприятия по уплате налогов, закупке комплектации и материалов, выплаты заработной платы, получению прибыли, платежам за тепло и водоснабжение и т. д., так как контракты имеют разные сроки исполнения с разными размерами устанавливаемых

авансов. Наличие такой проблемы уже неоднократно приводило к срыву поставки комплектации, к невыполнению контрактов, задержке выплаты зарплаты, резкому ухудшению работы с контрагентами, затягиванию сроков заключения контрактов, а значит и к неполучению прибыли.

Значительные сложности, ухудшающие экономическое состояние предприятия, а значит снижение прибыли, является необходимость освоения ими гражданской продукции в соответствии с указаниями руководства ИС [5, 6].

Даже плавный переход на освоение и выпуск гражданской продукции оборонным предприятием требует решения сложнейших и масштабных вопросов переориентации производства, профессиональной переподготовки и возможного трудоустройства высвобождаемой рабочей силы, финансирования реорганизации всех служб предприятия, которым оно не располагает. Заявления Минпромторга о том, что в России созданы все условия для конверсии ОПК совершенно беспочвенны. Те небольшие собственные средства предприятия, в ущерб получения прибыли, которые они тратят на освоение гражданской продукции без должной поддержки со стороны государства, обречены на провал, о чем говорит опыт США в осуществлении конверсии [7].

Так же, к числу причин ухудшения экономического состояния предприятия следует отнести необходимость выполнения ими ряда указаний руководителей ИС. Выдача указаний «под копирку» всем предприятиям не учитывает индивидуальность существующих проблем на этих предприятиях. Так, выполнение указаний развития производственных систем (РПС), реализующих идеологию бережливого производства при внешне не вызывающем сомнения полезности указания на ряде предприятий в случае их выполнения кроме значительных затрат не принесет эффекта в производстве.

Необходимость выполнения всех требований РПС на таких предприятиях не учитывает того, что значительное количество предприятий ОПК являются предприятиями индивидуального производства, с дефицитом площадей, осуществляющих не только поставки продукции, но изготавливающие макеты, опытные образцы для НИОКР.

Подобные предприятия ОПК как правило, выпускают многономенклатурную продукцию, измеряемую многими десятками в количествах от одной до нескольких десятков штук, причем с номенклатурой продукции, которая может меняться в течение года много раз.

Все это не позволяет полноценно без экономического ущерба предприятиям выполнять указания о внедрении РПС. Кроме того, следует учитывать, что даже если внедрение РПС гипотетически и приведет к сокращениям издержек

и снижению себестоимости, то это так же приведет к снижению цены продукции, уменьшению выручки и прибыли. Внедрение РПС возможно даст экономический эффект лишь при серийном производстве и наличии конкуренции, а конкурентов у предприятий ОПК как правило, в России нет.

Приведенные в публикации [2] мероприятия в количестве 20 пунктов, которые могут позволить повысить экономическую эффективность предприятий ОПК, по мнению авторов, носят декларативный характер, не имеющий ничего общего с реалистичной картиной работы подобных предприятий.

Текущие проблема российского ОПК радиоэлектронной отрасли России изложены в работе [10–20] и отражают те меры поддержки со стороны государства оборонным предприятиям, которые помогут улучшить их экономическое состояние.

Заключение

Рассмотренные в статье причины, мешающие работе предприятий ОПК с экономической точки зрения, свидетельствуют о том, что повышение экономической эффективности и получение прибыли оборонными предприятиями мало зависят от издержек, которые в любом случае будут расти не зависимо от предприятий, а в большей степени зависят от того, что будет ли создана в России система оборонного производства, отражающая как экономическую, так и организационную основу работы предприятий ОПК, а так же появятся ли новые законодательные инициативы, не мешающие, а способствующие работе предприятий, и придут ли, наконец, на руководящие государственные и ключевые посты в промышленности, профессионально подготовленные специалисты, а не доверенные лица.

Литература

- 1 Бабурина И.А. и др. Основные особенности предприятий оборонно-промышленного комплекса // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2018.
- 2 Рахманов А.А. 8 проблем российского ОПК и пути их решения // ВКС. 2010. № 2 (87).
- 3 Попков Д., Коцюбинский В., Коцюбинская С. О необходимых мерах по повышению экономической эффективности предприятий ОПК // Экономическое развитие России. 2017. Т. 24. №. 9.
- 4 Гольц А. Пирамиды Путина. Как ОПК, будучи банкротом, собирается в 2021 году производить новые виды вооружений. URL: <https://theins.ru/opinions/golts/237921>
- 5 Доклад экспертного совета Председателя коллегии ВПК РФ. Диверсификация ОПК: как побеждать на гражданских рынках. Новосибирск, 2017.
- 6 Катаонов В. Оборонка в долговой петле. URL: https://zavtra.ru/blogs/oboronka_v_dolgovoj_petle
- 7 Кукушкина Г. Условия развития предприятий ОПК // Новый оборонный заказ. Стратегии. 2021. № 2 (67).
- 8 Хорев А.И., Воронов П.А. Анализ эффективности корпоративного управления дочерним предприятием, входящим в интегрированную структуру // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК–продукты здорового питания. 2016. №. 6 (14).
- 9 Штефан В.И., Штефан Е.В. Возможность адаптация инфраструктуры оборонного предприятия под выпуск гражданской продукции // Экономика и предпринимательство. 2020. № 10 (123).
- 10 Штефан В.И., Штефан Е.В., Лутченко В.Г. Возможность реализации конверсии, двойных технологий, диверсификации на российских предприятиях оборонного профиля // Экономика и предпринимательство. 2019. № 1 (102).
- 11 Hartley K. The economics of defence policy: a new perspective. Routledge, 2012.
- 12 Moura S., Oudot J.M. Performances of the defense industrial base in France: The role of small and medium enterprises // Defence and peace economics. 2017. V. 28. №. 6. P. 652-668. doi: 10.1080/10242694.2016.1195574
- 13 Abdulkadyrov A.S., Hakhalev V.Y., Hakhaleva S.S. High-tech CluFigs as a basis for improving the Russian defense industrial complex with respect to digitalization // The International Scientific and Practical Forum “Industry. Science. Competence. Integration”. Springer, Cham, 2019. P. 221-226. doi: 10.1007/978-3-030-40749-0_26
- 14 Bat'kovskii A.M., Trofimets V.Y., Trofimets E.N. Developing methods to assess financial and economic state of enterprises of military-industrial complex // Finance and Credit. 2014. №. 48. P. 34-45.
- 15 Antczak J., Horzela I., Nowakowska-Krystman A. Influence of Financial Liquidity on the Competitiveness of Defense Industry Enterprises // European Research Studies. 2021. V. 24. №. 2. P. 257-273.
- 16 Jumadilova S., Adilova A., Seidaliyeva D. Introducing project management system into enterprises of defense industry in Kazakhstan // Problems and Perspectives in Management. 2019. V. 17. №. 2. P. 527. doi: 10.21511/ppm.17(2).2019.41
- 17 Murukina A.D., Tipner L.M., Kalinina N.E. Factors of successful diversification for machine-building enterprises // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2020. V. 709. №. 3. P. 033048.
- 18 Waissi G.R., Humble J.E., Demir M. Competitiveness of Small-and Medium Enterprises of the Arizona Aerospace and Defense Supply Chain // Journal of Logistics Management. 2013. V. 2. №. 1. P. 15-25. doi: 10.5923/j.logistics.20130201.03
- 19 Lubnina A.A., Shinkevich M.V., Yalunina E.N., Gaidamashko I.V. et al. Innovative strategy for improving the efficiency of industrial enterprises management // Revista Espacios. 2018. V. 39. №. 09.
- 20 Tihonov A.I., Silant'eva E.A. Key aspects of defense industry complex enterprises innovative development // Economics. 2016. V. 23. №. 2. P. 195-199.

References

- 1 Baburina I.A. et al. The main features of the enterprises of the military-industrial complex. Actual problems of aviation and cosmonautics. 2018. (in Russian).
- 2 Rakhmanov A.A. 8 problems of the Russian OPK and ways to solve them. BKC. 2010. no. 2 (87). (in Russian).

- 3 Popkov D., Kotsyubinsky V., Kotsyubinskaya S. On the necessary measures to increase the economic efficiency of defense enterprises. *Economic development of Russia*. 2017. vol. 24. no. 9. (in Russian).
- 4 Golts A. Putin's Pyramids. How OPK, being bankrupt, is going to produce new types of weapons in 2021. Available at: <https://theins.ru/opinions/golts/237921> (in Russian).
- 5 Report of the Expert Council of the Chairman of the Board of the VPK RF. OPK diversification: how to win in civilian markets. Novosibirsk, 2017. (in Russian).
- 6 Katasonov V. Defense in a debt loop. Available at: https://zavtra.ru/blogs/oboronka_v_dolgovoij_petle (in Russian).
- 7 Kukushkina G. Conditions for the development of OPK enterprises. *New defense order. Strategies*. 2021. no. 2 (67). (in Russian).
- 8 Khorev A.I., Voronov P.A. Analysis of the efficiency of corporate management of a subsidiary that is part of an integrated structure. *Technologies of food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products*. 2016. no. 6 (14). (in Russian).
- 9 Shtefan V.I., Shtefan E.V. Possibility of adapting the infrastructure of a defense enterprise for the production of civilian products. *Economy and Entrepreneurship*. 2020. no. 10 (123). (in Russian).
- 10 Shtefan V.I., Shtefan E.V., Lutchenko V.G. Possibility of implementing conversion, twin technologies, diversification at Russian defense enterprises. *Economics and Entrepreneurship*. 2019. no. 1 (102). (in Russian).
- 11 Hartley K. The economics of defence policy: a new perspective. Routledge, 2012.
- 12 Moura S., Oudot J.M. Performances of the defense industrial base in France: The role of small and medium enterprises. *Defence and peace economics*. 2017. vol. 28. no. 6. pp. 652-668. doi: 10.1080/10242694.2016.1195574
- 13 Abdulkadyrov A.S., Hakhalev V.Y., Hakhaleva S.S. High-tech CluFigs as a basis for improving the Russian defense industrial complex with respect to digitalization. *The International Scientific and Practical Forum "Industry. Science. Competence. Integration"*. Springer, Cham, 2019. pp. 221-226. doi: 10.1007/978-3-030-40749-0_26
- 14 Bat'kovskii A.M., Trofimets V.Y., Trofimets E.N. Developing methods to assess financial and economic state of enterprises of military-industrial complex. *Finance and Credit*. 2014. no. 48. pp. 34-45.
- 15 Antczak J., Horzela I., Nowakowska-Krystman A. Influence of Financial Liquidity on the Competitiveness of Defense Industry Enterprises. *European Research Studies*. 2021. vol. 24. no. 2. pp. 257-273.
- 16 Jumadilova S., Adilova A., Seidaliyeva D. Introducing project management system into enterprises of defense industry in Kazakhstan. *Problems and Perspectives in Management*. 2019. vol. 17. no. 2. pp. 527. doi: 10.21511/ppm.17(2).2019.41
- 17 Murukina A.D., Tipner L.M., Kalinina N.E. Factors of successful diversification for machine-building enterprises. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2020. vol. 709. no. 3. pp. 033048.
- 18 Waissi G.R., Humble J.E., Demir M. Competitiveness of Small-and Medium Enterprises of the Arizona Aerospace and Defense Supply Chain. *Journal of Logistics Management*. 2013. vol. 2. no. 1. pp. 15-25. doi: 10.5923/j.logistics.20130201.03
- 19 Lubnina A.A., Shinkevich M.V., Yalunina E.N., Gaidamashko I.V. et al. Innovative strategy for improving the efficiency of industrial enterprises management. *Revista Espacios*. 2018. vol. 39. no. 09.
- 20 Tihonov A.I., Silant'eva E.A. Key aspects of defense industry complex enterprises innovative development. *Economics*. 2016. vol. 23. no. 2. pp. 195-199.

Сведения об авторах

Виктор Г. Лутченко к.т.н., заместитель начальника отдела системного анализа, АО «ВНИИ «Вега», Московский проспект 7Б, г. Воронеж, 394026, Россия, 180@vniivega.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7626-9725>

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, al.khorev@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8438-0607>

Людмила Л. Адраховская ассистент, кафедра теории экономики и учетной политики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, adrakhovskaya9696@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3843-3317>

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

Viktor G. Lutchenko Cand. Sci. (Engin.), deputy head of system analysis, JSC Vega, Moscow Avenue, 7-B, Voronezh, 394036, Russia, 180@vniivega.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7626-9725>

Aleksandr I. Khorev Dr. Sci. (Econ.), professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, al.khorev@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8438-0607>

Lyudmila L. Adrakhovskaya assistant, theory of economics and accounting policy department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, adrakhovskaya9696@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3843-3317>

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 19/07/2021	После редакции 04/08/2021	Принята в печать 26/08/2021
Received 19/07/2021	Accepted in revised 04/08/2021	Accepted 26/08/2021

Анализ рынка деревообрабатывающего производства в России

Алишер Ш. Субхонбердиев ¹	alisher-man@mail.ru	 0000-0002-9105-7875
Елена В. Титова ¹	titova.elena1981@mail.ru	 0000-0001-8800-9453
Галина Н. Егорова ²	egorovahp@gmail.com	 0000-0002-9907-9649

¹ Воронежский государственный лесотехнический университет, ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Россия

² Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Деревообработка в России в последние годы не сокращается, востребованность строительных и отделочных материалов из дерева растет. Также развивается сектор переработки древесных отходов: на комбинатах внедряются технологии утилизации щепы и опилок, увеличивается число компаний, производящих топливные брикеты, гранулы. Для всех этих процессов необходимо оборудование. Так почему же уменьшается объем импорта деревообрабатывающего оборудования. Высокая волатильность российского рубля непосредственно влияет на активность товарооборота с зарубежными поставщиками. В периоды валютных скачков импортные станки становятся слишком дорогими для российских деревообрабатывающих, не исключение даже китайская продукция. Наиболее серьезные обвалы рубля отмечались в конце 2014 года, летом 2015 года, зимой 2016 года, осенью 2018 года. Очередное повышение валютных курсов летом-осенью 2020 года неизбежно скажется на закупках зарубежных станков. Ухудшение политических отношений РФ со многими европейскими странами после украинских событий 2013–2014 годов и постоянное усиление экономических санкций ограничивает торговое взаимодействие. Несмотря на возможную выгоду, некоторые западные поставщики разрывают контракты с российскими покупателями. После 2014 года существенно сократились поставки оборудования из Германии, Италии, Австрии, Швеции и Турции, при этом стремительно стала расти доля Китая. Политические и валютные проблемы способствовали активизации импортозамещения. Если импорт сокращается по экономическим и политическим причинам, которые рассматриваются как долговременные, отрасль должна компенсировать возникший дефицит. И в последние годы постепенно начинает восстанавливаться отечественное производство деревообрабатывающих станков. Хотя восстановление идет не так быстро, как хотелось бы, а закрытие и банкротство компаний производителей не прекращается, динамику все же можно назвать положительной. Отечественное производство наверняка и дальше будет расти. Структура импорта тоже поменялась. В последние годы это в основном оборудование для распиловки. Сильных изменений структуры импорта по типам станков не наблюдается, хотя их процентное соотношение год от года меняется, причем по-разному.

Ключевые слова: деревообрабатывающее производство, экспорт, импорт, станки, импортозамещение

Analysis of the russian woodworking industry market

Alisher S. Subhonberdiev ¹	alisher-man@mail.ru	 0000-0002-9105-7875
Elena V. Titova ¹	titova.elena1981@mail.ru	 0000-0001-8800-9453
Galina N. Egorova ²	egorovahp@gmail.com	 0000-0002-9907-9649

¹ Voronezh State Forestry Engineering University, 8 Timiryazev str., Voronezh, 394087, Russia.

² Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. Woodworking in Russia has not decreased in recent years, the demand for construction and finishing materials made of wood is growing. The wood waste processing sector is also developing: wood chips and sawdust recycling technologies are being introduced at the plants, the number of companies producing fuel briquettes and pellets is increasing. All these processes require equipment. So why is the volume of imports of woodworking equipment decreasing? The high volatility of the Russian ruble directly affects the activity of trade turnover with foreign suppliers. During periods of currency surges, imported machines become too expensive for Russian woodworkers, even Chinese products are no exception. The most serious collapses of the ruble were noted at the end of 2014, in the summer of 2015, in the winter of 2016, and in the fall of 2018. The next increase in exchange rates in the summer-autumn of 2020 will inevitably affect purchases of foreign machines. The deterioration of Russia's political relations with many European countries after the Ukrainian events of 2013–2014 and the constant strengthening of economic sanctions limit trade cooperation. Despite the possible benefits, some Western suppliers are breaking contracts with Russian buyers. After 2014, the supply of equipment from Germany, Italy, Austria, Sweden and Turkey significantly decreased, while the share of China began to grow rapidly. Political and currency problems contributed to the intensification of import substitution. If imports are declining for economic and political reasons that are seen as long-term, the industry must compensate for the resulting deficit. And in recent years, the domestic production of woodworking machines has gradually begun to recover. Although the recovery is not going as fast as we would like, and the closure and bankruptcy of manufacturing companies does not stop, the dynamics can still be called positive. Domestic production will probably continue to grow. The import structure has also changed. In recent years, it has mainly been sawing equipment. There are no strong changes in the structure of imports by type of machine tools, although their percentage varies from year to year, and in different ways.

Keywords: woodworking production, export, import, machine tools, import substitution

Для цитирования

Субхонбердиев А.Ш., Титова Е.В., Егорова Г.Н. Анализ рынка деревообрабатывающего производства в России // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 269–275. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-269-275

For citation

Subhonberdiev A.S., Titova E.V., Egorova G.N. Analysis of the russian woodworking industry market. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 269–275. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-269-275

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

Введение

Рынок российского деревообрабатывающего оборудования по-прежнему подсчитывает потери: производители исчезают, не выдерживая конкуренции с импортными станками, доля которых на рынке никак не опускается ниже 90%. Но очередной кризис опять может прийти на помощь. Внутренний рынок деревообработки обещает расти и развиваться даже на фоне последних новостей. Участники рынка вносят изменения в стратегии развития с учетом введении с начала 2022 года полного запрета на вывоз из России необработанного кругляка хвойных и ценных лиственных пород. Также со следующего года должна начать действовать программа льготных кредитов на модернизацию деревообрабатывающих производств. Это значит, что спрос на оборудование должен вырасти. Возможно, не за горами тот день, когда на рынок снова начнут выходить новые заводы – производители деревообрабатывающих станков.

Методы

Как свидетельствует информация из открытых источников, деревообрабатывающее оборудование в России сейчас выпускают около 50 предприятий. Основные российские производители оборудования для деревообработки перечислены на рисунке 1.

В первую пятерку производителей деревообрабатывающих станков сейчас входят следующие предприятия: ООО «Кировский станкостроительный завод», ООО «Алтайлестехмаш», ООО «Станко-Д», ООО ПО «Энерготех», ООО «Авангард».



Рисунок 1. Динамика производства деревообрабатывающих станков в России в 2000–2020 годах, шт.

Figure 1. Dynamics of production of woodworking machines in Russia in 2000–2020, units.

Кировский станкостроительный завод – лидер отрасли если не по объему выпуска, то по историческому значению и опыту работы. Это старейшее в России машиностроительное предприятие деревообрабатывающего направления было основано в 1880 году и производит почти весь диапазон деревообрабатывающих станков и заточного оборудования. В начале и середине 2000-х годов его доля достигала 40% общего объема производства деревообрабатывающего оборудования в стране. Сейчас, согласно официальной статистике, на Кировскую область приходится около 15% выпуска станков [1].

Сегодня наибольший объем производства обеспечивает Алтайский край, там расположены такие серьезные заводы, как «Алтайлестехмаш» и «Энерготех» [2]. Барнаульские предприятия сейчас производят почти половину (более 45% в 2019 году) всех российских деревообрабатывающих станков, включая линии распиловки, оцилиндровки и другие крупногабаритные машины [3].

ООО «Станко-Д» в Ярославской области, созданное на базе легендарного Даниловского завода деревообрабатывающих станков, выпускает широкий спектр оборудования, а также классические вертикальные пилорамы [4]. Заметным игроком рынка также является воронежское ООО «Авангард» (станкостроительное предприятие «Авангард») [5].

Оборот АО «Интерскол» из Татарстана превышает 8 млрд руб., предприятие работает в особой экономической зоне «Алабуга» и специализируется на производстве электроинструмента. В широком ассортименте «Интерскола» представлены деревообрабатывающие пилы, фрезеры и рубанки [6].

Воронежское ООО «Инструментальная компания "Энкор"», кроме электроинструмента, выпускает популярные деревообрабатывающие станки «Корвет». Эти два предприятия выбиваются из общего ряда, но все же включены в перечень как крупные производители [7].

Двадцать лет назад в России выпускалось около 9000 единиц деревообрабатывающих станков. Производство только-только восстановилось после девальвации 1998 года, но рост продолжался не долго. После 2000 года выпуск планомерно стал снижаться, ненадолго воспрянув накануне финансово-экономического кризиса. В 2009 году, в нижней точке падения, в стране было произведено всего 1836 станка – абсолютный минимум. Затем производство стало расти, и в 2018 году было выпущено примерно 6500 станков. Правда, годом позже объем производства почти вернулся к уровню 2017 года и составил чуть больше 5000 станков. С такими объемами производства Россия давно выпала из десятки

стран – крупнейших производителей деревообрабатывающего оборудования. Однако положительная тенденция все же видна и внушает надежды на восстановление отрасли. Самостоятельное техническое обеспечение отечественных предприятий деревообработки является залогом стабильного развития важнейшего сектора экономики. Российские заводы могут выпускать конкурентоспособные станки разных видов.

Методологическую основу исследования составили научные публикации отечественных ученых как Амалицкий В.В., Афанасьев П.С., Богданович П.М., Никольская В. и др.

Результаты и обсуждение

Что касается структуры производства, то, согласно официальной статистике, она немного

меняется со временем. Растет выпуск ленточнопильных и круглопильных станков как наиболее распространенных и часто используемых в качестве простых и комбинированных лесопильных комплексов. В рекордном 2018 году было произведено более 3500 станков этих двух видов (таблица 1).

Также увеличилось производство фрезерных станков – почти до 500 шт. в 2018 году. При этом сократился выпуск категории с туманным названием «специализированные станки». Производство строгальных станков драматически сократилось после 2016 года, а универсальные, сверлильные и лобзиковые в течение всего наблюдаемого периода выпускаются в небольших объемах.

Таблица 1.

Производство деревообрабатывающих станков разных типов в 2010–2019 годах, шт

Table 1.

Production of woodworking machines of various types in 2010–2019, units

		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ленточнопильные	Band saws	938	1429	1685	1726	1700	1421	1031	1684	2389	1954
Круглопильные	Circular saws	455	515	605	641	701	803	847	874	1267	1058
Специализированные	Specialized	555	1022	1330	1696	1136	1466	1150	668	976	923
Фрезерные	Milling	251	136	264	238	256	210	308	414	498	391
Строгальные	Planing	223	281	272	221	205	205	319	26	41	20
Универсальные	Universal	24	14	28	26	29	25	37	49	65	91
Сверлильные	Drilling -	15	10	6	6	5	8	12	0	31	18
Лобзиковые	Jigsaws	55	21	58	0	0	3	0	0	12	5
Прочие	Other	1045	532	964	818	828	641	888	1087	1184	651

Из-за низкого спроса уменьшается выпуск лущильного оборудования, а рубильно-дробильного, наоборот, увеличивается. В целом в структуре российского производства станков для глубокой переработки древесины явно не хватает. А вот производство круглопильных станков, которые предназначены для выработки из необрезных досок чистообрезных пиломатериалов [11].

Импорт стремительно рос вплоть до мирового финансового кризиса. В девяностые годы и в начале двухтысячных деревообработка в стране развивалась, открывались большие и малые предприятия, так что потребность в станках постоянно увеличивалась. За десять лет – с 1998 по 2008 год – поставки деревообрабатывающего оборудования в Россию из-за рубежа выросли в 17 раз. Кризис сильно ударил и по зарубежным поставщикам, и по российским покупателям: в 2009 году объем импорта станков рухнул более чем на 60%. Затем он, конечно, стал восстанавливаться, но в 2011–2013 годах застрял на одном уровне, после чего медленно пополз вниз. Пережив кратковременный всплеск в 2017–2018 годах, импорт снова стал снижаться (рисунок 2).

Деревообработка в России в последние годы не сокращается, востребованность строительных и отделочных материалов из дерева растет. Также развивается сектор переработки древесных отходов: на комбинатах внедряются технологии утилизации щепы и опилок, увеличивается число компаний, производящих топливные брикеты, гранулы. Для всех этих процессов необходимо оборудование. Так почему же уменьшается объем импорта деревообрабатывающего оборудования.

Причина первая – рост курсов валют. Высокая волатильность российского рубля непосредственно влияет на активность товарооборота с зарубежными поставщиками. В периоды валютных скачков импортные станки становятся слишком дорогими для российских деревообработчиков, не исключение даже китайская продукция. Наиболее серьезные обвалы рубля отмечались в конце 2014 года, летом 2015 года, зимой 2016 года, осенью 2018 года. Очередное повышение валютных курсов летом-осенью 2020 года неизбежно скажется на закупках зарубежных станков.

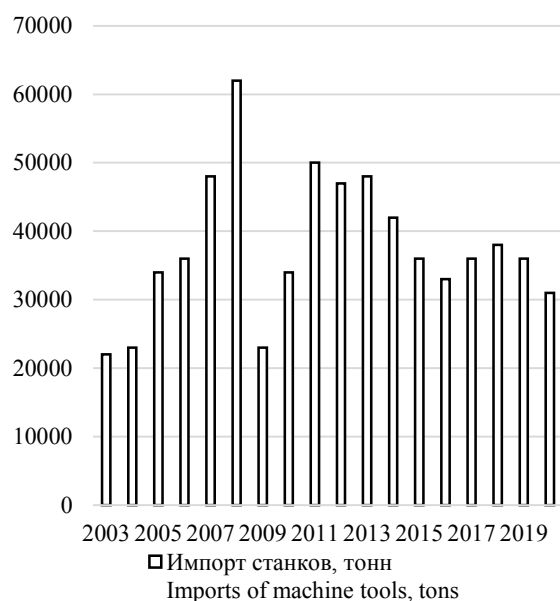


Рисунок 2. Динамика импорта деревообрабатывающих станков в 2003–2019 годах и прогноз на 2020 год, т

Figure 2. Dynamics of import of woodworking machines in 2003–2019 and forecast for 2020, t

Причина вторая – политика. Ухудшение политических отношений РФ со многими европейскими странами после украинских событий 2013–2014 годов и постоянное усиление экономических санкций ограничивает торговое взаимодействие. Несмотря на возможную выгоду, некоторые западные поставщики разрывают контракты с российскими покупателями. После 2014 года существенно сократились поставки оборудования из Германии, Италии, Австрии, Швеции и Турции, при этом стремительно стала расти доля Китая.

Политические и валютные проблемы способствовали активизации импортзамещения. Если импорт сокращается по экономическим и политическим причинам, которые рассматриваются как долговременные, отрасль должна компенсировать возникший дефицит. И в последние годы постепенно начинает восстанавливаться отечественное производство деревообрабатывающих станков. Хотя восстановление идет не так быстро, как хотелось бы, а закрытие и банкротство компаний производителей не прекращается, динамику все же можно назвать положительной. Отечественное производство наверняка и дальше будет расти.

Структура импорта тоже поменялась. В последние годы это в основном оборудование для распиловки. В 2017–2019 годах около 40% импорта составляли станки с дисковыми и ленточными пилами. Для сравнения: в 2006–2007 годах доля однопильных, многопильных и ленточнопильных станков едвапревышала 20%.

Сильных изменений структуры импорта по типам станков не наблюдается, хотя их процентное соотношение год от года меняется, причем по-разному. Наиболее заметно сократилась доля строгальных и фрезерных станков, которые успешно производятся и в России. Также меньше импортируется станков, относящихся к категории «прочие», в которую входят клеенаносащие, окорочные, токарные, соединительные, щеточные, кромкооблицовочные и другие машины, а также столы и подставки. А вот импорт рубильных и дробильных станков, наоборот, демонстрирует тенденцию роста, что подкрепляет версию о востребованности оборудования для переработки технологической щепы и производства топливных гранул.

С ростом производства чаще всего увеличивается экспорт. Особенно заметен рост экспорта в последние 2–3 года. Так, в 2019 году станков за рубеж было поставлено в два раза больше, чем в 2017 году. В предыдущие годы экспорт был выше этого уровня только в 2011 году, за счет большой партии, отправленной на Украину (рисунок 3). Выход из экономического кризиса неразрывно связан с поиском новых продуктов и новых производств [8]. В мировой структуре экспорта деревообрабатывающих станков за 2018 г. Украина занимает весьма скромное 51 место (доля 0,044%) [10].

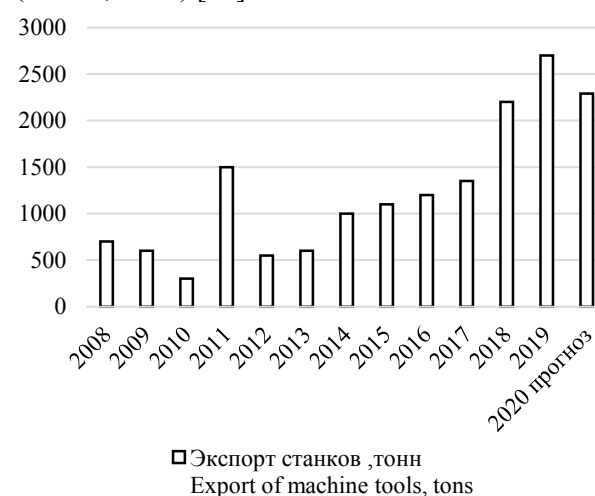


Рисунок 3. Динамика экспорта деревообрабатывающих станков из России, т

Figure 3. Dynamics of export of woodworking machines from Russia, t

Ожидаемое в 2020 году увеличение экспорта казалось закономерным, но вмешалась пандемия коронавируса. Однако, экспортный рост возобновится, как только эпидемическая и экономическая ситуация стабилизируется.

Правда, объемы экспорта пока не идут ни в какое сравнение с импортом. Даже в благополучном для отечественных экспортеров 2019 году импортные поставки превышали экспортные в 13 раз.

Основной рынок сбыта для российских деревообрабатывающих станков – Республика Беларусь. Сейчас туда отгружается больше половины всей экспортируемой техники, в 2019 году – 67%. Фактически у России с Белоруссией идет активный обмен оборудованием. На отечественный рынок в основном поступает продукция завода «Белмаш» (г. Могилев). Планируется увеличить внутренний спрос на хвойные пиломатериалы в России до 24,7 млн м³. к 2030 г [14]. Также осуществляются поставки в Казахстан, где продукция станкостроительного комплекса в общем объеме промышленного производства не превышает 4,9% году [15].

Можно приблизительно сопоставить объемы импорта и производства, чтобы увидеть, какую роль на отечественном рынке играют импортные станки (рисунок 4).

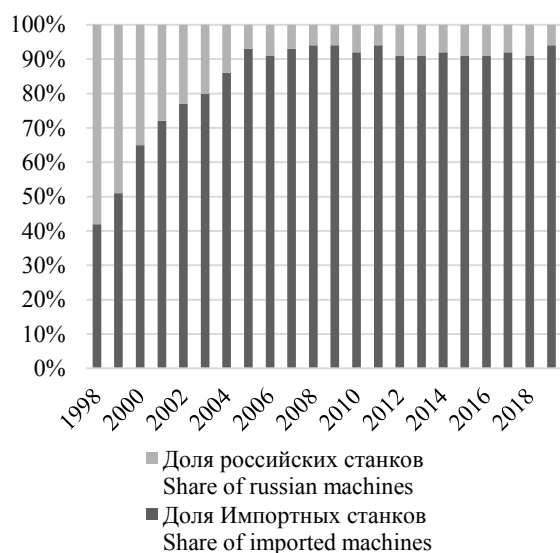


Рисунок 4. Доля импорта деревообрабатывающих станков на российском рынке, %

Figure 4. Share of imports of woodworking machines in the Russian market, %

Статистика импорта представлена в весовом выражении – в тоннах. Если упростить расчеты, предположив, что среднестатистический станок весит около 1 тонны (а разброс большой – станки могут весить от 50 кг до 4 тонн и более), то получается, что в настоящее время доля импорта на российском рынке превышает 90%. В 1998 году импорт не достигал и половины рынка, но вырос до уровня 90% буквально за каких-то шесть-семь лет [17–20].

Максимальных значений (95%) импорт достигал в 2009 и 2011 годах. И если учесть, что многие станки весят меньше 1 тонны, часть станков приобретается в состоянии б/у и может завозиться в разобранном виде, а также по другим кодам ТН ВЭД, то велика вероятность того, что доля импорта на самом деле еще больше.

Единственный положительный момент: небольшой тренд на снижение импорта в последние годы все-таки наметился. Спрос на российское деревообрабатывающее оборудование существует в Казахстане, Италии, Австралии, Монголии, Украине, Узбекистане, Франции, Германии, странах Балтии.

Если говорить о той роли, которое станкостроение играет непосредственно в российской экономике, в подготовленной Минпромторгом России «Стратегии развития станкоинструментальной промышленности до 2030 года» говорится, что текущий (на тот момент) объем производства по станкостроению (без учета инструментальной продукции) оценивался в 7,44 млрд руб., что формировало около 8% внутреннего спроса. Вклад станкостроения в ВВП составляет 0,02%, и это в разы ниже показателей основных стран – лидеров по производству станков (Китай – 0,2%, Япония – 0,33%, Германия – 0,37%). [13]

Заключение

Пока говорить о восстановлении отрасли рано. Будучи сравнительно небольшой по объемам выпуска отраслью, в которой в большинстве развитых стран создается менее 1% ВВП, станкостроение в значительной степени определяет технологический уровень всей экономики страны и состояние ее технологической безопасности. [16] Положительные тенденции отмечаются, но еще очень робкие. Ведь после мирового финансового кризиса 2008–2009 годов в стране не появилось ни одного нового завода, специализирующегося на производстве деревообрабатывающего оборудования. Во всяком случае, из крупных заметных игроков. И это неудивительно, ведь станкостроение – сложная отрасль с высоким барьером входа на рынок.

Долгие годы потребители отдавали предпочтение станкам зарубежного производства. Но в условиях непрекращающегося ужесточения санкций иностранными партнерами и постоянного ослабления рубля российские станки представляются все более приемлемым вариантом.

При желании в сложившейся ситуации можно найти и преимущества. Во-первых, конечная стоимость машин российского производства, включая установку, а также ремонт, может быть ниже стоимости импортных аналогов. Во-вторых, непосредственный контакт производителем позволяет усовершенствовать технологию и модернизировать станки. Наконец, появляется возможность изготовления оборудования на заказ, с индивидуальными параметрами.

Литература

- 1 Буглаев А.М., Бокачева М.П., Сиваков В.В. Исследование возможности снижения вибрации деревообрабатывающего оборудования // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2017. № 3 (357).
- 2 Абрамов И.В., Абрамов А.И., Никитин Ю.Р., Романов А.В. Диагностика систем приводов деревообрабатывающего оборудования с использованием нечеткой логики // Интеллектуальные системы в производстве. 2015. № 1. С. 31-34.
- 3 Копейкин А.М., Дерягин Р.В. Технология лесопильно-деревообрабатывающих производств. 2013.
- 4 Шустов А.В. Анализ нормативно-технических документов по безопасности деревообрабатывающего оборудования и инструмента // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2016. Т. 11. С. 280-281.
- 5 Амалицкий В. Еще раз о безопасности деревообрабатывающего оборудования // Вестник Московского государственного университета леса-Лесной вестник. 2012. № 3. С. 145-147.
- 6 Завьялов А.Ю., Старжинский В.Н. Ультразвуковое излучение при работе деревообрабатывающего оборудования // Леса России и хозяйство в них. 2013. С. 43-45.
- 7 Саханов В.В., Фитчин А.А. Рынок деревообрабатывающего оборудования: состояние и перспективы // Экономика высокотехнологичных производств. 2020. Т. 1. № 2. С. 63-76.
- 8 Варшинидзе Р.Р., Карпов В.А. Оценка вариантов инвестиционного проекта по производству пеллет // Научный вестник Одесского национального экономического университета. 2014. № 11(219). С. 53-61.
- 9 Яковлева Е.А., Титова Е.В., Субхонбердиев А.Ш. Экономика замкнутого цикла в лесной промышленности // Business and Economics. 2019. С. 59-61.
- 10 Titova E.V., Subkhonberdiev A.S., Malitskaya V.B., Safonova N.M. Strategy for the sustainable development of the timber industry as subsystems of the regional economy // Education Excellence and Innovation Management through Vision 2020. 2019. P. 9119-9125.
- 11 Гнатуш В. Тренды украинского рынка деревообрабатывающих станков в начале XXI века // Оборудование и инструмент. 2019. № 3. URL: <https://www.informdom.com/derevoobrabotka/2019/3/trendy-ukrainskogo-rynka-derevoobrabatyvayushchih-stankov-v-nachale-xxi-veka.html>
- 12 Амалицкий В.В. Деревообрабатывающие станки и инструменты. М.: ИРПО: Издательский центр «Академия», 2012. 400 с.
- 13 Кривоблоцкий А.Н. Функционирование деревообрабатывающих производств: особенности и факторы их эффективности // Экономика и управление производством. 2021. С. 162-164.
- 14 Шишло С.В., Жук Д.А., Усевич В.А., Андросик Ю.Н. Анализ рынков сбыта продукции деревообрабатывающих производств и мебели. 2020. URL: https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/33776/1/SHishlo_Analiz_rynkov.pdf
- 15 Бекенова Л.М. Современное развитие основных секторов промышленности Казахстана // Экономика: стратегия и практика. 2016. № 2(38). С. 58-71.
- 16 Ishchuk S., Sozansky L. A comparative assessment of intersectoral relations of the woodworking industry: Ukraine, Poland, Germany // Gospodarka i społeczeństwo w obliczu nowych wyzwań. P. 43. doi: 10.26349/zn.wsb.w.poznaniu.0090.03
- 17 Грибков А.А., Захарченко Д.В., Корниенко А.А. Конкурентоспособность станкостроения России // Экономический портал. URL: <https://institutiones.com/general/2219-konkurentosposobnost-stankostroeniya-rossii.html>
- 18 Guzhva I., Ivanov Y. Topical issues of providing raw materials to woodworking industry enterprises in Ukraine // Economics. Ecology. Socium. 2018. V. 2. № 2. P. 12-19. doi: 10.31520/2616-7107/2018.2.2-2
- 19 Bahur O., Nebesnaya A., Azarova N. Study on the competitiveness of Russian-made wood panels in the development of import-substituting industries // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2020. V. 595. № 1. P. 012037.
- 20 Shishelov M.A. Assessing the efficiency of the forest industry complex based on calculation of value added index (Based on the example of the Republic of Komi) // Studies on Russian Economic Development. 2017. V. 28. № 3. P. 278-285. doi: 10.1134/S1075700717030133

References

- 1 Buglaev A.M., Bokacheva M.P., Sivakov V.V. Investigation of the possibility of reducing the vibration of woodworking equipment. Izvestiya of higher educational institutions. Forest Journal. 2017. no. 3 (357). (in Russian).
- 2 Abramov I.V., Abramov A.I., Nikitin Yu.R., Romanov A.V. Diagnostics of drive systems of woodworking equipment using fuzzy logic. Intelligent systems in production. 2015. no. 1. pp. 31-34. (in Russian).
- 3 Kopeikin A.M., Deryagin R.V. Sawmill and woodworking production technology. 2013. (in Russian).
- 4 Shustov A.V. Analysis of normative and technical documents on the safety of woodworking equipment and tools. Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2016. vol. 11. pp. 280-281. (in Russian).
- 5 Amalitskiy V. Once again about the safety of woodworking equipment. Bulletin of the Moscow State University of Forest-Lesnoy Bulletin. 2012. no. 3. pp. 145-147. (in Russian).
- 6 Zavyalov A.Yu., Starzhinsky V.N. Ultrasonic radiation during the operation of woodworking equipment. Forests of Russia and the economy in them. 2013. pp. 43-45. (in Russian).
- 7 Sakhanov V.V., Fitchin A.A. Woodworking equipment market: state and prospects. Economics of high-tech industries. 2020. vol. 1. no. 2. pp. 63-76. (in Russian).

- 8 Varshinidze R.R., Karpov V.A. Assessment of options for an investment project for the production of pellets. Scientific Bulletin of the Odessa National Economic University. 2014. no. 11 (219). pp. 53-61. (in Russian).
- 9 Yakovleva E.A., Titova E.V., Subkhonberdiev A.Sh. Circular Economy in the Forest Industry. Business and Economics. 2019. pp. 59-61. (in Russian).
- 10 Titova E.V., Subkhonberdiev A.S., Malitskaya V.B., Safonova N.M. Strategy for the sustainable development of the timber industry as subsystems of the regional economy. Education Excellence and Innovation Management through Vision 2020. 2019. pp. 9119-9125.
- 11 Gnatush V. Trends of the Ukrainian market of woodworking machines at the beginning of the XXI century. Equipment and tools. 2019. no. 3. Available at: <https://www.informdom.com/derevoobrabotka/2019/3/trendy-ukrainskogo-rynka-derevoobratyvyayuschih-stankov-v-nachale-xxi-veka.html> (in Russian).
- 12 Amalitsky V.V. Woodworking machines and tools. Moscow, IRPO: Publishing Center "Academy", 2012. 400 p. (in Russian).
- 13 Krivoblotskiy A.N. The functioning of woodworking industries: features and factors of their effectiveness. Economics and production management. 2021. pp. 162-164. (in Russian).
- 14 Shishlo S.V., Zhuk D.A., Usevich V.A., Androsik Yu.N. Analysis of sales markets for woodworking products and furniture. 2020. Available at: https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/33776/1/SHishlo_Analiz_rynkov.pdf (in Russian).
- 15 Bekenova L.M. Modern development of the main sectors of industry in Kazakhstan. Economy: strategy and practice. 2016. no. 2 (38). pp. 58-71. (in Russian).
- 16 Ishchuk S., Sozansky L. A comparative assessment of intersectoral relations of the woodworking industry: Ukraine, Poland, Germany. Gospodarka i społeczeństwo w obliczu nowych wyzwań. pp. 43. doi: 10.26349/zn.wsb.w.poznaniu.0090.03
- 17 Gribkov A.A., Zakharchenko D.V., Kornienko A.A. Competitiveness of machine tool building in Russia. Economic portal. Available at: <https://instituciones.com/general/2219-konkurentosposobnost-stankostroeniya-rossii.html> (in Russian).
- 18 Guzhva I., Ivanov Y. Topical issues of providing raw materials to woodworking industry enterprises in Ukraine. Economics. Ecology. Socium. 2018. vol. 2. no. 2. pp. 12-19. doi: 10.31520/2616-7107/2018.2.2-2
- 19 Bahur O., Nebesnaya A., Azarova N. Study on the competitiveness of Russian-made wood panels in the development of import-substituting industries. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2020. vol. 595. no. 1. pp. 012037.
- 20 Shishelov M.A. Assessing the efficiency of the forest industry complex based on calculation of value added index (Based on the example of the Republic of Komi). Studies on Russian Economic Development. 2017. vol. 28. no. 3. pp. 278-285. doi: 10.1134/S1075700717030133

Сведения об авторах

Алишер Ш. Субхонбердиев к.э.н., доцент, кафедра мировой и национальной экономики, Воронежский государственный лесотехнический университет, ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Россия, alisher-man@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-9105-7875>

Елена В. Титова к.э.н., доцент, кафедра мировой и национальной экономики, Воронежский государственный лесотехнический университет, ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Россия, titova.elena1981@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-8800-9453>

Галина Н. Егорова к.п.н., доцент, кафедра промышленной экологии, оборудования химических и нефтехимических производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, egorovahp@gmail.com
 <https://orcid.org/0000-0002-9907-9649>

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

Alisher S. Subkhonberdiev Cand. Sci. (Econ.), associate professor, world and national economy department, Voronezh State Forest Engineering University, Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, Russia, alisher-man@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-9105-7875>

Elena V. Titova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, world and national economy department, Voronezh State Forest Engineering University, Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, Russia, titova.elena1981@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-8800-9453>

Galina N. Egorova Cand. Sci. (Ped.), associate professor, industrial ecology, equipment for chemical and petrochemical plants department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, egorovahp@gmail.com
 <https://orcid.org/0000-0002-9907-9649>

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 28/07/2021	После редакции 13/08/2021	Принята в печать 02/09/2021
Received 28/07/2021	Accepted in revised 13/08/2021	Accepted 02/09/2021

Генезис теоретических концепций исследования инновационного потенциала

Галина В. Беляева	¹	bgv@vsuet.ru	 0000-0002-4427-9587
Надежда А. Серебрякова	¹	nad.serebryakova@mail.ru	 0000-0002-9141-5580
Людмила Л. Адраховская	¹	adrakhovskaya9696@mail.ru	 0000-0002-3843-3317

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

Аннотация. Статья посвящена исследованию важной научной и практической проблемы, заключающейся в раскрытии сущности инновационного потенциала, который является в настоящее время одним из значимых элементов управления инновационной деятельностью хозяйствующего субъекта. От его величины зависит выбор той или иной стратегии инновационного развития. Именно инновационный потенциал позволяет определить возможности для роста предприятия и дает право управлять его дальнейшим перспективным развитием. В результате глубокого теоретического анализа, проведенного на основе различных научных подходов российских и зарубежных ученых к определению сущности экономической категории «инновационный потенциал», были рассмотрены его основные составляющие компоненты. Анализ материалов исследования позволил сделать акцент на том, что проблемы социально-экономического развития страны можно решить на основе совершенствования инновационной деятельности в области базовых наукоемких отраслей народного хозяйства, которые являются двигателями развития экономики страны. Дальнейшее развитие экономической, социальной и других систем общества возможно только благодаря достижениям научно-технического прогресса, который находит свое отражение в инновациях. Развитие экономики региона и ее стабильность может быть обеспечена лишь благодаря развитию инновационных процессов, которые соответствуют мировым стандартам и направлениям. Инновационный потенциал играет решающую роль в данной сфере. Ведь только с определением уровня инновационного потенциала региона может быть определен вектор всего его дальнейшего развития. Сделан вывод о необходимости правильной оценки инновационного потенциала, так как это является одним из основополагающих этапов экономического анализа инновационной деятельности, без которого не могут быть определены дальнейшие пути инновационного развития предприятия.

Ключевые слова: инновации, инновационная деятельность, инновационный потенциал, инновационный прогресс, экономический анализ

Genesis of theoretical concepts of innovative potential research

Galina V. Beliaeva	¹	bgv@vsuet.ru	 0000-0002-4427-9587
Nadezhda A. Serebryakova	¹	nad.serebryakova@mail.ru	 0000-0002-9141-5580
Lyudmila L. Adrahovskaya	¹	adrakhovskaya9696@mail.ru	 0000-0002-3843-3317

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

Abstract. The article is devoted to the study of an important scientific and practical problem, which consists in revealing the essence of innovative potential, which is currently one of the significant elements of the management of innovative activity of an economic entity. The choice of one or another strategy of innovative development depends on its size. It is the innovative potential that makes it possible to identify opportunities for the growth of the enterprise and gives the right to manage its further long-term development. As a result of a deep theoretical analysis conducted on the basis of various scientific approaches of Russian and foreign scientists to the definition of the essence of the economic category "innovation potential", its main components were considered. The analysis of the research materials made it possible to emphasize that the problems of socio-economic development of the country can be solved on the basis of improving innovation activities in the field of basic knowledge-intensive sectors of the national economy, which are the engines of the development of the country's economy. Further development of the economic, social and other systems of society is possible only thanks to the achievements of scientific and technological progress, which is reflected in innovations. The development of the region's economy and its stability can be ensured only through the development of innovative processes that meet international standards and trends. Innovation potential plays a decisive role in this area. Indeed, only with the definition of the level of the region's innovative potential can the vector of its entire further development be determined. The conclusion is made about the need for a correct assessment of the innovation potential, since this is one of the fundamental stages of the economic analysis of innovation activity, without which further ways of innovative development of the enterprise cannot be determined.

Keywords: innovation, innovative activity, innovative potential, innovative progress, economic analysis

Введение

На современном этапе развития большинства стран ключевой задачей является улучшение качества жизни человека. Данное изменение возможно наблюдать только в тандеме со стабильным развитием экономической системы. Для реализации этой цели необходимо

эффективное использование всех имеющихся ресурсов: географических, геополитических, природных, экономических. В России основной задачей развития экономической системы является преодоление технологического барьера, отделяющего нашу страну от всей массы развитых стран.

Для цитирования

Беляева Г.В., Серебрякова Н.А., Адраховская Л.Л. Генезис теоретических концепций исследования инновационного потенциала // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 276–280. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-276-280

For citation

Beliaeva G.V., Serebryakova N.A., Adrahovskaya L.L. Genesis of theoretical concepts of innovative potential research. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 276–280. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-276-280

Многие глобальные процессы развития экономической системы страны связаны в первую очередь с решением постоянных задач инновационного, стратегического, технологического характера. Это приводит к запуску процессов поиска информации, получения и способности к применению новых теоретических основ, а также непрерывного повышения эффективности инновационной деятельности [4].

Состояние инновационной деятельности в любом государстве является одним из важнейших индикаторов развития экономики и общества в целом. Поэтому развитие регионов страны в первую очередь зависит от наличия инновационных процессов и возможности реализации инновационного потенциала [2, 3].

Инновационный потенциал характеризует готовность экономики государства и общества в целом к социальным и технологическим изменениям, и относится к категории национального достояния [1]. Он включает в себя не только достигнутый результат экономического развития (уровень внедрения достижений научно-технического прогресса) по определенным направлениям, но и потенциальные возможности, ресурсы для активизации инновационной деятельности.

Методы

В современной научной литературе достаточно большое внимание уделяется проблеме инновационного потенциала. Однако это не допускает его однозначной трактовки как экономической категории, что создает определенные проблемы в выработке практических рекомендаций, направленных на его эффективную оценку, формирование и практическое использование. Это, в свою очередь, серьезно сказывается на конечных результатах инновационных преобразований [7–20]. Поэтому очень важно выяснить сущность понятия «инновационный потенциал» и дать его оценку на различных уровнях.

На протяжении долгого времени теоретическое пространство не давало четкого понимания инновационного потенциала с точек зрения различных ученых. Во многих исследованиях определение инновационного потенциала являлось односторонним и недостаточно полным – были освещены лишь отдельные аспекты без единой концепции. Поэтому долгое время не было общего представления об экономической сущности потенциала и четкого представления его структурных особенностей [6].

В свою очередь, понятие «инновация» определено огромным количеством авторов, которые смогли раскрыть определенные характерные черты, уровни влияния на экономическое развитие региона или же институциональную структуру данной категории.

Термин «потенциал» происходит от латинского «*potentia*» и означает возможность, источники, силу, запасы чего-либо, которые в дальнейшем могут быть использованы для достижения целей.

Впервые понятие инновационного потенциала было использовано Кристофером Фримэном – английским экономистом, одним из известнейших исследователем экономических циклов. В своем труде «Экономическая теория промышленных инноваций» К. Фримэн определил инновационный потенциал как все возможные ресурсы предприятия, которые можно использовать для инновационных процессов. Так же Фримэн рассматривал в качестве отдельной категории инновационный потенциал сотрудников предприятия, который определялся как способность эффективно реализовывать собственные и заимствованные идеи и проекты развития секторов предприятия.

Позже многие зарубежные научные деятели попытались внести в понятие инновационного потенциала значимые коррективы и придать все более расширенное представление данному явлению.

Один из величайших ученых, внесший огромный вклад в развития инновационного процесса, Йозеф Шумпетер определял инновационный потенциал как показатель, который характеризует уровень возможности осуществления и развития инновационной деятельности.

Питер Друкер рассматривал инновационный потенциал как практический аспект функционирования экономической системы. Он придерживался точки зрения, которая предполагает рассмотрение имеющегося потенциала с целью его эффективного использования и только после этого – привлечение дополнительных ресурсов. П. Друкер принимал потенциал за первооснову всей инновационной деятельности.

Позже, в трудах различных ученых и экономистов России понятие инновационный потенциал приобретало все новые дополненные формулировки.

В.Н. Фридлянов и Б.К. Лисин рассматривали инновационный потенциал с практической точки зрения будучи сотрудником института стратегических инноваций и заместителем министра промышленности, науки и технологий. Они определили инновационный потенциал как совокупность финансовых, правовых, научно-технических, инфраструктурных и технологических возможностей обеспечить процесс реализации и принятия новшеств, то есть получение инноваций. По их мнению, вместе с самим определением инновационного потенциала необходимо рассматривать и его структурные особенности, а также проводить оценку их состояния.

Григорий Иосифович Жиц во многих своих трудах уделял внимание инновационному потенциалу и определял его как процесс создания новшества и готовность региона, комплекса, предприятия принять нововведение для его эффективного применения.

Такие ученые как Е.А. Тихонова, Ю.В. Шленов, А.Е. Абрамешин под инновационным потенциалом предполагали комплекс ресурсов отличных друг от друга, используемые для осуществления инновационного процесса. В первую очередь предполагались ресурсы материальные, научно-технические, финансовые, интеллектуальные.

Л.М. Гохберг предполагала, что инновации и инновационный потенциал региона является ключевым показателем экономического благосостояния страны. По ее мнению, инновационный потенциал способен стать «фундаментом» всей инновационной деятельности и поддерживать эффективное развитие инновационной среды.

Результаты и обсуждение

Ученые, рассматривающие проблемы социально-экономического развития страны, выделяют следующие источники, способные решить данную проблему:

1. Развитие на основе факторов производства;
2. Развитие на основе инвестиций;
3. Развитие на основе инновационной деятельности.

Но в конечном итоге, приоритет должен быть отдан именно развитию на основе совершенствования инновационной деятельности в области базовых наукоемких отраслей народного хозяйства, которые являются двигателями развития экономики страны.

Термины инновация, инновационный процесс, инновационный потенциал являются центральными базовыми понятиями, исследуемыми в последнее время многими научными деятелями и претерпевают значительные изменения. Поэтому рассмотрение теоретических основ инновационного процесса в целом является необходимым условием всего изучения экономического развития страны.

Понятие инновационного потенциала, данное Кристофером Фримэном, является одним из первых, поэтому может быть дополнено другими формулировками исследователей. В нем нет четкого отображения тех возможных источников ресурсов, которые отображены в определении В.Н. Фридлянова и Б.К. Лисина.

Йозеф Шумпетер определял инновационный потенциал как уровень возможности осуществления инновационной деятельности. В данном определении автор не учитывает уже существующие ресурсы региона или предприятия, которые могут быть использованы первоначально. Поэтому определение инновационного потенциала П. Друкера является более полным и отражает последовательность использования ресурсов: определение возможности использования собственных и только после этого – привлечение дополнительных.

Определение инновационного потенциала, сформулированное в XIX–XX вв. российскими исследователями, включает в себя все больше уточняющих моментов и спектров развития экономической системы. Здесь он определяется как «фундамент» всего экономического развития страны и содержит различные уточнения в области используемых ресурсов – по мнению А.Е. Абрамешина использование ресурсов возможно только из различных областей – интеллектуальные, материальные, научно-технические.

Понятие инновационного потенциала претерпевает глобальные изменения. С развитием научных интересов и областей исследования теоретическая база будет обогащаться новыми понятиями и терминами, которые способны сформировать новые блоки знаний, тем самым изменяя технологические уклады общества.

Заключение

Дальнейшее развитие экономической, социальной и других систем общества возможно только благодаря достижениям научно-технического прогресса, который находит свое отражение в инновациях. Развитие экономики региона и ее стабильность может быть обеспечена лишь благодаря развитию инновационных процессов, которые соответствуют мировым стандартам и направлениям. Инновационный потенциал играет решающую роль в данной сфере. Ведь только с определением уровня инновационного потенциала региона может быть определен вектор всего его дальнейшего развития [5]. Неоднозначность в понимании сущности и структуры инновационного потенциала вызывает серьезные трудности в выработке практических рекомендаций по его формированию и использованию с целью повышения инновационной активности как на уровне отдельного предприятия, так и на уровне национальной экономики страны. Проблема формирования экономической сущности инновационного потенциала является достаточно сложной и многоаспектной и, конечно же, нуждается в дальнейшем, более детальном, исследовании и изучении.

Литература

- 1 Mironova M.D. et al. Features of innovative personnel management of service companies in the period of implementation of organizational changes // Eurasian Journal of Analytical Chemistry. 2017. V. 12. №. 5. P. 793–802.
- 2 Serebryakova N., Sibirskaya E., Stroeve O., Lyapina I. The contents and structure of innovative activity in the Russian economy // Asian social science, 2014. V. 10. № 23. P. 51–59.
- 3 Беляева Т.В. Оптимальные варианты инновационного развития предприятий с системой научных учреждений // Менеджмент в России и за рубежом. 2009. № 2. С. 40–51.
- 4 Колмыкова Т. С., Мерзлякова Е. А. Компаративное исследование инновационного потенциала регионов // Регион: системы, экономика, управление. 2015. №. 3. С. 140-148.
- 5 Панченко В.Е., Сироткина Н.В. Развитие инновационной среды в условиях цифровой экономики: особенности, проблемы, перспективы // Организатор производства. 2019. Т. 27. №. 4.
- 6 Суханова П.А. Модель региональной инновационной системы: отечественные и зарубежные подходы к изучению региональных инновационных систем. URL:<https://docviewer.yandex.ru/view/121332298>
- 7 Серебрякова Н.А., Пахомова Т.А. Мониторинг инновационной и инвестиционной деятельности хозяйственных систем // Теоретические и прикладные вопросы экономики и сферы услуг. 2014. № 2. С. 27–42.
- 8 Иванова Н.А., Белова С.А. Исследование инновационного потенциала организации // Экономика и предпринимательство. 2014. №. 11-2. С. 431-433.
- 9 Корнилов Д.А., Беляев О.Г. Оценка инновационного потенциала региона // Труды НГТУ им. П.Е. Алексеева. 2012. №. 3 (96).
- 10 Снитирева Г.Д., Сенникова И.Л. Методологические основы оценки инновационного потенциала регионов России // Фундаментальные исследования. 2015. Т. 3. №. 5.
- 11 Stepanova E.V. Evaluation of innovation potential in Russian clusters // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2019. V. 315. №. 2. P. 022091.
- 12 Patterson F., Zibarras L.D. Selecting for creativity and innovation potential: implications for practice in healthcare education // Advances in Health Sciences Education. 2017. V. 22. №. 2. P. 417-428. doi: 10.1007/s10459-016-9731-4
- 13 Dudin M., Lyasnikov N., Omel'chenko E., Shirokovskikh S. Methodological approaches to classification of innovation potential in the context of steady development of entrepreneurial structures // World Applied Sciences Journal. 2013. V. 27. №. 13A. P. 563-566.
- 14 Wang S., Vergne J. P. Buzz factor or innovation potential: What explains cryptocurrencies' returns? // PloS one. 2017. V. 12. №. 1. P. e0169556. doi: 10.1371/journal.pone.0169556
- 15 Krawczyk-Sokolowska I., Piersceniak A., Caputa W. The innovation potential of the enterprise in the context of the economy and the business model // Review of Managerial Science. 2021. V. 15. №. 1. P. 103-124. doi: 10.1007/s11846-019-00374-z
- 16 Fiaz S., Noor M.A., Aldosri F.O. Achieving food security in the Kingdom of Saudi Arabia through innovation: Potential role of agricultural extension // Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 2018. V. 17. №. 4. P. 365-375. doi: 10.1016/j.jssas.2016.09.001
- 17 Sazonova A.S., Kuzmenko A.A., Terekhov M.V. Calculation of a Complex Indicator of the Innovation Potential // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2020. V. 753. №. 4. P. 042028.
- 18 Gastaldi L., Corso M., Raguseo E., Neirotti P. et al. Smart working: Rethinking work practices to leverage employees' innovation potential // Proceedings of the 15th International CINet Conference. 2014. V. 100.
- 19 Killip G. Products, practices and processes: exploring the innovation potential for low-carbon housing refurbishment among small and medium-sized enterprises (SMEs) in the UK construction industry // Energy Policy. 2013. V. 62. P. 522-530. doi: 10.1016/j.enpol.2013.06.024
- 20 Micieta B., Gaso M., Krajcovic M. Innovation performance of organization // Communications-Scientific letters of the University of Zilina. 2014. V. 16. №. 3A. P. 112-118.

References

- 1 Mironova M.D. et al. Features of innovative personnel management of service companies in the period of implementation of organizational changes. Eurasian Journal of Analytical Chemistry. 2017. vol. 12. no. 5. pp. 793–802.
- 2 Serebryakova N., Sibirskaya E., Stroeve O., Lyapina I. The contents and structure of innovative activity in the Russian economy. Asian social science. 2014. vol. 10. no. 23. pp. 51–59.
- 3 Belyaeva G.V. Optimal Variants of Innovative Development of Enterprises with a System of Scientific Institutions. Management in Russia and Abroad. 2009. no. 2. pp. 40–51. (in Russian).
- 4 Kolmykova T. S., Merzlyakova E. A. Comparative study of the innovative potential of regions. Region: systems, economics, management. 2015. no. 3. pp. 140-148. (in Russian).
- 5 Panchenko V.E., Sirotkina N.V. Development of an innovative environment in the digital economy: features, problems, prospects. Production organizer. 2019. vol. 27. no. 4. (in Russian).
- 6 Sukhanova P.A. Regional innovation system model: domestic and foreign approaches to the study of regional innovation systems. Available at: <https://docviewer.yandex.ru/view/121332298> (in Russian).
- 7 Serebryakova N.A., Pakhomova T.A. Monitoring of innovation and investment activity of economic systems. Theoretical and applied issues of economics and services. 2014. no. 2. pp. 27–42. (in Russian).
- 8 Ivanova N.A., Belova S.A. Research of the organization's innovative potential. Economics and Entrepreneurship. 2014. no. 11-2. pp. 431-433. (in Russian).

- 9 Kornilov D.A., Belyaev O.G. Assessment of the innovative potential of the region. *Proceedings of NSTU im. RE Alekseeva*. 2012. no. 3 (96). (in Russian).
- 10 Snigireva G.D., Sennikova I.L. Methodological bases for assessing the innovative potential of Russian regions. *Fundamental research*. 2015. vol. 3. no. 5. (in Russian).
- 11 Stepanova E.V. Evaluation of innovation potential in Russian clusters. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2019. vol. 315. no. 2. pp. 022091.
- 12 Patterson F., Zibarras L.D. Selecting for creativity and innovation potential: implications for practice in healthcare education. *Advances in Health Sciences Education*. 2017. vol. 22. no. 2. pp. 417-428. doi: 10.1007/s10459-016-9731-4
- 13 Dudin M., Lyasnikov N., Omel'chenko E., Shirokovskii S. Methodological approaches to classification of innovation potential in the context of steady development of entrepreneurial structures. *World Applied Sciences Journal*. 2013. vol. 27. no. 13A. pp. 563-566.
- 14 Wang S., Vergne J. P. Buzz factor or innovation potential: What explains cryptocurrencies' returns? *PloS one*. 2017. vol. 12. no. 1. pp. e0169556. doi: 10.1371/journal.pone.0169556
- 15 Krawczyk-Sokolowska I., Pierscieniak A., Caputa W. The innovation potential of the enterprise in the context of the economy and the business model. *Review of Managerial Science*. 2021. vol. 15. no. 1. pp. 103-124. doi: 10.1007/s11846-019-00374-z
- 16 Fiaz S., Noor M.A., Aldosri F.O. Achieving food security in the Kingdom of Saudi Arabia through innovation: Potential role of agricultural extension. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2018. vol. 17. no. 4. pp. 365-375. doi: 10.1016/j.jssas.2016.09.001
- 17 Sazonova A.S., Kuzmenko A.A., Terekhov M.V. Calculation of a Complex Indicator of the Innovation Potential. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2020. vol. 753. no. 4. pp. 042028.
- 18 Gastaldi L., Corso M., Raguseo E., Neirotti P. et al. Smart working: Rethinking work practices to leverage employees' innovation potential. *Proceedings of the 15th International CINet Conference*. 2014. vol. 100.
- 19 Killip G. Products, practices and processes: exploring the innovation potential for low-carbon housing refurbishment among small and medium-sized enterprises (SMEs) in the UK construction industry. *Energy Policy*. 2013. vol. 62. pp. 522-530. doi: 10.1016/j.enpol.2013.06.024
- 20 Micieta B., Gaso M., Krajcovic M. Innovation performance of organization. *Communications-Scientific letters of the University of Zilina*. 2014. vol. 16. no. 3A. pp. 112-118.

Сведения об авторах

Галина В. Беляева д.э.н., профессор, кафедра теории экономики и учетной политики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, bgv@vsuet.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4427-9587>

Надежда А. Серебрякова д.э.н., доцент, кафедра теории экономики и учетной политики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, nad.serebryakova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9141-5580>

Людмила Л. Адраховская ассистент, кафедра теории экономики и учетной политики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, adrahovskaya9696@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3843-3317>

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

Galina V. Beliaeva Dr. Sci. (Econ.), professor, theory of economics and accounting policy department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, bgv@vsuet.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4427-9587>

Nadezhda A. Serebryakova Dr. Sci. (Econ.), associate professor, theory of economics and accounting policy department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, nad.serebryakova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9141-5580>

Lyudmila L. Adrahovskaya assistant, theory of economics and accounting policy department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, adrahovskaya9696@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3843-3317>

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 07/07/2021	После редакции 09/08/2021	Принята в печать 25/08/2021
Received 07/07/2021	Accepted in revised 09/08/2021	Accepted 25/08/2021

Инновационное развитие Воронежской области: проблемы и пути решения

Александр И. Хорев ¹	al.khorev@gmail.com	 0000-0002-8438-0607
Юлия М. Соколинская ¹	misterias@mail.ru	 0000-0002-1020-8185
Николай М. Паршин ¹	nmparshin@ya.ru	 0000 0002 0158 6483

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

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы совершенствования структуры управления инновациями при правительстве Воронежской области, а также факторы и условия, обуславливающие этот процесс. В современных условиях хозяйствования непреложным является тот факт что для достижения высоких темпов экономического роста необходимо решение комплекса задач, это и улучшение делового и инвестиционного климата Воронежской области и активизация инвестиционного процесса и развитие приоритетных направлений инновационной деятельности и совершенствование инфраструктуры инновационной системы региона, а также эффективное использование технологий ресурсосбережения, развитие производственной и рыночной инфраструктуры на основе институциональных преобразований, повышение производительности труда на основе совершенствования техники и технологии, организации производства и труда, развития трудового и научного потенциала в наиболее важных для стратегического развития региона отраслях и секторах экономики. В статье проанализирована возможность инвестирования в инновационную деятельность на основе данных развития хозяйственного комплекса Воронежской области в 2021 году сделаны выводы и предложения. Стратегическая линия инновационного развития народного хозяйства области выдвигает поиск и эффективное использование ресурсов международных связей как одно из актуальных направлений развития. Генеральной стратегической целью социально-экономического развития Воронежской области на долгосрочный период является формирование благоприятной среды для жизни и деятельности человека и развитие предпринимательства. В качестве идеологии управления развитием Воронежской области и достижения желаемого образа ее будущего выбрана стратегия опережающего развития на основе выстраивания открытого сотрудничества и надежного партнерства между властью и бизнесом, обеспечения качественного развития экономики, опирающегося на активное использование научного потенциала и инноваций, рост производительности труда и воспроизводство человеческого капитала.

Ключевые слова: инвестиции, инновации, экономическая эффективность, управление инновациями, инновационное развитие

Innovative development of the Voronezh Region: problems and solutions

Alexander I. Khorev ¹	al.khorev@gmail.com	 0000-0002-8438-0607
Yulia M. Sokolinskaya ¹	misterias@mail.ru	 0000-0002-1020-8185
Nikolay M. Parshin ¹	nmparshin@ya.ru	 0000 0002 0158 6483

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

Abstract. This article discusses the issues of improving the structure of innovation management under the government of the Voronezh region, as well as the factors and conditions that determine this process. In modern economic conditions, it is indisputable that in order to achieve high rates of economic growth, it is necessary to solve a set of tasks, this is the improvement of the business and investment climate of the Voronezh region and the activation of the investment process and the development of priority areas of innovation and improvement of the infrastructure of the regional innovation system, as well as the effective use of resource saving technologies, development of production and market infrastructure based on institutional transformations, increasing labor productivity through improving technology and technology, organizing production and labor, developing labor and scientific potential in the most important sectors and sectors of the economy for the strategic development of the region. The article analyzes the possibility of investing in innovative activities based on data on the development of the economic complex of the Voronezh region in 2021, conclusions and proposals are made. The strategic line of innovative development of the national economy of the region puts forward the search and effective use of resources of international relations as one of the topical directions of development. The general strategic goal of the socio-economic development of the Voronezh region for the long term is the formation of a favorable environment for human life and activities and the development of entrepreneurship. As an ideology for managing the development of the Voronezh region and achieving the desired image of its future, a strategy of advanced development was chosen based on building open cooperation and reliable partnership between government and business, ensuring high-quality development of the economy, based on the active use of scientific potential and innovations, growth of labor productivity and human reproduction capital.

Keywords: investment, innovation, economic efficiency, innovation management, innovative development

Введение

Говоря об инновациях, следует отметить, что в различных научных источниках существует огромное множество определения инноваций, но приведем в пример два определения из нормативных актов.

Для цитирования

Хорев А.И., Соколинская Ю.М., Паршин Н.М. Инновационное развитие Воронежской области: проблемы и пути решения // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 281–288. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-281-288

В Федеральном законе «О науке и государственной научно-технической политике» от 23.08.1996 г. № 127-ФЗ (в редакции от 21.07.2011 г.) инновация определяется как введенный в употребление новый или значительно улучшенный продукт (товар, услуга) или процесс, новый метод продаж или новый

For citation

Khorev A.I., Sokolinskaya Yu.M., Parshin N.M. Innovative development of the Voronezh Region: problems and solutions. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 281–288. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-281-288

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

организационный метод в деловой практике, организации рабочих мест или во внешних связях.

В Руководстве Осло «Рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям ОЭСР и Евростата» инновация определяется как введение в употребление какого-либо нового или значительно улучшенного продукта (товара или услуги) или процесса, нового метода маркетинга или нового организационного метода в деловой практике, организации рабочих мест или внешних связях. Инновация рассматривается как динамический процесс, при котором знания накапливаются посредством обучения и взаимодействия [2].

На данный момент инновации являются основополагающим фактором большинства современных экономических процессов. Переход к инновационной экономике невозможен без грамотно созданной национальной инновационной системы, которая поддерживала бы инновационную деятельность в стране.

Хотелось бы заметить, что на данный момент национальную инновационную систему можно определить совокупностью вышесказанных мнений, а именно национальные инновационные системы различны, они должны подходить устройству конкретной страны и вовремя модернизироваться, отвечая на внешние условия. Хотя Б.-О. Лундвалл заметил, что ученые критикуют «широкие подходы к национальной инновационной системе, поскольку при широком подходе национальная инновационная система включает практически все, что есть в государстве» [3–5].

В современных условиях хозяйствования инвестиции в инновационное управление и развитие регионов и предприятий играют существенную, если не главную роль в повышении эффективности их деятельности.

В 2018 году на технологические инновации компании Черноземья инвестировали порядка 55,6 млрд рублей против 61,8 млрд и 54,5 млрд рублей в 2017 и 2016 годах. Наибольший объем приходится на Белгородскую область: местные предприятия потратили на инновации 20,7 млрд рублей, из них 2,85 млрд рублей были направлены на разработку новых продуктов, 9,37 млрд рублей – на приобретение оборудования, 2,96 млрд рублей – на инжиниринг и проектирование [6].

Стоит отметить, что значительный рост инвестиций в инновации в Белгородской области как раз произошел в 2016 году: тогда показатель достиг отметки в 20,34 млрд рублей против 2,39 млрд рублей в 2015-м. В управлении инвестиций и инноваций департамента экономического развития области заявили, что рост объема

в организациях в 2016 году по сравнению с 2015-м обусловлен реализацией нескольких крупных инвестпроектов в промышленности и горнодобывающем комплексе, связанных с модернизацией, техническим перевооружением, расширением и / или созданием новых производств. Речь шла о строительстве цеха горячебрикетированного железа и расширении производственных мощностей по добыче железистых кварцитов в Губкине, (Лебединский ГОК) создании производственного комплекса окомкования железорудного концентрата и реконструкции производства. Для увеличения объемов выплавки стали в Старом Осколе (ОЭМК), создании производства по глубокой переработке зерна и производству аминокислот в Шебекинском районе (Завод премиксов № 1) и других.

Менее значительные результаты за это время показала Воронежская область: местные предприятия вложили в инновации за 2016–2018 годы около 33,98 млрд рублей. 12,73 млрд было вложено в 2018 году, из них 7,69 млрд рублей пришлось на продукты и новые производственные процессы и 4,53 млрд рублей – на оборудование. Стоит отметить, что с 2010 года наибольший объем вложений пришелся на 2017 год: тогда воронежские предприятия потратили 13,52 млрд рублей.

В Липецкой области, несмотря на активное развитие особой экономической зоны, которая уже разрослась на два района, в 2018 году инновационные инвестиции составили всего 10,46 млрд рублей против 15,32 млрд рублей в 2017-м и 15,81 млрд рублей в 2016-м. По итогам 2018 года в регионе большая часть средств была направлена на приобретение оборудования (6,22 млрд рублей) и инжиниринг (2,97 млрд рублей). В Тамбовской области по итогам 2018 года вложения в технологические инновации сократились незначительно – 5,8 млрд рублей против 5,82 млрд рублей в 2016 году. В первую очередь местные предприятия инвестировали в инжиниринг (2,96 млрд рублей) и оборудование (2,12 млрд рублей) [7–10].

Итоги работы ведущих отраслей Воронежской области за первое полугодие 2021 года внушают осторожный оптимизм на возможность дальнейшего увеличения инвестирования в инновационное развитие региона.

Обсуждение

Промышленность является одной из ведущих отраслей экономики Воронежской области, обеспечивая наибольший вклад в формирование валового регионального продукта, трудового и производственного потенциала, основные фонды и налоговые поступления.

Промышленный комплекс области является высокодиверсифицированным, что является залогом стабильности и относительно равномерного, пропорционального развития.

В настоящее время наибольший удельный вес в структуре промышленного комплекса составляют следующие виды деятельности: производство пищевых продуктов, включая напитки, и табак – 34 %; производство и распределение электроэнергии, газа и воды – 15 %; химическое производство – 12 %; производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования – 10 %; производство машин и оборудования – 6 %. Сразу хочется отметить, что по итогам развития Воронежской области в ключевых сферах реального сектора экономики отмечена позитивная динамика с опережением среднероссийских значений. Промышленное производство возросло на 12,8 % к январю-июню 2020 года (в РФ – на 4,4 %). Рост производства в целом по промышленности региона обеспечен положительной динамикой во всех основных отраслях промышленной специализации: например, в добыче полезных ископаемых, где индекс производства составил 104,4 % (в РФ – 100 %, в Липецкой области – 87,8 %), обрабатывающих производствах – 115,7 % (в РФ – 106,4 % в Липецкой области 133,5 %) [11, 12].

Сельское хозяйство является одним из важнейших локомотивов развития региона. В структуре валового регионального продукта доля сельского хозяйства составляет примерно 17,7 %. В сельской местности проживает около 33 % общей численности населения области.

Воронежская область традиционно является крупным производителем сельскохозяйственной продукции. Регион располагает 4 млн. га сельскохозяйственных угодий, в том числе более 3 млн. га пашни. По итогам 2020 года доля обрабатываемой пашни в общей площади пашни составила 97,2 %.

По объему производимой продукции сельского хозяйства Воронежская область занимает 2-е место в ЦФО (после Белгородской области) и вошла в пятерку крупнейших аграрных регионов России.

В многоотраслевой структуре аграрного сектора области функционирует 554 сельскохозяйственных предприятия, около 4 тысяч крестьянских (фермерских) хозяйств, включая индивидуальных предпринимателей. Также в области 417,6 тысячи семей имеют личные подсобные хозяйства. Основными производителями сельскохозяйственной продукции продолжают оставаться сельскохозяйственные организации и хозяйства населения.

Объем сельскохозяйственного производства вырос на 6,3 % к январю-июню прошлого года (в РФ – на 0,2 % в Липецкой области на 1,6 %) в том числе по основным видам продукции животноводства: мяса – на 7,7 % (в РФ снижение на 0,4 %), молока – на 7,5 % (в РФ рост на 0,3 %). Производство яиц снизилось и составило 96,1 % (в РФ – 99,2 %). Прогнозируемые объемы производства продукции сельского хозяйства и пищевых продуктов по большинству их видов позволят (с учетом допустимого импорта) обеспечить питание населения области по рациональным нормам. Одновременно возрастут ресурсы для экспорта сельскохозяйственной продукции и продовольствия. Кроме зерна и продуктов его переработки на внешний рынок область сможет экспортировать такие продукты, как сахар, растительное масло, продукцию животноводства.

Объем жилищного строительства составил 596,6 тыс. кв. метров, что в 1,5 раза больше уровня 6 месяцев 2020 года (в РФ – 129,7 %). В целом, объем работ, выполненных по виду деятельности «Строительство», снижен на 38,7 % к соответствующему периоду 2020 года (в РФ рост на 6,4 %). Потребительский спрос в сфере торговли и услуг восстановил свои положительные значения: оборот розничной торговли составил 108,7 % к январю-июню 2020 года (в РФ – 110,2 %), объем платных услуг, оказанных населению, – 108,5 % (в РФ – 118,7 %).²

Индекс потребительских цен по полному кругу товаров и услуг составил в июне 2021 года 104,7 % к декабрю 2020 года и 107,4 % к январю-июню прошлого года (по РФ – 104,2 % и 105,8 % соответственно).

По итогам января-июня 2021 года рост реальной заработной платы (темпы роста номинальной заработной платы, скорректированной на динамику роста цен) составил 101,8 % (в РФ – 103 %). Номинальная заработная плата увеличилась на 9,2 % (в РФ – на 8,8 %) и составила 38578,5 руб. Уровень безработицы по состоянию на 1 июля текущего года составил 1,5 %.

По оперативным данным объем инвестиций в основной капитал по полному кругу организаций в январе-марте 2021 года в сопоставимой оценке увеличился на 4,6 % к соответствующему уровню прошлого года и составил 33,4 млрд рублей. Объем инвестиций в основной капитал по крупным и средним организациям (без учета субъектов малого и среднего предпринимательства) в январе-марте 2021 года в сопоставимой оценке увеличился на 8,2 % к соответствующему уровню прошлого года и составил 22,1 млрд рублей или 66 % от общего

объема инвестиций по полному кругу предприятий и организаций. Объем работ, выполненных по виду деятельности «Строительство» составил 32,9 млрд рублей и снизился к уровню 1 полугодия 2020 года на 38,7 % (в России – рост на 6,4 %). По итогам отчетного периода введены в эксплуатацию 6,9 тыс. новых квартир общей площадью 596,6 тыс. кв. м, что в 1,5 раза превышает соответствующий уровень прошлого года. Населением за счёт собственных и привлечённых средств за январь-июнь 2021 года введено в действие 388,8 тыс. кв. метров общей площади жилых домов (65 % от общей площади введенного жилья), что в 1,9 раза выше уровня 1 квартала 2020 года. В индивидуальном жилищном строительстве наибольший удельный вес занимало строительство домов в городах и поселках городского типа – 65,5 % от всего объёма ввода индивидуального жилья [13, 14].

Потребительский спрос в сфере торговли и услуг за это время восстановил свои положительные значения. В I полугодии 2021 года оборот розничной торговли увеличился на 8,7 % к соответствующему периоду 2020 года, и составил 318,1 млрд рублей (в РФ – на 10,2 %), объем платных услуг, оказанных населению – на 8,5 % (в РФ – на 18,7 %). В структуре оборота розничной торговли преобладают непродовольственные товары, их удельный вес составил 57,1 %, что на 6,4 процентных пункта выше, чем годом ранее. Объем продаж через Интернет по крупным и средним торгующим организациям составил 117,4 млн рублей и увеличился по сравнению с соответствующим периодом предыдущего года в сопоставимых ценах на 0,9 процента. Доля онлайн-продаж в общем обороте розничной торговли этих организаций составила 5,6 % против 4,7 % годом ранее. Сохраняется тенденция формирования оборота розничной торговли в основном за счет продажи товаров торгующими организациями, осуществляющими деятельность в стационарной торговой сети (вне рынка), где их доля в структуре оборота розничной торговли составила 94,9 процента. Доля продажи товаров на рынках и ярмарках в обороте розничной торговли составила 5,1 %, что соответствует показателям соответствующего периода предыдущего года.

Среднегодовой индекс потребительских цен на товары и услуги по области в I полугодии 2021 года сложился 107,4 % (по РФ – 105,8 %). Индекс потребительских цен на товары и услуги в июне 2021 года к декабрю предыдущего года составил 104,7 % (по РФ – 104,2 %), в т. ч. на продовольственные товары – 106,3 % (по РФ – 105,5 %), непродовольственные товары – 106,2 % (по РФ – 104 %), платные услуги – 100, %

(по РФ – 102,6 %). Сначала 2021 года сложился высокий уровень инфляции в целом по России. Цены резко выросли на зерновые, сахар, подсолнечное масло по всей стране, что обусловлено неудачным сельскохозяйственным годом, нарушением логистики, связанной с пандемией COVID-19, ослаблением курса рубля, использование импортного оборудования и ингредиентов, а также желанием производителей выровнять внутренние цены на продукцию в соответствии с мировыми ценами. Рост цен на продовольственные товары обусловлен, главным образом, опережающим ростом цен на масло подсолнечное – на 11,6 %, мясо говядины – на 11,4 %, хлебобулочные изделия – на 9,6 %, крупа и бобовые – на 7,8 %, молоко питьевое пастеризованное – на 4,7 процента. На непродовольственные товары рост цен в наибольшей степени обусловлен динамикой стоимости строительных материалов (на 26 %), шин для легковых автомобилей (на 9,5 %), мебели (на 9,3 %).

По итогам января-мая 2021 года рост реальной заработной платы (темпы роста номинальной заработной платы, скорректированный на динамику роста цен) составил 101,8 % (в РФ – 103 %). Номинальная заработная плата увеличилась на 9,2 % (в РФ – на 8,8 %) и составила 38 578,5 рублей. По данным Воронежстата на 01.07.2021 просроченная задолженность по заработной плате составила 5497 тыс. рублей. Индекс потребительских цен – к декабрю 2020 г. 107,4%. Начисленная средняя заработная плата одного работника:* номинальная реальная руб. 38578,5 x 109,2%. Уровень зарегистрированной безработицы (на 1.07.2021 г.) 1,5%.

В настоящее время Воронежская область сохраняет конкурентные преимущества по следующим направлениям:

- выгодное экономико-географическое положение в Европейской части Российской Федерации: плодородные почвы и благоприятный климат, центр пересечения меридиальной и широтной транспортных магистралей;
- надежность энергетической системы;
- сложившиеся высокотехнологичные промышленные производства;
- потенциал аграрного производства;
- конкурентоспособный образовательный и научно-инновационный потенциал;
- высокий потребительский потенциал.

Главное условие решения ключевой задачи – роста уровня и качества жизни на основе новой, инновационной модели экономического роста это реализация вышеуказанных преимуществ и преодоление влияния негативных факторов, повышение конкурентоспособности (в том числе – инвестиционной привлекательности) области [15].

Главные стратегические цели развития области:

- модернизация (структурная, техническая, организационная) регионального индустриально-аграрного производственного комплекса;
- формирование единого и взаимоувязанного с сектором реальной экономики научно-образовательного и инновационно-технологического центра;
- формирование транспортно-логистического центра для решения общероссийских и внутриобластных задач;
- формирование межрегионального финансово-управленческого центра;
- эффективное развитие туристско-рекреационного комплекса, опирающееся на сохраняемое культурное наследие, природные ресурсы и потенциал социальной сферы области.

В Воронежской области рекомендуется обеспечить создание и развитие следующих инфраструктурных систем:

1. Системы производственно-технологической поддержки научно-технической деятельности – создается как в целях поддержки собственно сферы научных исследований и разработок, так и в целях организации опытного производства. Элементами системы должны стать лизинговые организации, технопарки, объединения по совместному использованию дорогостоящего научного оборудования.

2. Системы независимой экспертизы научно технических и инновационных программ и проектов. Экспертиза научной продукции является обязательным элементом конкурсного отбора проектов, исполнителей научных исследований и разработок в региональные и федеральные целевые программы.

3. Системы сертификации наукоемкой продукции. Эта система должна обеспечивать контроль качества инновационной продукции на основании федерального законодательства о техническом регулировании, удостоверять соответствие продукции нормативно установленным требованиям и техническим условиям, предоставлять осваивающим и производящим данную продукцию организациям широкий спектр услуг в области метрологии, стандартизации и т.п. Сертификация продукции включает экспертизу потребительских свойств продукции, удостоверяет соответствие продукции требованиям рынков предстоящей реализации продукции.

4. Системы продвижения на рынок научно-технических разработок и наукоемкой продукции, которая призвана решать двукратную задачу – обеспечивать занятость и последовательное расширение на рынке определенного сегмента («ниши») для создаваемых разработок

и продукции при одновременном сохранении и эффективной охране всех связанных с ними прав и выгод за владельцами этих разработок и производителями продукции. Система включает маркетинг, рекламную и выставочную деятельность, патентно-лицензионную работу.

5. Системы информационного обеспечения инноваций. Это направление включает в себя два аспекта: создание информационных и рекламных продуктов и создание эффективной системы их продвижения и распространения. Каждая из перечисленных систем, входящих в инфраструктурный комплекс научно-технической и инновационной деятельности, должна иметь механизмы реализации своих функций и соответствующие организационные элементы в виде специализированных или многофункциональных организаций, которые будут обеспечивать работу данных механизмов. Базовым элементом региональной инновационной системы должно стать создание при администрации области организационной структуры (Фонда инновационного развития), интегрирующей интересы НИИ, вузов, предпринимателей и инвесторов в целях коммерциализации результатов научных исследований, разработки и реализации инновационных проектов. Главной целью Фонда станет «выращивание» новых бизнесов из перспективных инновационных проектов – с последующей продажей созданных компаний в частные руки, причем Фонд должен будет обеспечивать финансирование существенной доли (до 40–50 %) стартового капитала частных венчурных фирм на «доконкурентной» стадии развития. Опыт стран с развитой рыночной экономикой свидетельствует, что ни одно государство не может развивать свою экономическую систему без становления сферы «малой экономики». Малый и средний бизнес, в свою очередь, не может развиваться без тщательно разработанной комплексной политики поддержки его со стороны государства. Таким образом, создание инновационной инфраструктуры при поддержке правительства Воронежской области позволит соединить на производственных площадках потенциал научных сотрудников с запросами реального бизнеса и осуществить коммерциализацию научных разработок. Для достижения стратегических целей развития Воронежской области в долгосрочной перспективе необходима новая модель, новое качество и высокие темпы экономического роста, реализация конкурентных преимуществ, не полностью использованных в предыдущем периоде, в первую очередь – высокого качества человеческого и научно-инновационного потенциалов [16–20].

Содержание новой модели экономического роста определяется как стратегия роста на основе инноваций, ориентированная на устойчивое развитие экономики области.

Формирование новой модели экономического роста требует четкого определения ценностных ориентиров общества, обеспечивающих переход к инновационной экономике, достижение экономической и социальной стабильности на основе интенсификации использования имеющегося потенциала, ресурсов, повышения эффективности ключевых отраслей. В развитии промышленности это, прежде всего, – сложившиеся высокотехнологичные производства в авиационном, ракетно-космическом, радио-электронном, химическом комплексах.

Одно из важных условий (и преимуществ) развития области – это производство электроэнергии, получающее новый импульс с вводом в эксплуатацию в г. Нововоронеже еще одной атомной электростанции (НВАЭС-2).

Новые возможности открывает эксплуатация разведанных рудопроявлений сульфидных платиноидно-медно-никелевых руд – Мамонского, Еланского, Подколодниковского, Юбилейного. Среди попутных продуктов извлечения – кобальт, теллур, серебро, золото.

В развитом диверсифицированном агропромышленном комплексе области должны быть решены следующие задачи:

- обеспечение продовольственной безопасности, насыщение регионального рынка продукцией, произведенной в области, импортозамещение;
- развитие межрегиональных продовольственных связей;
- повышение конкурентоспособности сельского хозяйства и АПК в целом;
- экологизация агропромышленного производства;
- социально-экономическое развитие сельских территорий, создание комфортных условий жизни сельского населения. На что существенно повлияет принятая национальная программа газификации: бесплатный подвод газовой трубы до границ участка.

Значительный потенциал экономического роста региона составляет развитие и повышение эффективности строительного комплекса и производства строительных материалов.

Для достижения высоких темпов экономического роста необходимо решение комплекса задач:

- улучшение делового и инвестиционного климата Воронежской области, активизация инвестиционного процесса;

– развитие приоритетных направлений инновационной деятельности и совершенствование инфраструктуры инновационной системы региона;

– эффективное использование технологий ресурсосбережения;

– развитие производственной и рыночной инфраструктуры на основе институциональных преобразований;

– повышение производительности труда на основе совершенствования техники и технологии, организации производства и труда, развития трудового и научного потенциала в наиболее важных для стратегического развития региона отраслях и секторах экономики;

– создание эффективной системы профессиональной подготовки и переподготовки кадров.

– конкурентными преимуществами, протекающими, прежде всего, из выгод естественно-географического (в том числе приграничного) расположения, историко-культурного потенциала и масштабов развития;

– конкурентоспособностью и устойчивым положением на европейских и других рынках отдельных видов производимых в области товаров (минеральные удобрения, синтетический каучук, оборудование, зерно и другая продукция поставляются более чем в 70 стран мира);

– сложившимися международными связями области и г. Воронежа (6 городов-побратимов в Европе, США, Китае), предприятий (число предприятий с участием иностранного капитала – более 140);

– стабильными международными научно-образовательными контактами высших учебных заведений (ВГУ, ВГАУ, ВГТУ, ВГУИТ, РАНХ и ГС и др.);

– недостаточной, несмотря на предпринимаемые шаги, известностью Воронежской области в зарубежных государствах;

– разрывом внешнеэкономических связей с некоторыми странами СНГ.

В целом, имеющийся потенциал международного сотрудничества используется областью не в полной мере.

Заключение

Стратегическая линия инновационного развития народного хозяйства области выдвигает поиск и эффективное использование ресурсов международных связей как одно из актуальных направлений развития. Генеральной стратегической целью социально-экономического развития Воронежской области на долгосрочный период является формирование благоприятной

среды для жизни и деятельности человека и развитие предпринимательства. В качестве идеологии управления развитием Воронежской области и достижения желаемого образа ее будущего выбрана стратегия опережающего развития на основе выстраивания открытого

сотрудничества и надежного партнерства между властью и бизнесом, обеспечения качественного развития экономики, опирающегося на активное использование научного потенциала и инноваций, рост производительности труда и воспроизводство человеческого капитала.

Литература

- 1 Пакерманов Е.М., Шегельман И.Р., Одлис Д.Б. Организационные инновации: вопросы оценки и учета // Перспективы науки. 2012. № 4. С. 31.
- 2 Горячева И.П., Васильева В.Н. Направления развития статистики инноваций (с учетом международных рекомендаций) // Вопросы статистики. 2014. № 9. С. 3-11.
- 3 Леушина О.В. Инновации как источник развития экономики // Сибирская финансовая школа. 2015. № 2. С. 96-100.
- 4 Таран Е.А., Маланина В.А., Касати Ф. Алгоритм использования краудсорсинговых инструментов для сбора и анализа данных научных исследований (на примере подготовки систематизированного обзора литературы) // Экономика и управление инновациями. 2020. № 4. С. 39-46. doi: 10.26730/2587-5574-2020-4-39-46
- 5 Бортник И.М., Зинов В.Г., Коцюбинский В.А., Сорокина А. Вопросы достоверности статистической информации об инновационной деятельности в России // Инновации. 2013. № 10 (180).
- 6 Карлик А.Е., Платонов В.В. Организационно-управленческие инновации: резерв повышения конкурентоспособности российской промышленности // Экономическое возрождение России. 2015. № 3 (45). С. 34-44.
- 7 Архипова М.Ю. Статистическое исследование инновационной деятельности в России // Вестник университета. 2013. № 17.
- 8 Агабеков С.И. Создаются ли в России инновации // Экономический журнал. 2012. № 25.
- 9 Калинина В.В. Создание информационно-аналитической системы мониторинга и оценки инновационного развития региона // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. 2012. № 2.
- 10 Михеева Н.Н. Сравнительный анализ инновационных систем российских регионов // Пространственная экономика. 2014. № 4.
- 11 Mowery D.C., Nelson R.R., Sampat B.N., Ziedonis A.A. Ivory tower and industrial innovation. Stanford University Press, 2020.
- 12 De Loë R.C., Melnychuk N., Murray D., Plummer R. Advancing the state of policy Delphi practice: A systematic review evaluating methodological evolution, innovation, and opportunities // Technological Forecasting and Social Change. 2016. V. 104. P. 78-88. doi: 10.1016/j.techfore.2015.12.009
- 13 Chae B.K. A General framework for studying the evolution of the digital innovation ecosystem: The case of big data // International Journal of Information Management. 2019. V. 45. P. 83-94. doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2018.10.023
- 14 Perks H., Roberts D. A review of longitudinal research in the product innovation field, with discussion of utility and conduct of sequence analysis // Journal of Product Innovation Management. 2013. V. 30. № 6. P. 1099-1111. doi: 10.1111/jpim.12048
- 15 Jaszczak A., O'Doherty K., Colicchia M., Satorius J. et al. Continuity and innovation in the data collection protocols of the second wave of the National Social Life, Health, and Aging Project // Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences. 2014. V. 69. № 2. P. S4-S14. doi: 10.1093/geronb/gbu031
- 16 Adams D.C., Otárola- Castillo E. geomorph: an R package for the collection and analysis of geometric morphometric shape data // Methods in Ecology and Evolution. 2013. V. 4. № 4. P. 393-399. doi: 10.1111/2041-210X.12035
- 17 Davies R., Crespín-Mazet F., Linne A., Pardo C. et al. BIM in Europe: Innovation networks in the construction sectors of Sweden, France and the UK. 2015.
- 18 Palinkas L.A., Horwitz S.M., Green C.A., Wisdom J.P. et al. Purposeful sampling for qualitative data collection and analysis in mixed method implementation research // Administration and policy in mental health and mental health services research. 2015. V. 42. № 5. P. 533-544. doi: 10.1007/s10488-013-0528-y
- 19 Buckee C.O., Cardenas M.I., Corpuz J., Ghosh A. et al. Productive disruption: opportunities and challenges for innovation in infectious disease surveillance // BMJ global health. 2018. V. 3. № 1. P. e000538. doi: 10.1136/bmjgh-2017-000538
- 20 Brockmann C., Brezinski H., Erbe A. Innovation in construction megaprojects // Journal of construction engineering and management. 2016. V. 142. № 11. P. 04016059. doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001168

References

- 1 Pakermanov E.M., Shegelman I.R., Odli D.B. Organizational innovations: assessment and accounting issues. Prospects for science. 2012. no. 4. pp. 31. (in Russian).
- 2 Goryacheva I.P., Vasilieva V.N. Directions of development of statistics of innovations (taking into account international recommendations). Questions of statistics. 2014. no. 9. pp. 3-11. (in Russian).
- 3 Leushina O.V. Innovations as a source of economic development. Siberian financial school. 2015. no. 2. pp. 96-100. (in Russian).
- 4 Taran E.A., Malanina V.A., Kasati F. Algorithm for using crowdsourcing tools for collecting and analyzing research data (on the example of preparing a systematic literature review). Economics and Innovation Management. 2020. no. 4. pp. 39-46. doi: 10.26730 / 2587-5574-2020-4-39-46 (in Russian).
- 5 Bortnik I.M., Zinov V.G., Kotsyubinsky V.A., Sorokina A. Questions of the reliability of statistical information on innovation in Russia. Innovations. 2013. no. 10 (180). (in Russian).

- 6 Karlik A.E., Platonov V.V. Organizational and managerial innovations: a reserve for increasing the competitiveness of the Russian industry. *Economic revival of Russia*. 2015. no. 3 (45). pp. 34-44. (in Russian).
- 7 Arkhipova M.Yu. Statistical study of innovative activity in Russia. *Bulletin of the University*. 2013. no. 17. (in Russian).
- 8 Agabekov S.I. Are innovations being created in Russia. *Economic Journal*. 2012. no. 25. (in Russian).
- 9 Kalinina V.V. Creation of an information and analytical system for monitoring and assessing the innovative development of the region. *Bulletin of the Volgograd State University. Series 3: Economics. Ecology*. 2012. no. 2. (in Russian).
- 10 Mikheeva N.N. Comparative analysis of innovation systems of Russian regions. *Spatial Economics*. 2014. no. 4. (in Russian).
- 11 Mowery D.C., Nelson R.R., Sampat B.N., Ziedonis A.A. Ivory tower and industrial innovation. Stanford University Press, 2020.
- 12 De Loë R.C., Melnychuk N., Murray D., Plummer R. Advancing the state of policy Delphi practice: A systematic review evaluating methodological evolution, innovation, and opportunities. *Technological Forecasting and Social Change*. 2016. vol. 104. pp. 78-88. doi: 10.1016/j.techfore.2015.12.009
- 13 Chae B.K. A General framework for studying the evolution of the digital innovation ecosystem: The case of big data. *International Journal of Information Management*. 2019. vol. 45. pp. 83-94. doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2018.10.023
- 14 Perks H., Roberts D. A review of longitudinal research in the product innovation field, with discussion of utility and conduct of sequence analysis. *Journal of Product Innovation Management*. 2013. vol. 30. no. 6. pp. 1099-1111. doi: 10.1111/jpim.12048
- 15 Jaszczak A., O'Doherty K., Colicchia M., Satorius J. et al. Continuity and innovation in the data collection protocols of the second wave of the National Social Life, Health, and Aging Project. *Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*. 2014. vol. 69. no. 2. pp. S4-S14. doi: 10.1093/geronb/gbu031
- 16 Adams D.C., Otárola- Castillo E. geomorph: an R package for the collection and analysis of geometric morphometric shape data. *Methods in Ecology and Evolution*. 2013. vol. 4. no. 4. pp. 393-399. doi: 10.1111/2041-210X.12035
- 17 Davies R., Crespín-Mazet F., Linne A., Pardo C. et al. BIM in Europe: Innovation networks in the construction sectors of Sweden, France and the UK. 2015.
- 18 Palinkas L.A., Horwitz S.M., Green C.A., Wisdom J.P. et al. Purposeful sampling for qualitative data collection and analysis in mixed method implementation research. *Administration and policy in mental health and mental health services research*. 2015. vol. 42. no. 5. pp. 533-544. doi: 10.1007/s10488-013-0528-y
- 19 Buckee C.O., Cardenas M.I., Corpuz J., Ghosh A. et al. Productive disruption: opportunities and challenges for innovation in infectious disease surveillance. *BMJ global health*. 2018. vol. 3. no. 1. pp. e000538. doi: 10.1136/bmjgh-2017-000538
- 20 Brockmann C., Brezinski H., Erbe A. Innovation in construction megaprojects. *Journal of construction engineering and management*. 2016. vol. 142. no. 11. pp. 04016059. doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001168

Сведения об авторах

Александр И. Хорев д.э.н., профессор, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, al.khorev@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8438-0607>

Юлия М. Соколинская к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, misterias@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1020-8185>

Николай М. Паршин д.э.н., профессор, ведущий научный сотрудник, АО Концерн «Созвездие», г. Воронеж, ул. Плехановская, 14, 394018, Россия, nmparshin@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0158-6483>

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

Alexander 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>

Yulia M. Sokolinskaya Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, misterias@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1020-8185>

Nikolay M. Parshin Dr. Sci. (Econ.), professor, leading researcher, JSC Concern "Sozvezdie", Plekhanovskaya st., 14, Voronezh, 394018, Russia, nmparshin@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0158-6483>

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 12/07/2021	После редакции 02/08/2021	Принята в печать 18/08/2021
Received 12/07/2021	Accepted in revised 02/08/2021	Accepted 18/08/2021

Состояние и пути совершенствования процесса мониторинга хода выполнения контракта по госзакупкам

Андрей Б. Власов¹ kremer-k@yandex.ru  введите здесь orcid
 Константин И. Кремер¹ kremer-k@yandex.ru

¹ ВУНЦ ВВС ВВА им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, ул. Старых большевиков, 54а, г. Воронеж, 394064, Россия

Аннотация. Госзакупки имеют приоритетное значение для осуществления государственных обязательств и концентрированного использования бюджетных средств. В связи с этим важен мониторинг хода выполнения контракта и оценки рациональности расходования бюджетных средств. Не всегда возможно понять, насколько оправданы планы ведомств, как идет их выполнение, достигаются ли результаты и какой ценой это происходит. В настоящее время нет оптимального подхода к определению эффективности госзакупок. Уровень затрат на них в качестве основного его компонента эксперты рекомендуют дополнить рядом показателей. Важным условием оптимальности процесса мониторинга осуществления госзакупок является полная достоверная и своевременная информационная база, нами разработаны и рекомендованы к внедрению критерии ее оптимальности. В ходе мониторинга госзакупок нами предлагается использовать комплексный показатель эффективности, состоящий из шести компонентов. Каждый из них имеет определенный вес. Предложенную нами методику рекомендуется использовать с целью обеспечения качественного процесса в системе госзакупок.

Ключевые слова: госзакупки, поставщики, качество товаров, качество услуг, комплексная оценка, эффективность

State and the ways of improving the process of monitoring the progress of the implementation of the public procurement contract

Andrey B. Vlasov¹ kremer-k@yandex.ru  введите здесь orcid
 Konstantin I. Kremer¹ kremer-k@yandex.ru

¹ Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin, Starykh Bolshevikov str., 54a, Voronezh, 394087, Russia

Abstract. Public procurement is of priority importance for the implementation of government obligations and the concentrated use of budget funds. In this regard, it is important to monitor the progress of the contract and assess the rationality of spending budget funds. It is not always possible to understand how justified the plans of the departments are, how they are being implemented, whether the results are being achieved and at what cost it happens. Currently, there is no optimal approach to determining the effectiveness of public procurement. The experts recommend supplementing the level of costs for them as its main component with a number of indicators. An important condition for the optimality of the process of monitoring the implementation of public procurement is a complete reliable and timely information base, we have developed and recommended for implementation the criterion of its optimality. In the course of monitoring public procurement, we propose to use a comprehensive performance indicator consisting of six components. Each of them has its certain weight. The proposed methodology is recommended to be used in order to ensure a quality process in the public procurement system.

Keywords: public procurement, suppliers, quality of goods, quality of services, comprehensive assessment, efficiency

Введение

В настоящее время в Российской Федерации крупные контракты заключаются по средствам государственных закупок, при этом государство выступает крупнейшим заказчиком и одновременно потребителем товаров работ и услуг [8]. В связи с этим не возникает сомнения в важности мониторинга хода выполнения контракта и оценки рациональности расходования бюджетных средств.

Актуальность процесса мониторинга госзакупок связана с тем, что чаще всего невозможно понять, насколько оправданы планы ведомств по госзакупкам, как идет их выполнение, достигаются ли результаты, с какими затратами

Для цитирования

Власов А.Б., Кремер К.И. Состояние и пути совершенствования процесса мониторинга хода выполнения контракта по госзакупкам // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 289–295. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-289-295

это связано. Причем главными критериями здесь выступают сроки поставки товаров или оказания услуг, их качество, стоимость последующего обслуживания и ремонта.

Отдельные эксперты считают, что в настоящее время невозможно определить эффективность процесса госзакупок исходя из уровня затрат на них [1, 3, 5, 7]. Не всегда оправдан принцип: «Чем дешевле, тем эффективнее». Это утверждение дискредитирует себя с точки зрения дальновидности управления, так как чаще всего поставки дешевого товара или оборудования в будущем потребуют дополнительных затрат с целью налаживания и поддержания процесса его бесперебойного функционирования.

For citation

Vlasov A.B., Kremer K.I. State and the ways of improving the process of monitoring the progress of the implementation of the public procurement contract. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 289–295. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-289-295

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

В связи с этим опытные эксперты-управленцы делают упор на следующие критерии определения эффективности госзаказа как надежность, надлежащее качество товара и выполнение условий контракта в срок, оговоренный в нем [6]. Следует отметить, что вопрос об определении эффективности процесса госзакупок и его мониторинг остается открытыми причем контроль этого процесса, на наш взгляд, следует проводить поэтапно, отдельно по каждому критерию эффективности и по его результативному комплексному показателю. Это необходимо для принятия мер по повышению эффективности госзакупок в будущем.

Обсуждение

Систему контроля и мониторинга необходимо создавать централизованно, так как в связи с развитием электронных торгов поставщики могут участвовать в них не только в своем регионе, но и за его пределами [2]. В рамках данного процесса необходимо охватить все стадии госзакупок, причем есть необходимость разработать и рекомендовать к использованию методические указания для проведения мониторинга госзакупок. Считаем необходимым разработать критерии и описать механизм отсеивания недобросовестных поставщиков, имеющих стабильно низкую деловую репутацию [4]. Причем следует учитывать, что с течением времени деловая репутация может меняться, таким образом, рекомендуется ее определять по результатам работы поставщика за последние 3 года.

На стадии размещения заказа с целью минимизации коррупции рекомендуется ввести ряд ограничений:

1) предприятие, подающее заявку на участие в госзакупках должно устойчиво работать на протяжении последних 3-5 лет, то есть для подтверждения данного факта оно должно предоставить трехлетний баланс;

2) предоставлять результаты анализа финансового положения за последние три года (по результатам бухгалтерской финансовой отчетности);

3) должно быть полное соответствие материально-технической базы особенностям госзаказа (причем оборудование и инструменты должны быть собственными, а не арендованными);

4) справка о надлежащей деловой репутации в сфере общения с контрагентами и органами власти различного уровня.

Одним из ключевых моментов в системе государственных закупок является ценообразование. Причем опыт показывает, что чаще всего первоначальная цена контракта может быть

снижена на 15 % и более. В то же время правильно сформированная первоначальная цена контракта не говорит о надлежащем его исполнении.

В то же время принято выделять ряд причин, по которым снижается эффективность системы государственных закупок. Это недобросовестные участники торгов, предварительный сговор поставщиков, низкое качество предоставляемых услуг. В связи с этим возрастает важность процедуры отслеживания результатов торгов для выявления закономерностей с целью их последующей корректировки на законодательном уровне.

В западноевропейских странах этот момент реализуется давно, причем в Германии система контроля состоит из двух компонентов: апелляционного и судебного. Также там достаточно результативно действует общественная организация экспертов и ученых «Форум госзаказа», в ней происходит множество дискуссий в связи с различного рода нововведениями в данной сфере.

Проанализировав опыт развитых стран, ученые-экономисты РФ пришли к выводу о важности мониторинга и его необходимости. Причем положительной оценки заслуживает германский опыт работы экспертов и ученых, их тесное взаимодействие с органами власти.

Следует отметить, что в современных условиях в Российской Федерации информационная база для проведения мониторинга государственного заказа в крупном масштабе доступна только в трех источниках: на официальном сайте РФ в интернете для размещения информации о закупках товаров, в реестре государственных контрактов (которые заключаются по итогам проведения заказов Федерального казначейства РФ) и на сайте Федеральной службы государственной статистики.

Необходимо учитывать тот факт, что указанные ресурсы в полной мере не дают возможность качественного мониторинга процедуры закупок, исполнения госконтрактов, так как этот подход не отвечает требованиям, на которых должно строиться система мониторинга госзаказов.

С целью оптимизации процесса проведения мониторинга хода выполнения контракта нами разработан ряд критериев, применительно к информационной базе для анализа данного процесса.

1. Достаточное количество и надлежащее качество информации. Причем она должна быть доступной и проверяемой

2. Открытость и прозрачность информации (с целью снижения коррупции в системе госзакупок);

3. Своевременное получение различного рода практических показателей (в том числе и финансовых). Это позволит минимизировать факты злоупотребления контрактного заказчика с целью умышленного завышения цены;

4. Возможность отслеживания хода реализации процедуры закупок. Причем рекомендуется процесс разбивать на этапы, с конкретными задачами на каждом из них. Здесь важна возможность наглядного представления (например, в виде графика) хода выполнения работ с целью дисциплинированности исполнителей, выявления проблемных участков, замедляющих своевременное выполнение условий контракта.

Являясь инструментом государственного финансового контроля, мониторинг госзаказа должен опираться на анализ отклонений фактических значений основных показателей относительно показателей, обозначенных в контракте. Важно в данном случае оценивать динамику

изменения удельного веса контрактов, заключенных с нарушением к общей сумме заключенных контрактов (по количеству и сумме в тыс. руб.).

В современных условиях важно вести мониторинг процедур госзакупки с целью исключения случаев закупки товаров без проведения конкурсных процедур или размещения госзаказа не соответствующим способом.

Открытость результатов мониторинга хода выполнения контракта позволит добиться максимальной прозрачности и минимизировать возможности отклонения по срокам и качеству выполненных работ. Основным критерием при проведении мониторинга рекомендуется использовать показатель комплексной эффективности (Э), который объединял бы в себе основные ключевые параметры, отражающие ход выполнения государственного заказа. Список параметров приведен на рисунке 1.

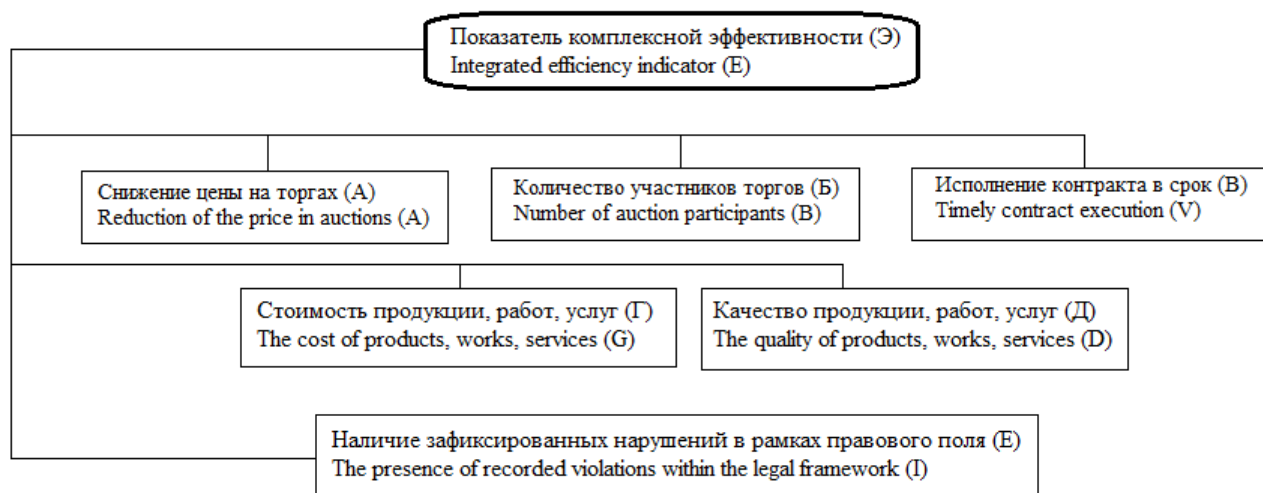


Рисунок 1. Перечень ключевых показателей, входящих в состав показателя комплексной эффективности госзакупок

Figure 1. The list of key indicators included in the indicator of the integrated effectiveness of state purchases

Результаты

На основе опроса экспертов нами выявлен удельный вес каждого критерия в показателе комплексной эффективности. Причем его рекомендовано определять как сумму его ключевых компонентов, умноженную на их удельные веса.

$$\mathcal{E}=0,18A+0,12B+0,13B+0,17Г+0,25Д+0,15E$$

Нами предложен порядок для определения каждого из ключевых параметров комплексной эффективности.

1. Снижение цены на торгах происходит часто и всегда отталкивается от первоначальной цены контракта. Оно выражается в процентах, причем, чем оно больше, тем выше экономия бюджетных средств, тем выше эффективность процедуры торгов.

Таблица 1.

Снижение цены на торгах

Table 1.

Reduction of the price in auctions

Снижение цены, % Price reduction, %	Коэффициент Index
до 1% / up to 1%	0.10
1.00-3.99 %	0.25
4.00-6.99%	0.45
7.00-9.99%	0.60
10.00-12.99 %	0.75
13.00-15.99 %	0.88
более 16% / over 16%	1.00

2. Количество участников торгов. Этот показатель свидетельствует о наличии или отсутствии конкуренции. Причем вероятность снижения первоначальной цены контракта прямо пропорциональна количеству компаний, участвующих в торгах. Этот параметр четко свидетельствует о таких важных характеристиках госзаказа как открытость, прозрачность и всеобщая доступность. Большое количество участников торгов является важным индикатором наличия сговора среди участников, причем он чаще всего возможен при малом их количестве.

Таблица 2.
Количество участников торгов

Table 2.
Number of auction participants

Количество участников торгов Number of auction participants	Коэффициент Index
1-2	0.15
3-4	0.4
5-6	0.75
7 и более / 7 or more	1

3. Исполнение контракта в срок. Одним из ключевых параметров государственного заказа является своевременность его исполнения. Чем больше срок поставки товара, сдачи выполненных работ или оказанных услуг, тем ниже коэффициент эффективности. Причем данный критерий может быть использован для полностью выполненных обязательств и не должен применяться для оценки эффективности расторгнутых контрактов.

Таблица 3.
Исполнение контракта в срок

Table 3.
Timely contract execution

Срок исполнения контракта Contract execution time	Коэффициент Index
выполнено в срок executed in time	1
срок превышен не более чем на 20% time exceeded by no more than 20%	0.92
срок превышен на 20-29.99% time exceeded by 20-29.99%	0.84
срок превышен на 30-39.99% time exceeded by 30-39.99%	0.76
срок превышен на 40-49.99 % time exceeded by 40-49.99 %	0.67
срок превышен на 50-59.99 % time exceeded by 50-59.99 %	0.58
срок превышен на 60-79.99 % time exceeded by 60-79.99 %	0.45
срок превышен на 80-99.99 % time exceeded by 80-99.99 %	0.3
срок превышен более чем на 100 % time exceeded by more than 100%	0.15

4. Стоимость жизненного цикла. Данный термин был введен Федеральным законом № 44-ФЗ. По результатам правового анализа выполнения контрактов на государственные закупки за пять последних лет нами была выявлена взаимосвязь стоимости товара, его качества, условий эксплуатации и обслуживания, то есть жизненный цикл. Таким образом, когда происходит значительное снижение первоначальной стоимости контракта на торгах поставщик вынужден оптимизировать свои расходы, экономить на качестве материалов и сырья, тем самым снижая качество конечного продукта, при этом затраты в будущем будут увеличиваться по статье эксплуатация и обслуживание товара.

Таблица 4.
Стоимость жизненного цикла

Table 4.
The cost of the life cycle

Стоимость эксплуатации и обслуживания (в % от первоначальной стоимости контракта) The cost of operation and maintenance (% of the initial contract cost)	Коэффициент Index
до 20 / up to 20	1
20-49.99	0.95
40-59.99	0.84
60-79.99	0.65
80-99.99	0.42
100-119.99	0.32
120-149.99	0.23
более 150 / over 150	0.15

5. Качество продукции. На основе проведенного исследования была выявлена зависимость качества товаров и оказанных услуг при выполнении государственного заказа от величины первоначального снижения цены на торгах. Чем она выше, тем больше вероятность использования подрядчиком некачественных материалов и сырья, а также нарушение технологии производства.

Таблица 5.
Коэффициент качества продукции

Table 5.
Product quality coefficient

Снижение цены, % Price reduction, %	Коэффициент Index
0-1.99	1
2.00-3.99	0.93
4.00-7.99	0.8
8.00-11.99	0.65
12.00-15.99	0.52
16-19.99	0.38
более 20 / over 20	0.27

6. Наличие зафиксированных нарушений в рамках правового поля. Это неправомерные действия при проведении процедуры государственных закупок на любом из ее этапов. Для расчета используется количество именно зафиксированных нарушений, то есть выданных предписаний контрольными, надзорными и судебными органами.

Таблица 6.
Количество зафиксированных нарушений
Table 6.
Number of detected offences

Количество зафиксированных нарушений Number of detected offences	Коэффициент Index
0	1
1-2	0.85
3-4	0.65
5-7	0.45
8-10	0.23
более 10 / over 10	0.10

Следует каждому рассмотренному показателю присваивать коэффициент значимости с целью выявления общей эффективности, определяемой экспертом при участии представителей госзаказчика. Комплексный показатель отражает результат, полученный по всем ключевым параметрам.

Таблица 7.
Сводная оценка эффективности мониторинга
выполнения государственного заказа

Table 7.
Summary assessment of the effectiveness
of monitoring the implementation of the public
procurement

Комплексный показатель эффективности (Э) Comprehensive performance indicator (E)	Оценка эффективности госзаказа Evaluation of the effectiveness of government orders
0.88-1.00	Сверхэффективная / super-effective
0.71-0.87	Эффективная / effective
0.60-0.70	достаточно эффективная / effective enough
0.50-0.59	низко эффективная / less effective
0.38-0.49	мало эффективная / little effective
0.27-0.39	не эффективная / ineffective
менее 0.27	не допустимая / unacceptable

Данный показатель рекомендуется использовать с целью унификации результатов и выводов об эффективности. Это, без сомнения, позволит сделать более прозрачным процесс мониторинга выполнения контракта по государственным закупкам. Таким образом, комплексный показатель эффективности будет полезен и рекомендован нами для использования и внедрения в практику государственных закупок. Он позволяет:

- 1) обоснованно провести анализ в разрезе сопоставления эффективности закупок;
- 2) выявить не только динамику комплексного показателя эффективности, но и «узкие» его места исходя из его компонентов;
- 3) принимать меры по минимизации нарушений законодательства при заключении контрактов на госзакупки;
- 4) выявленные закономерности использовать при определении первоначальной цены контракта;
- 5) повысить дисциплину сторон при заключении контракта на госзакупки.

Заключение

Подводя итог проведенным исследованиям, следует отметить, что в ближайшее время остро стоит задача создания сплошной системы мониторинга и контроля госзакупок, причем она должна быть разделена по региональному принципу, но иметь сквозную базу данных. Охватывая всю цепочку последовательных этапов процесса госзакупок, эта система должна иметь специальный регламент и нормативную базу, опираясь на которую арбитражные суды могли бы в более короткие сроки решать вопросы, касающиеся расторжения контрактов из-за срыва сроков поставки товаров.

Таким образом, нами предложено одно из направлений мониторинга эффективности госзакупок. Важным моментом при этом является полнота и достоверность информации, публикуемой в открытых источниках. Предложенные нами меры должны будут способствовать качественному прогрессу в сфере госзакупок, увеличить удовлетворенность конечного потребителя поставленными ему товарами или оказанными услугами.

Литература

- 1 Балаева О.Н., Яковлев А.А., Родионова Ю.Д., Есаулов Д.М. Трансакционные издержки в сфере госзакупок РФ: оценка на макроуровне на основе микроданных // Журнал институциональных исследований. 2018. Т. 10. № 3. doi: 10.17835/2076-6297.2018.10.3.058-084
- 2 Антонов В.И., Киселева О.В. Зарубежный опыт регулирования размещения государственного заказа и возможность его использования в российской практике // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 3. С. 288-288.
- 3 Додукина И.А., Полянин А.В. Развитие государственных закупок в условиях публичного управления. Орел, 2018.

- 4 Куприна И.К., Смирнова Н.В., Бахышов Р.Д., Федосова А.П. К вопросу о контроле в сфере государственных закупок // Финансовая экономика. 2018. № 3. С. 48-50.
- 5 Сабетова Т.В. Проблемы оценки бюджетной эффективности системы государственных закупок // Современные проблемы экономики АПК и их решение: материалы III Национальной конференции. 2020. С. 249-252.
- 6 Сабетова Т.В., Сиволапов Д.С. Роль и особенности контрактной системы в управлении государственным заказом // Проблемы инновационного развития российской экономики: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 157-160.
- 7 Самолысов П.В., Белова С.Н. Правовые и экономические инструменты осуществления государственного финансового контроля в сфере закупок // Труды Академии управления МВД России. 2020. № 2 (54). С. 21-29.
- 8 Цхурбаева Ф.Х., Кудзаев К.Х. Совершенствование системы размещения государственного и муниципального рынка заказов // Известия Горского государственного аграрного университета. 2018. Т. 50. № 1. С. 289-294.
- 9 Копейкин Ю.А., Дробченко Е.А. Мониторинг органов исполнительной власти как эффективный механизм реализации административной реформы // Новые технологии в науке, образовании, производстве. 2014. С. 274-282.
- 10 Борисова Е.Р. Государственные закупки как элемент системы государственного регулирования социально-экономического развития // Вестник Российского университета кооперации. 2013. №. 4 (14).
- 11 Фисун К.В. Экспертиза реализации государственного заказа как система мониторинга оценки эффективности обеспечения государственных нужд // Статистика и экономика. 2012. №. 5.
- 12 Золочевская Е.Ю., Кривошеева Т.Д. Пути оптимизации взаимодействия государства и бизнеса в системе управления государственными контрактами // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. 2016. №. 3.
- 13 Melissen F., Reinders H. A reflection on the Dutch sustainable public procurement programme // Journal of Integrative Environmental Sciences. 2012. V. 9. №. 1. P. 27-36. doi: 10.1080/1943815X.2012.658815
- 14 Renda A., Pelkmans J., Egenhofer C., Schrefler L. et al. The uptake of green public procurement in the EU27 // Study prepared for DG Environment, European Commission, CEPS in collaboration with the College of Europe, Brussels. 2012.
- 15 Saussier S., Tirole J. Strengthening the efficiency of public procurement // Notes du conseil d'analyse economique. 2015. №. 3. P. 1-12.
- 16 Cernat L., Kutlina-Dimitrova Z. International public procurement: From scant facts to hard data // Robert Schuman Centre for Advanced Studies Research Paper No. RSCAS. 2015. doi: 10.2139/ssrn.2682582
- 17 Fazekas M., Kocsis G. Uncovering high-level corruption: Cross-national objective corruption risk indicators using public procurement data // British Journal of Political Science. 2020. V. 50. №. 1. P. 155-164. doi: 10.1017/S0007123417000461
- 18 Thai K.V. International handbook of public procurement. Routledge, 2017.
- 19 Musanzikwa M. Public procurement system challenges in developing countries: The case of Zimbabwe // International Journal of Economics, Finance and Management Sciences. 2013. V. 1. №. 2. P. 119-127.
- 20 Tadelis S. Public procurement design: Lessons from the private sector // International Journal of Industrial Organization. 2012. V. 30. №. 3. P. 297-302. doi: 10.1016/j.ijindorg.2012.02.002

References

- 1 Balaeva O.N., Yakovlev A.A., Rodionova Yu.D., Esaulov D.M. Transactional costs in the sphere of public procurement of the Russian Federation: assessment at the macrolevel based on microdata. Journal of Institutional Research. 2018. vol. 10. no. 3. doi: 10.17835/2076-6297.2018.10.3.058-084 (in Russian).
- 2 Antonov V.I., Kiseleva O.V. Foreign experience in regulating the placement of state orders and the possibility of its use in Russian practice. Modern problems of science and education. 2013. no. 3. pp. 288-288. (in Russian).
- 3 Dodukina I.A., Polyaniin A.V. Development of public procurement in the context of public administration. Eagle, 2018. (in Russian).
- 4 Kuprina I.K., Smirnova N.V., Bakhyshev R.D., Fedosova A.P. On the question of control in the field of public procurement. Financial Economics. 2018. no. 3. pp. 48-50. (in Russian).
- 5 Sabetova T.V. Problems of assessing the budgetary efficiency of the public procurement system. Modern problems of the economy of the agro-industrial complex and their solution: materials of the III National conference. 2020. pp. 249-252. (in Russian).
- 6 Sabetova T.V., Sivolapov D.S. The role and features of the contract system in government order management. Problems of innovative development of the Russian economy: materials of the VI All-Russian scientific and practical conference. 2019. pp. 157-160. (in Russian).
- 7 Samolysov P.V., Belova S.N. Legal and economic instruments for the implementation of state financial control in the field of procurement. Proceedings of the Academy of Management of the Ministry of Internal Affairs of Russia. 2020. no. 2 (54). pp. 21-29. (in Russian).
- 8 Tskhurbaeva F.Kh., Kudzaev K.Kh. Improvement of the system of placing the state and municipal market of orders. Izvestia of the Gorsky State Agrarian University. 2018. vol. 50. no. 1. pp. 289-294.
- 9 Kopeikin Yu.A., Drobchenko E.A. Monitoring of executive authorities as an effective mechanism for the implementation of administrative reform. New technologies in science, education, production. 2014. pp. 274-282. (in Russian).
- 10 Borisova E.R. Public procurement as an element of the system of state regulation of socio-economic development. Bulletin of the Russian University of Cooperation. 2013. no. 4 (14). (in Russian).
- 11 Fisunov K.V. Examination of the implementation of state orders as a monitoring system for assessing the effectiveness of meeting state needs. Statistics and Economics. 2012. no. 5. (in Russian).
- 12 Zolochevskaya E.Yu., Krivosheeva T.D. Ways to optimize the interaction between the state and business in the system of government contracts management. State and municipal management. Scholarly notes. 2016. no. 3. (in Russian).

- 13 Melissen F., Reinders H. A reflection on the Dutch sustainable public procurement programme. *Journal of Integrative Environmental Sciences*. 2012. vol. 9. no. 1. pp. 27-36. doi: 10.1080/1943815X.2012.658815
- 14 Renda A., Pelkmans J., Egenhofer C., Schrefler L. et al. The uptake of green public procurement in the EU27. Study prepared for DG Environment, European Commission, CEPS in collaboration with the College of Europe, Brussels. 2012.
- 15 Saussier S., Tirole J. Strengthening the efficiency of public procurement. *Notes du conseil d'analyse economique*. 2015. no. 3. pp. 1-12.
- 16 Cernat L., Kutlina-Dimitrova Z. International public procurement: From scant facts to hard data. Robert Schuman Centre for Advanced Studies Research Paper No. RSCAS. 2015. doi: 10.2139/ssrn.2682582
- 17 Fazekas M., Kocsis G. Uncovering high-level corruption: Cross-national objective corruption risk indicators using public procurement data. *British Journal of Political Science*. 2020. vol. 50. no. 1. pp. 155-164. doi: 10.1017/S0007123417000461
- 18 Thai K.V. International handbook of public procurement. Routledge, 2017.
- 19 Musanzikwa M. Public procurement system challenges in developing countries: The case of Zimbabwe. *International Journal of Economics, Finance and Management Sciences*. 2013. vol. 1. no. 2. pp. 119-127.
- 20 Tadelis S. Public procurement design: Lessons from the private sector. *International Journal of Industrial Organization*. 2012. vol. 30. no. 3. pp. 297-302. doi: 10.1016/j.ijindorg.2012.02.002

Сведения об авторах

Андрей Б. Власов к.г.н., доцент, начальник кафедры, кафедра управления повседневной деятельностью подразделений, Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина», ул.Старых Большевиков, 54а, г. Воронеж, 394064, Россия, kremer-k@yandex.ru
 <https://orcid.org/введите здесь orcid>

Константин И. Кремер к.т.н., доцент, кафедра управления повседневной деятельностью подразделений, Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина», ул.Старых Большевиков, 54а, г. Воронеж, 394064, Россия, kremer-k@yandex.ru

Information about authors

Andrey B. Vlasov Cand. Sci. (Geog.), associate professor, head of the department, management of the daily activities of units department, Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin, Starykh Bolshevikov str., 54a, Voronezh, 394064, Russia, kremer-k@yandex.ru
 <https://orcid.org/введите здесь orcid>

Konstantin I. Kremer Cand. Sci. (Engin.), associate professor, management of the daily activities of units department, Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin, Starykh Bolshevikov str., 54a, Voronezh, 394087, Russia, kremer-k@yandex.ru

Вклад авторов

Андрей Б. Власов написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат
Константин И. Кремер обзор литературных источников по исследуемой проблеме, выполнил расчёты

Contribution

Andrey B. Vlasov wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism
Konstantin I. Kremer review of the literature on an investigated problem, performed computations

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 09/07/2021	После редакции 30/07/2021	Принята в печать 17/08/2021
Received 09/07/2021	Accepted in revised 30/07/2021	Accepted 17/08/2021

Оценка эффективности интегрированных структур в России

Виктор Г. Лутченко	²	180@vniivega.ru	 0000-0001-7626-9725
Александр И. Хорев	¹	al.khorev@gmail.com	 0000-0002-8438-0607
Людмила Л. Адраховская	¹	adrakhovskaya9696@mail.ru	 0000-0002-3843-3317

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

² АО «ВНИИ «Вега», Московский проспект 7Б, г. Воронеж, 394026, Россия

Аннотация. На современном этапе развития экономической системы России одной из самых востребованных задач является повышение эффективности интегрируемых структур. Данное явление, исследуемое различными учеными, предполагает закрепление за собой статуса базового элемента экономики. Но возможно ли это? Анализ мировых процессов интеграции показывает следующее: более 60% аналогичных процессов неэффективны – нет окупаемости вложенных средств. Исходя из этого, авторы формулируют основные признаки неэффективности интегрируемых структур: спекулятивные мотивы, отсутствие комплексности процессов, недостаточность проработки состава участников объединений и др. В статье отражено полное отсутствие в российской практике поддержки дочерних предприятий в процессе создания взаимосвязей с основными сферами, наблюдается лишь жесткий контроль со стороны управляющих компаний. Для развивающихся интегрируемых структур необходимо определение целесообразности их формирования. Но перед этим необходимо провести анализ основных причин неэффективности интегрируемых структур в России. К ним можно отнести: низкая компетентность инстанций, отсутствие процессов предварительной оценки стоимости и полученных результатов, дефициты анализа предприятия, недостаточность предварительной оценки транзакционных издержек. К сожалению, в рассматриваемых интегрируемых структурах отраженные моменты имеют место быть. По мнению авторов, основной целью формирования интегрируемых структур является коррелированное использование различных активов, а также финансовых ресурсов предприятий для роста из конкурентоспособности, разработка новых видов продукции, сопряжение технологических, научных и кооперационных взаимосвязей, а также привлечение инвестиций. Таким образом, ключевой причиной неэффективности функционирования интегрируемых структур является недостаточно высокий профессиональный уровень управления не только процессом создания, но и процессом функционирования, поскольку в России может наблюдаться руководство некомпетентными менеджерами в области управления ни в области разработки и изготовления продукции.

Ключевые слова: интегрированные структуры, управляющая компания, дочернее предприятие, конкурентные преимущества, эффективность деятельности, интеграция

Evaluation of the efficiency of integrable structures

Viktor G. Lutchenko	²	180@vniivega.ru	 0000-0001-7626-9725
Aleksandr I. Khorev	¹	al.khorev@gmail.com	 0000-0002-8438-0607
Lyudmila L. Adrakhovskaya	¹	adrakhovskaya9696@mail.ru	 0000-0002-3843-3317

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

² JSC Vega, Moscow Avenue, 7B, Voronezh, 394026, Russia

Abstract. At the present stage of development of the economic system of Russia one of the most demanded tasks is to increase the efficiency of integrated structures. This phenomenon, studied by various scientists, presupposes the consolidation of the status of the basic element of the economy. But is it possible? Analysis of global integration processes shows the following: more than 60% of similar processes are ineffective – there is no return on investment. Proceeding from this the authors formulate the main signs of the inefficiency of the integrated structures: speculative motives, lack of complexity of processes, insufficient study of the composition of participants in associations and etc. The article reflects the complete absence in Russian practice of support for subsidiaries in the process of creating relationships with the main areas, there is only strict control on the part of management companies. For developing integrable structures it is necessary to determine the appropriateness of their formation. But before that it is necessary to analyze the main reasons for the inefficiency of the integrated structures in Russia. These include: low competence of the authorities, lack of processes for preliminary assessment of the cost and the results obtained, deficiencies in the analysis of the enterprise, insufficient preliminary assessment of transaction costs. Unfortunately, in the considered integrable structures, the reflected moments take place. According to the authors the main goal of the formation of integrable structures is the correlated use of various assets as well as financial resources of enterprises for growth from competitiveness, the development of new types of products, the conjugation of technological, scientific and cooperative relationships as well as attracting investments. Thus, the key reason for the ineffectiveness of the functioning of the integrated structures is an insufficiently high professional level of management not only of the creation process, but also of the functioning process, since in Russia there can be observed leadership by incompetent managers neither in the field of management nor in the development and manufacture of products.

Keywords: integrated structures, management company, subsidiary, competitive advantages, operational efficiency, integration

Для цитирования

Лутченко В.Г., Хорев А.И., Адраховская Л.Л. Оценка эффективности интегрированных структур в России // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 296–300. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-296-300

For citation

Lutchenko V.G., Khorev A.I., Adrakhovskaya L.L. Evaluation of the efficiency of integrable structures. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 3. pp. 296–300. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-296-300

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

Введение

Правительство РФ связывает факт обеспечения повышения производственно – хозяйственной деятельности промышленности с формированием интегрированных структур в виде концернов, холдингов и т. д., которые должны превратиться в базовый элемент современной экономики. Но оправдывает ли практическая деятельность подобных структур в условиях России при существующих формах управления ими?

Рассмотрим проблемы функционирования концернов и холдингов на примере нескольких реальных ИС радиоэлектронного профиля в России.

Общеизвестно, что причина интеграции предприятий кроется в получении синергетического эффекта, то есть взаимодополняющее действие активов двух или нескольких предприятий, совокупный результат которого превышает сумму результатов отдельно действующих объединяемых предприятий.

Синергетический эффект возникает благодаря экономии за счет установления взаимосвязей между предприятиями, а также за счет снижения транзакционных издержек. Все это должно позволить предприятиям за счет интеграции получить долгосрочные дополнительные конкурентные преимущества, а интегрированной структуре создание дополнительной стоимости.

Удастся ли рассматриваемым интегрированным структурам добиться вышеизложенных эффектов, а если нет, то почему?

Обсуждение

Повышение эффективности ИС является одной из самых актуальных задач современной экономической науки и практики. В настоящее время существует множество подходов к описанию и оценке эффективности процессов интеграции. Однако единой методики измерения показателя эффективности интеграции не существует и определение целесообразности создания ИС до настоящего времени представляет довольно сложную проблему [1]. Несмотря на популярность в мире процессов интеграции исследования показывают, что более 60% всех подобных процессов не окупают вложенных в них средств.

Эмпирические исследования западных корпораций также не внушают оптимизма. В среднем акции различных корпораций на Западе продаются со скидкой 20% по отношению к стоимости их дочерних предприятий. Поэтому, даже если 40% многопрофильных корпораций создают стоимость для акционеров,

60% таких корпораций в действительности эту стоимость уничтожают [5]. Авторы уверены, что при пристальном анализе действующих ИС в России, они имеют более худшие показатели, чем выше приведенные.

Как показывает опыт работы нескольких ИС радиоэлектронного профиля и предприятий в них входящих, в целом ИС не показывают положительного синергетического эффекта, поскольку, как правило, целый ряд предприятий, входящие в ИС, не имеющих монопольного положения в занимаемых рыночных сегментах, постоянно имеют отрицательные результаты работы, которые не покрываются более успешно работающими предприятиями.

Следует также иметь в виду, что некоторые ИС если в целом и неплохо выглядят в экономическом плане, то это благодаря монополизму дочерних предприятий в оборонной тематике, а не из-за использования преимуществ интеграционных принципов. В случае сокращения оборонных заказов что, по мнению В.В. Путина, неизбежно, то как предприятия, так и ИС окажутся в плачевном экономическом состоянии.

Так каковы же основные причины неэффективности ИС в России, исходя из опыта лучших корпораций запада? Известный в части анализа достижений компаниями корпоративных преимуществ М. Портер [3] на примере конкретных компаний дает рекомендации как этого добиться. По его мнению, предприятия, вошедшие в ИС, должны работать в смежных сферах деятельности для установления материальных, нематериальных и конкурентных взаимосвязей. Без установления взаимосвязей добиться синергии невозможно.

По мнению российских авторов, [6] основными признаками неэффективности ИС в России являются:

- мотивы интеграции в России связаны со стремлением «сесть» на денежные потоки других предприятий, спекулятивные мотивы, налоговые мотивы и др.;

- необоснованный, случайно сложившийся состав участников объединения;

- отсутствует комплексность при исследовании мотивов интеграции;

- не учитываются преимущества и недостатки интеграции между участниками ИС.

Компания McKinsey провела исследования [4] и установила, что без роли корпоративного центра (управляющей компании, штаб-квартиры, головного офиса) добиться синергетического эффекта от интеграции предприятий при моделях, которые используются в рассматриваемых ИС, практически невозможно. К сожалению, имеющиеся в России

управляющие компании занимаются только жестким контролем за работой дочерних предприятий, вместо оказания им помощи в налаживании взаимосвязей во всех сферах их деятельности для снижения издержек и получения конкурентных преимуществ.

К числу основных причин неэффективности ИС в России также следует отнести:

- поспешность формирования ИС без учета мнений руководителей предприятий, подлежащих интеграции, что объясняется тем, что акции этих предприятий принадлежат государству отсутствие анализа предприятий при формировании ИС – их сильных и слабых сторон, чтобы удостовериться, что слабости одних предприятий не усугубят слабости остальных, а сильные стороны будут использованы для усиления слабых;

- очень низкая компетентность вышестоящих инстанций, причастных к формированию и руководству ИС;

- отсутствие предварительной оценки получения взаимовыгодных условий получения выгод как для предприятий, так и ИС в целом;

- отсутствие предварительной оценки стоимости интеграции, превышающей затраты на интеграцию;

- отсутствие предварительной оценки получения предприятиями конкурентных преимуществ от установления взаимосвязей между собой, а также ими и материнской компанией;

- отсутствие предварительной оценки снижения транзакционных издержек.

Анализ вышеперечисленных факторов должен был послужить основанием определения целесообразности формирования ИС, однако практически всего этого сделано при формировании ИС в России не было. Причиной создания подобных структур в России послужило желание вышестоящих инстанций облегчить себе работу в части контроля небольшого количества ИС, вместо большого количества автономных предприятий, не задумываясь о последствиях для развития промышленности в России. Вышестоящее руководство, причастное к формированию ИС, должно было сначала разработать схему (проект) формирования ИС, в которой

предусмотреть способы координации объединенных предприятий, определив роль, значение и модель работы корпоративного центра, проанализировать наличие смежных сфер деятельности предприятий и их экономическое положение, оценить расходы на содержание ИС.

По мнению М. Гулда [2], когда интеграцией предприятия управляют грамотно, она может быть благом как для ИС, так и предприятий, в нее входящих, создавая дополнительную стоимость и конкурентные преимущества. Но когда ей управляют плохо, это может подорвать смысл создания и существования подобной ИС, а значит доверие как между объединяемыми предприятиями, так и между ними и руководством ИС.

В общем виде главной целью образования ИС по мнению авторов является скоординированное использование материальных и нематериальных активов, а также финансовых ресурсов предприятий для повышения их конкурентоспособности, разработка новой продукции, координация технологических, научных и кооперационных взаимосвязей, а также привлечения инвестиций.

Всего вышеизложенного в рассматриваемых ИС не наблюдается. Поэтому основной причиной неэффективной работы ИС является непрофессиональное управление как процессом создания, так и работой ИС, поскольку в России руководят этим процессом некомпетентные менеджеры ни в области управления, ни в области разработки и изготовления продукции [7–20].

Заключение

Главная проблема неэффективности не только ИС, но и всей промышленности России состоит в том, что имеющаяся система назначения на руководящие государственные и ключевые посты позволяет занимать эти посты не профессионально пригодным специалистам, а людям из числа лиц, входящих в число доверенных руководству страны. И пока ситуация с руководящими кадрами не изменится в лучшую сторону, создание ИС в России не может служить базовым элементом экономики России.

Литература

- 1 Чашин В.П., Гудков А.Б., Попова О.Н., Одланд И.О. и др. Характеристика основных факторов риска нарушений здоровья населения, проживающего на территориях активного природопользования в Арктике // Экология человека. 2014. № 1. С. 3–12.
- 2 Сироткина Н.В., Рублёвская А.А. Механизм формирования эффективных интегрированных структур в АПК // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2012. № 1. С. 221–230.
- 3 Раскина Т.А., Пирогова О.А., Зобнина О.В., Пинтова Г.А. Показатели системы остеокластогенеза у мужчин с различными клиническими вариантами анкилозирующего спондилита // Современная ревматология. 2015. Т. 9. № 2. С. 23–27. doi: 10.14412/1996-7012-2015-2-23-27
- 4 Терещенко Ю.В. Траектория основных показателей вариабельности ритма сердца // Материалы межрегиональной конференции «Новые медицинские технологии на службе первичного звена здравоохранения». 2010. С. 3–11.

- 5 Ахмедов А.Э., Шаталов М.А. Повышение эффективности интегрированных структур на основе реструктуризации // Территория науки. 2014. №. 6.
- 6 Авдонин Б.Н., Батьковский А.М., Стяжкин А.Н. Инструментарий оценки и повышения эффективности деятельности интегрированных структур радиоэлектронной промышленности // Электронная промышленность. 2012. №. 3. С. 15-24.
- 7 ГОСТ 8.586.5-2005. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. М.: Стандартиформ, 2007. 143 с.
- 8 Кусякина О.Н., Пономаренко М.В., Скиперская Е.В. Эффективность функционирования интегрированных предпринимательских структур в АПК: региональный аспект. 2013.
- 9 Скиперская Е.В. Оценка показателей эффективности деятельности интегрированных структур в Ставропольском крае // Моделирование производственных процессов и развитие информационных систем. 2012. С. 214-218.
- 10 Кусякина О.Н., Скиперская Е.В. Социально-экономическая эффективность функционирования интегрированных структур в АПК: содержание и оценка // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2012. №. 8 (44).
- 11 Anatoliy G. et al. Fostering innovative integrated structures in Russian higher education institutions // Revista Espacios. 2017. V. 38. №. 40.
- 12 Lee S.K., Jeong H.J., Kim Y.C., Jang J.H. Improvement in CIGS solar cell efficiency using a micro-prism array integrated with sub-wavelength structures // Solar Energy Materials and Solar Cells. 2018. V. 186. P. 254-258. doi: 10.1016/j.solmat.2018.06.045
- 13 Son G., Han S., Park J., Kwon K. et al. High-efficiency broadband light coupling between optical fibers and photonic integrated circuits // Nanophotonics. 2018. V. 7. №. 12. P. 1845-1864. doi: 10.1515/nanoph-2018-0075
- 14 Gertsik Y.G. Competitiveness Management of Medical Industry Enterprises in Integrated Structures // The International Scientific and Practical Forum "Industry. Science. Competence. Integration". Springer, Cham, 2019. P. 294-300. doi: 10.1007/978-3-030-40749-0_35
- 15 Allasasmeh Y., Gregori S. High-performance switched-capacitor boost-buck integrated power converters // IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers. 2018. V. 65. №. 11. P. 3970-3983. doi: 10.1109/TCSI.2018.2863239
- 16 Mohr D.A., Yoo D., Chen C., Li M. et al. Waveguide-integrated mid-infrared plasmonics with high-efficiency coupling for ultracompact surface-enhanced infrared absorption spectroscopy // Optics express. 2018. V. 26. №. 18. P. 23540-23549. doi: 10.1364/OE.26.023540
- 17 Ghorbani B., Ebrahimi A., Ziabasharhagh M. Novel integrated CCHP system for generation of liquid methanol, power, cooling and liquid fuels using Kalina power cycle through liquefied natural gas regasification // Energy Conversion and Management. 2020. V. 221. P. 113151. doi: 10.1016/j.enconman.2020.113151
- 18 Wu C., Neuner III B., John J., Milder A. et al. Metamaterial-based integrated plasmonic absorber/emitter for solar thermo-photovoltaic systems // Journal of Optics. 2012. V. 14. №. 2. P. 024005.
- 19 Cai S., Chen L., Zha D., Chen Y. A novel planar D-A alternating copolymer with D-A integrated structures exhibiting H-aggregate behaviors for polymer solar cells // Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry. 2013. V. 51. №. 3. P. 624-634. doi: 10.1002/pola.26411
- 20 Kewes G., Schoengen M., Neitzke O., Lombardi P. et al. A realistic fabrication and design concept for quantum gates based on single emitters integrated in plasmonic-dielectric waveguide structures // Scientific Reports. 2016. V. 6. №. 1. P. 1-10. doi: 10.1038/srep28877

References

- 1 Chashchin V.P., Gudkov A.B., Popova O.N., Odland I.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).
- 2 Sirotkina N.V., Rublevskaya A.A. The mechanism for the formation of effective integrated structures in the agro-industrial complex. Bulletin of the Pacific State University. 2012. no. 1. pp. 221-230. (in Russian).
- 3 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).
- 4 Tereshchenko Yu.V. Interpretation of the main indicators of heart rate variability. Materials of the interregional conference "New medical technologies in the service of primary health care". 2010. pp. 3-11. (in Russian).
- 5 Akhmedov A.E., Shatalov M.A. Improving the efficiency of integrated structures based on restructuring. Territory of science. 2014. no. 6. (in Russian).
- 6 Avdonin B.N., Batkovsky A.M., Styazhkin A.N. Toolkit for assessing and improving the efficiency of integrated structures of the radio-electronic industry. Electronic industry. 2012. no. 3. pp. 15-24. (in Russian).
- 7 GOST 8.586.5-2005. State system for ensuring the uniformity of measurements. Measurement of flow and quantity of liquids and gases using standard orifice devices. Moscow, Standartinform, 2007. 143 p. (in Russian).
- 8 Kusakina O.N., Ponomarenko M.V., Skiperskaya E.V. The effectiveness of the functioning of integrated business structures in the agro-industrial complex: a regional aspect. 2013. (in Russian).
- 9 Skiperskaya E.V. Assessment of performance indicators of integrated structures in the Stavropol Territory. Modeling of production processes and development of information systems. 2012. pp. 214-218. (in Russian).
- 10 Kusakina O.N., Skiperskaya E.V. Socio-economic efficiency of functioning of integrated structures in the agro-industrial complex: content and assessment. Management of economic systems: electronic scientific journal. 2012. no. 8 (44). (in Russian).

- 11 Anatoliy G. et al. Fostering innovative integrated structures in Russian higher education institutions. *Revista Espacios*. 2017. vol. 38. no. 40.
- 12 Lee S.K., Jeong H.J., Kim Y.C., Jang J.H. Improvement in CIGS solar cell efficiency using a micro-prism array integrated with sub-wavelength structures. *Solar Energy Materials and Solar Cells*. 2018. vol. 186. pp. 254-258. doi: 10.1016/j.solmat.2018.06.045
- 13 Son G., Han S., Park J., Kwon K. et al. High-efficiency broadband light coupling between optical fibers and photonic integrated circuits. *Nanophotonics*. 2018. vol. 7. no. 12. pp. 1845-1864. doi: 10.1515/nanoph-2018-0075
- 14 Gertsik Y.G. Competitiveness Management of Medical Industry Enterprises in Integrated Structures. The International Scientific and Practical Forum "Industry. Science. Competence. Integration". Springer, Cham, 2019. pp. 294-300. doi: 10.1007/978-3-030-40749-0_35
- 15 Allasasmeh Y., Gregori S. High-performance switched-capacitor boost-buck integrated power converters. *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*. 2018. vol. 65. no. 11. pp. 3970-3983. doi: 10.1109/TCSI.2018.2863239
- 16 Mohr D.A., Yoo D., Chen C., Li M. et al. Waveguide-integrated mid-infrared plasmonics with high-efficiency coupling for ultracompact surface-enhanced infrared absorption spectroscopy. *Optics express*. 2018. vol. 26. no. 18. pp. 23540-23549. doi: 10.1364/OE.26.023540
- 17 Ghorbani B., Ebrahimi A., Ziabasharhagh M. Novel integrated CCHP system for generation of liquid methanol, power, cooling and liquid fuels using Kalina power cycle through liquefied natural gas regasification. *Energy Conversion and Management*. 2020. vol. 221. pp. 113151. doi: 10.1016/j.enconman.2020.113151
- 18 Wu C., Neuner III B., John J., Milder A. et al. Metamaterial-based integrated plasmonic absorber/emitter for solar thermo-photovoltaic systems. *Journal of Optics*. 2012. vol. 14. no. 2. pp. 024005.
- 19 Cai S., Chen L., Zha D., Chen Y. A novel planar D-A alternating copolymer with D-A integrated structures exhibiting H-aggregate behaviors for polymer solar cells. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*. 2013. vol. 51. no. 3. pp. 624-634. doi: 10.1002/pola.26411
- 20 Kewes G., Schoengen M., Neitzke O., Lombardi P. et al. A realistic fabrication and design concept for quantum gates based on single emitters integrated in plasmonic-dielectric waveguide structures. *Scientific Reports*. 2016. vol. 6. no. 1. pp. 1-10. doi: 10.1038/srep28877

Сведения об авторах

Виктор Г. Лутченко к.т.н., заместитель начальника отдела системного анализа, АО «ВНИИ «Вега», Московский проспект 7Б, г. Воронеж, 394026, Россия, 180@vniivega.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7626-9725>

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, al.khorev@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8438-0607>

Людмила Л. Адраховская ассистент, кафедра теории экономики и учетной политики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, adrakhovskaya9696@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3843-3317>

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

Viktor G. Lutchenko Cand. Sci. (Engin.), deputy head of system analysis, JSC Vega, Moscow Avenue, 7-B, Voronezh, 394036, Russia, 180@vniivega.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7626-9725>

Aleksandr I. Khorev Dr. Sci. (Econ.), professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, al.khorev@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8438-0607>

Lyudmila L. Adrakhovskaya assistant, theory of economics and accounting policy department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, adrakhovskaya9696@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3843-3317>

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 07/07/2021	После редакции 26/07/2021	Принята в печать 18/08/2021
Received 07/07/2021	Accepted in revised 26/07/2021	Accepted 18/08/2021

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.

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, приведенных в таблицах и рисунках.

Обсуждение - в разделе проводится детальный анализ полученных данных в сопоставлении с данными литературы, 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.vsu.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

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; Оpubл. 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:

Липидус Л.В. Центр компетенций цифровой экономики. Ассоциация граждан и организаций по содействию развитию корпоративного образования. URL: <http://www.makonews.ru/centr-kompetencij-cifrovoj-ekonomiki/>

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):

Iyukhina 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 drawing 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. Ivanov¹,**

Ivan A. Petrov²

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/vguir/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 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

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., Belozarov 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/>

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).