

БЕЛЯВСКАЯ ИРИНА ГЕОРГИЕВНА

**НАУЧНО - ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ
С НАПРАВЛЕННОЙ КОРРЕКЦИЕЙ
ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ И АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ**

05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Москва – 2019

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет пищевых производств» (ФГБОУ ВО «МГУПП»)

Научный консультант: **Черных Валерий Яковлевич**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Росляков Юрий Федорович**
доктор технических наук, профессор, Заслуженный изобретатель РФ, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», профессор кафедры техники и технологии хлебопродуктов

Магомедов Газибег Омарович
доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», заведующий кафедрой технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств

Никифорова Тамара Алексеевна
доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», профессор кафедры технологии пищевых производств

Ведущая организация: **НОЧУ ДПО «Международная промышленная академия»**

Защита состоится: «26» декабря 2019 г в 10⁰⁰ часов на заседании Совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Д 212.148.03 при ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств» по адресу: 125080, Москва, А-80, Волоколамское шоссе, д. 11, корп. А, ауд. 302.

Отзывы (в двух экземплярах) на автореферат, заверенные гербовой печатью учреждения, просим направлять в адрес диссертационного совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «МГУПП». Полный текст диссертации размещен в сети Интернет на официальном сайте ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств» <http://www.mgupp.ru>.

Автореферат размещен в сети Интернет на официальных сайтах: ВАК Минобрнауки России (<https://vak.minobrnauki.gov.ru>) и ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств» (<http://www.mgupp.ru>).

Автореферат разослан « » 2019 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
д.т.н., профессор

Дубцов Г.Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Целью реализации Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 года №1364-р, является сохранение и укрепление здоровья населения, в том числе за счет профилактики алиментарных заболеваний, обусловленных неполноценным и несбалансированным питанием. В связи с этим одной из основных задач пищевой промышленности является развитие производства продуктов, обогащенных незаменимыми компонентами, обеспечивающих потребности населения в здоровом питании.

Методология разработки и производства современных продуктов, базирующаяся на достижениях нутрициологии, обеспечивает формирование рациональной структуры питания населения, направленной на профилактику ряда заболеваний. Особая роль в создании таких продуктов принадлежит возобновляемому растительному сырью, в том числе продуктам переработки зерновых, крупяных культур, водорослей и микроводорослей, овощей, плодов и ягод, благодаря входящим в их состав основным пищевым веществам, макро- и микронутриентам, функциональным пищевым ингредиентам (пищевым волокнам, полиненасыщенным жирным кислотам, каротиноидам, витаминам, фосфолипидам, биофлавоноидам, органическим кислотам, минеральным веществам), которые способны формировать и поддерживать важнейшие физиологические функции организма человека.

Хлебобулочные изделия занимают исключительно важное место в рационе питания населения. Большой вклад в развитие теоретических и практических аспектов разработки и совершенствования отечественных технологий хлебобулочных изделий для здорового питания внесли работы российских ученых Л.Я. Ауэрмана, Л.И. Пучковой, Р.Д. Поландовой, Л.Н. Казанской, Т.Б. Цыгановой, С.Я. Корячкиной, В.Я. Черныха, Ю.Ф. Рослякова, Г.Г. Дубцова, Г.Н. Дубцовой, И.В. Матвеевой, Л.Н. Шатнюк, А.А. Кочетковой, А.П. Нечаева, В.Д. Малкиной, С.Е. Траубенберг, Л.И. Кузнецовой, Е.И. Пономаревой, А.С. Джабоевой, Л. Г. Ипатовой, Е.В. Алексеенко и многих других.

Совершенствование традиционных и разработка инновационных технологий хлебобулочных изделий высокого качества, обеспечивающих сохранение полезных свойств входящих в состав рецептурных ингредиентов, является **актуальной** проблемой, продиктованной высокими требованиями науки о здоровом питании. Решение проблемы коррекции пищевой ценности хлебобулочных изделий возможно путем использования продуктов переработки природного сырья как источников основных пищевых веществ, макро-, микронутриентов и антиоксидантов.

Работа проводилась в рамках государственного задания Минобрнауки России на выполнение НИР по теме "Конструирование продуктов функционального и специализированного назначения. Роль взаимодействия макро- и микронутриентов» и федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы».

Целью настоящей работы является совершенствование технологии хлебобулочных изделий на основе направленной коррекции их химического состава за счет использования различных видов растительных источников пищевых и биологических веществ, в том числе с антиоксидантными свойствами, и способов

подготовки дополнительного сырья к производству, обеспечивающих сохранение указанных свойств в изделиях с высокими потребительскими показателями качества.

Для достижения цели были поставлены следующие основные **задачи**:

- обосновать выбор и дать характеристику химического состава рецептурных ингредиентов хлебопекарного производства (микроводоросли спирулины, порошков морских водорослей ламинарии пищевой и фукуса, экстракта зеленого чая, жома облепихи ферментированной, льняной муки, муки киноа, гидролактивина и активированного угля), а том числе биологически активных компонентов, пищевой ценности для их применения в технологии хлебобулочных изделий для здорового питания;

- определить влияние растительных источников пищевых и биологически активных веществ при использовании их в качестве рецептурных ингредиентов хлебопекарного производства на свойства полуфабрикатов во взаимосвязи с технологией и показателями качества готовых изделий;

- установить влияние минерально-органических веществ на свойства полуфабрикатов и показатели качества хлебобулочных изделий скорректированного состава (с использованием гидролактивина, активированного угля и с исключением пищевой соли);

- разработать технологические решения при применении исследуемых видов рецептурных ингредиентов для производства хлебобулочных изделий;

- определить антиоксидантные свойства хлебобулочных изделий с использованием в качестве рецептурных ингредиентов широкого спектра продуктов переработки зерновых и крупяных культур, семян, экстрактов растений, ягод и овощей (53 наименования); разработать критерий оценки антиоксидантных свойств, а также представить классификацию хлебобулочных изделий по антиоксидантной емкости;

- разработать техническую документацию (ТУ, ТИ, РЦ) на хлебобулочные изделия со спирулиной; с льняной мукой; мукой киноа; гидролактивином; активированным углём, провести опытно-промышленную апробацию;

- оценить экономический эффект производства хлебобулочных изделий в условиях современного рынка.

Научная концепция. В основу разработки технологии хлебобулочных изделий с направленной коррекцией пищевой ценности и антиоксидантных свойств положена комплексная оценка эффективности применения растительных источников пищевых и биологически активных веществ, минерально-органических веществ и установление зависимостей изменения реологических и биотехнологических свойств полуфабрикатов при их использовании для формирования совокупности показателей качества готовых изделий.

Научная новизна. Теоретически обоснована целесообразность использования растительных источников пищевых и биологически активных веществ (микроводоросли спирулины, порошков морских водорослей, экстракта зеленого чая, жома облепихи ферментированной, льняной муки, муки киноа), минерально-органических рецептурных компонентов (соль пищевая, гидролактивина и активированного угля) для корректировки пищевой ценности хлебобулочных изделий для здорового питания, полученных с использованием рационально разработанных технологий.

Установлены зависимости ИК-спектров поглощения мучных смесей от содержания в них порошков спирулины и ламинарии, положенные в основу метода определения количественного состава мучных двухкомпонентных смесей.

Выявлено положительное влияние рецептурных ингредиентов (микроводоросли спирулины, порошков морских водорослей ламинарии пищевой и фукуса, экстракта зеленого чая, жома облепихи ферментированной, льняной муки), заключающееся в повышении показателя антиоксидантной емкости хлебобулочных изделий. Наибольшее увеличение антиоксидантной емкости (по отношению к ABTS-радикалу) гидрофильной фракции хлебобулочных изделий установлено при использовании экстракта зеленого чая.

Установлены качественный и количественный состав основных пищевых веществ и степень удовлетворения суточной потребности организма человека при употреблении разработанных хлебобулочных изделий, позволяющие

Разработана классификация хлебобулочных изделий на основе определения антиоксидантной емкости (АОЕ) по ABTS-радикалу, позволившая ранжировать хлебобулочные изделия в зависимости от величины показателя Р (prioг) - критерия.

Практическая значимость и реализация результатов работы

Разработаны технологические решения по использованию источников растительных пищевых и биологически активных веществ (микроводоросли спирулины, порошков морских водорослей, экстракта зеленого чая, жома облепихи ферментированной, льняной муки, муки киноа) и минерально-органического рецептурного ингредиента – гидролактивина в хлебопекарном производстве.

Разработаны проекты технической документации (ТУ, ТИ, РЦ) на хлебобулочные изделия со спирулиной, хлебобулочные изделия ржано-льняные, хлебобулочные изделия «С золотым зернышком», хлебобулочные изделия с гидролактивином, хлебобулочные изделия «Карбоактиватус».

Новизна разработанных технических решений подтверждена 7 патентами Российской Федерации.

Материалы выполненных исследований используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «МГУПП» при реализации профессиональных образовательных программ бакалавриата и магистратуры по направлению подготовки 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья» и 19.04.02 «Продукты питания из растительного сырья» при выполнении выпускных квалификационных работ студентов университета.

Основные положения, выносимые на защиту:

- научно-методологический подход к оценке эффективности применения рецептурных ингредиентов хлебопекарного производства (микроводоросли спирулины, порошков морских водорослей ламинарии пищевой и фукуса, экстракта зеленого чая, жома облепихи ферментированной, льняной муки и муки киноа, угля активированного, гидролактивина), базирующийся на исследовании качественного и количественного состава основных пищевых веществ, функциональных пищевых ингредиентов, в том числе макро- и микронутриентов, а также антиоксидантных свойств;

- технологии хлебобулочных изделий с использованием рецептурных ингредиентов - растительных источников пищевых и биологически активных веществ, минерально-органических соединений, обеспечивающих коррекцию пищевой ценности продуктов;

- совокупность экспериментальных данных по оценке антиоксидантных свойств хлебобулочных изделий и обоснование дополнительных рецептурных ингредиентов в качестве источников веществ, повышающих антиоксидантную ёмкость;

- теоретическое и экспериментальное обоснование классификации хлебобулочных изделий по показателю антиоксидантной емкости;

- технологические решения по созданию ассортимента хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности на основе использования в составе рецептурных ингредиентов – источников основных пищевых веществ и природных антиоксидантов.

Степень достоверности и апробация результатов работы.

Достоверность полученных результатов подтверждена применением современных физико-химических методов анализа, математической обработкой результатов экспериментов и промышленной апробацией на предприятиях. Обработку результатов проведенных исследований проводили с использованием программ Microsoft Excel, Matstat, Statistica 6.0. Результаты исследований отражены в рецензируемых научных изданиях.

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных, республиканских научно-технических и научно-практических конференциях, выставках, форумах: «Технологии и продукты здорового питания. Функциональные пищевые продукты», Москва, 2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 гг., представлены на Международном Хлебопекарном Форуме в рамках международной выставки «Современное хлебопечение», Москва, 2009, 2011, 2012 гг.; Юбилейной научно-практической конференции с международным участием «Инновации в технологии хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий, Москва, 2010 г. ; IV International Conference on Colloid Chemistry and Physicochemical Mechanics, 7-th Annual European Rheology Conference, Suzdal, 10-14 May, 2011 г.; Третьей научно-практической конференции с международным участием «Управление реологическими свойствами пищевых продуктов», Москва, 2012 г.; IV International Conference on Colloid Chemistry and Physicochemical Mechanics, 30 June-05 July 2013г., Moscow; IV международной научно-практической конференции "Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований", North Charleston, USA 4-5 августа 2014 г.; Всероссийской научно-практической конференции «Здоровье человека и экологически чистые продукты питания-2014», Орел, 31 октября 2014 г.; курсах повышения квалификации для специалистов хлебопекарной и кондитерской отрасли «Школа современного хлебопека и кондитера» в рамках 20 - международной выставки «Modern Bakery Moscow», 25 апреля 2014 г.; XII Международной конференции «Хлебопекарное производство в России: вызовы и стратегии рынка», Москва, МПА, 2016 г; Научно-практической конференции с международным участием «Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: кадры и наука», Москва, 11-12 апреля 2017 г.; III Международной научно-практической конференции «Инновации в индустрии питания и сервисе», посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар, 25 октября 2018 г., Национальной научно-практической конференции «Пищевые ингредиенты и биологически активные добавки в технологиях продуктов питания и парфюмерно-косметических средств», ФГБОУ ВО «МГУПП», Москва, 28 марта 2019 г., Научно-практической конференции «Продукты переработки зерна: технологии, безопасность, качество», ФГБОУ ВО «МГУПП», Москва, 29 апреля 2019 г.

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 73 печатных работы, в т. ч. 2 статьи в изданиях, входящих в базу Web of Science, 27 статей в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ, 35 публикаций в материалах конференций, форумов, семинаров, научных трудах института; получено 7 патентов РФ на изобретение.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа включает введение, обзор литературы, экспериментальную часть, выводы, список цитированных источников, приложения. Содержание работы изложено на 381 странице основного текста, содержит 84 рисунка, 87 таблиц, 10 приложений. Список литературы включает 339 источников, в том числе, 78 - зарубежных.

Основные этапы работы выполнены на кафедрах «Зерна, кондитерских и хлебопекарных технологий», «Биотехнологии и технологии продуктов биоорганического синтеза» ФГБОУ ВО «МГУПП», в лаборатории Центра реологии пищевых сред ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности», в лаборатории группы аналитической биохимии Федерального исследовательского центра "Фундаментальные основы биотехнологии" РАН, лаборатории витаминов и минеральных веществ ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», в лаборатории ООО «Люмэкс-центр». Промышленная апробация проведена на ОАО «Калининградхлеб» (г. Королев), АО «Клинский хлебокомбинат» (г. Клин).

Личный вклад автора заключается в формулировании направления и разработке основных положений диссертации, выносимых на защиту, постановке цели и задач исследований, решении поставленных задач, планировании экспериментов и проведении исследований, в получении результатов, математической обработке и обобщении результатов и использовании их на практике. Результаты диссертационной работы являются совокупностью многолетних научных исследований, проведенных в ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств» лично автором и при его непосредственном участии.

Соответствие темы диссертации паспорту научной специальности.

Диссертационное исследование соответствует пп. 2, 4, 6 и 12 паспорта научной специальности 05.18.01– Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства.

Структурная схема исследований представлена на рисунке 1.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1 Современные аспекты совершенствования технологий хлебобулочных изделий для здорового питания. Анализ опубликованных в литературе данных позволил дать характеристику существующих технологий хлебобулочных изделий. Рассмотрены дополнительные виды сырья в качестве источников пищевых веществ для хлебобулочных изделий и их роли в обеспечении жизнедеятельности, сохранении и укреплении здоровья и снижении риска развития заболеваний. На основании результатов исследований российских и зарубежных авторов дано научно-практическое обоснование применения новых видов сырья при производстве хлебобулочных изделий.

Глава 2 Объекты и методы исследований. В соответствии с целью и задачами работы в качестве объектов исследований были использованы мука пшеничная хлебопекарная (ГОСТ 26574-2017), мука ржаная хлебопекарная (ГОСТ Р 52809-2007), дрожжи хлебопекарные прессованные (ГОСТ Р 54731-2011), дрожжи

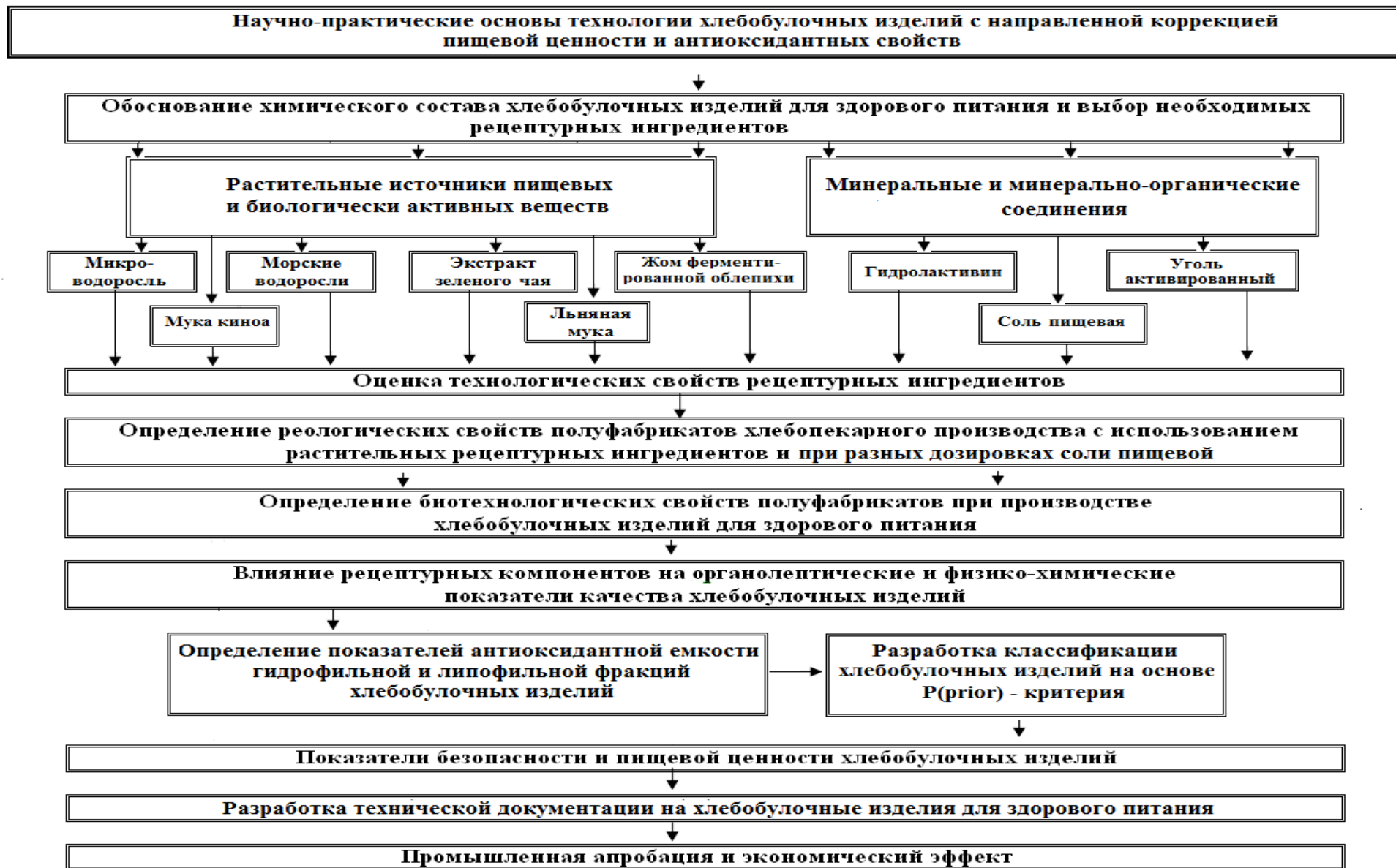


Рисунок 1- Структурная схема исследований

хлебопекарные сушеные (ГОСТ Р 54845-2011), соль пищевая (ГОСТ Р 51574-2018), вода питьевая – СанПиН 2.1.4.1074-01; масло подсолнечное рафинированное дезодорированное (ГОСТ 1129-2013); сахар белый (ГОСТ 33222-2015); спирулина (ТУ 9284-002-17230230-99); экстракт зеленого чая (ТУ 9191-015-17089352-04); шрот облепихи (ТУ 4146-017-02068315-02); порошки морских водорослей (ТУ 9284-039-00462769-02); порошок моркови (ТУ 9761-028-02068634-12); порошок столовой свеклы (ТУ 9761-030-02068634-12); порошок тыквы порошок тыквы (ТУ 9761-029-02068634-12); льняная мука (ТУ 9146004-95947205-2011; мука гречневая (ГОСТ Р 55290-2012); мука овсяная (ТУ 9293-005-55104471-2014), мука рисовая (ГОСТ 31645-2012), рисовое масло (ТУ 9141-001-5811041-03); масло сливочное 82,5% (ТУ 10.51.30-006-93679148-2018); заменитель молочного жира SDS M01-23, SDS M02-46 (ГОСТ 31648-2012); клейковина пшеничная сухая (ТУ 9189-005-00365517-06); молоко сухое обезжиренное (ГОСТ Р 52791-2007); сухая молочная сыворотка – гидролактинин (ТУ 9229-001-61536200-11); мука киноа (ТУ 10.61.22-044-05604978-2017); уголь активированный (паспорт №12256/2018 ГП); ферментные препараты; культуры микроорганизмов *Lactobacillus delbrueckii* 40, *L. plantarum* A63, *L. casei* C1, *L. casei defensis*, *Lactobacillus brevis* B78, *L. fermenti* 34; *L. asidophilus* 146, *Propionibacterium freundenreichii* ssp. *shermanii* ВКМ-103, *Saccharomyces cerevisiae* (Московский) 23, гибриды *S. cerevisiae* 567, *S. cerevisiae* 69, *S. minor* "Чернореченский" из музея чистых культур кафедры «Зерна, хлебопекарных и кондитерских изделий» ФГБОУ ВО «МГУПП»; мука пшеничная цельнозерновая, льняная, тритикале цельнозерновая лабораторных помолов, полуфабрикаты лабораторного и промышленного производства, а также готовые хлебобулочные изделия.

При проведении технологических исследований использовали пищевое сырье, отвечающее требованиям ГОСТ или ТУ.

В работе применяли стандартные и специальные методы исследования свойств сырья, полуфабрикатов и готовых изделий.

Показатели белизны муки и мучных смесей определяли на приборе БЛИК - РЗ, оценку дисперсности и гранулометрический состав определяли посредством информационно-измерительной системы «ГИУ-1 - РС» с использованием программы Flour 32. Показатель числа падения муки и мучных смесей определяли на приборе ПЧП-3. Количественный состав мучных смесей проводили с использованием БИК-анализатора «ИнфраЛЮМ - ФТ-10» с помощью программ СпектраЛЮМ/Про, а для выбора лучших параметров градуировочной модели - программой Envelope, разработанных фирмой «Люмэкс-Центрум». Реологические свойства теста оценивали на приборах Do-corder C («Brabender», Германия) и Mixolab («Chopin», Франция), закономерности газообразования полуфабрикатов определяли весовым методом, на микрогазометрическом устройстве системы Елецкого и приборе Rheofermentometre F3 («Chopin», Франция). Реологические свойства мякиша хлеба определяли на приборах «Пенетромтр АП – 4/1» и «Структуромтр СТ-1М». Гидрофильные свойства мякиша оценивали по уточненной методике Катца. Содержание каротиноидов проводили спектрофотометрическим методом, витамина С - в соответствии с ГОСТ 24556-89. Количественное определение йода и кальция в составе порошков водорослей, мучных смесей, теста и готовых изделий проводили потенциометрическим методом с использованием ионоселективного электрода ОР-0808Р и рН метра-ионометра “ОР-271/1” (фирма “Radelkis” - Венгрия).

Расчет пищевой ценности хлебобулочных изделий проводили в соответствии с ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» по методике ФГАНУ

«Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности». Показатель активности воды определяли гигрометрическим методом с использованием портативного прибора «Hydro Palm AW1». Определение антиоксидантной ёмкости хлебобулочных изделий проводили по методике, основанной на реакции обесцвечивания катион-радикала ABTS, с использованием спектрофотометра Cary 100 Bio (США). Качество готовых изделий оценивали общепринятыми и специальными органолептическими, физико-химическими, биохимическими, микробиологическими методами, в том числе хроматографическими, электронной микроскопии, профильно-ранговой сенсорной оценки.

Микробиологические и показатели безопасности готовых изделий определяли согласно ГОСТ 26669-85, ГОСТ 10444.15-94, ГОСТ 31747-2012, ГОСТ 31746-2012, ГОСТ 28560-90, ГОСТ 31659-2012, ГОСТ 10444.12-2013.

Обработку экспериментальных данных осуществляли методами математической статистики. Математическое планирование и обработку экспериментальных данных осуществляли методом центрального униформ - ротатбельного планирования с последующей графической интерпретацией параметров оптимизации с использованием программ Excell, MatStat, СпектраЛЮМ/Про и Statistica.

Глава 3 Технологии хлебобулочных изделий с использованием растительных источников пищевых и биологически активных веществ. Направления коррекции пищевой ценности хлебобулочных изделий позволили обосновать в качестве растительных источников пищевых и биологически активных веществ использование микроводоросли спирулины (МС), порошков морских водорослей, экстракта зеленого чая, жома облепихи ферментированной, льняной муки, муки псевдозерновой культуры киноа.

Для обоснования количества используемого ингредиента (D , % к массе муки) в рецептуре хлебобулочного изделия разработана универсальная формула:

$$D = \frac{N \cdot K \cdot B_{\text{хл}}}{10^6 \cdot M \cdot G} \cdot \left(1 + \frac{L}{100}\right), \quad (1)$$

где N – суточная норма потребления эссенциального пищевого вещества; мкг/сут;

K – коэффициент покрытия суточной нормы потребления эссенциального пищевого вещества при употреблении 100 г хлебобулочного изделия, %;

M – среднесуточная норма употребления хлебобулочного изделия, г;

G – количество эссенциального пищевого вещества в рецептурном ингредиенте, %

L – коэффициент потерь эссенциального пищевого вещества в технологическом процессе, (устанавливается экспериментальным путем), %;

$B_{\text{хл}}$ – выход хлебобулочного изделия, %.

Формула позволяет обосновывать диапазоны исследуемых рецептурных компонентов для определения их влияния на реологические и биотехнологические свойства полуфабрикатов и формирования показателей качества хлебобулочных изделий.

3.1 Научно-практические аспекты использования микроводоросли спирулины при производстве хлебобулочных изделий. Состав МС, характеризующийся высоким (до 65%), количеством сбалансированного по аминокислотному составу белка, наличием фикоцианина, каротиноидов, витаминов группы В, витамина Е, микро- и макроэлементов, эссенциальной γ - линоленовой кислоты и других веществ, данные о безопасности и эффективности компонентов спирулины, проявляющих адаптогенное действие на организм человека, и рекомендации ее применения для профилактики заболеваний сердечно-сосудистой системы,

онкологических заболеваний, являются обоснованием для использования её в качестве рецептурного ингредиента хлебобулочных изделий

Разработка технологических решений применения МС проведена на основе исследования её влияния на показатели качества хлебобулочных изделий при различных технологических факторах таких, как дозировка МС, способ приготовления теста, дозировки различных дополнительных рецептурных компонентов.

Для определения рациональной дозировки МС проводили пробные лабораторные выпечки с приготовлением теста безопасным способом с внесением спирулины в количестве от 1 до 5% к массе муки. Экспериментально установлено, что дозировка МС определяет степень влияния на показатели качества хлебобулочных изделий. Внесение МС в количестве до 1% к массе муки незначительно изменяло показатели качества хлебобулочных изделий. Максимальное увеличение показателя общей, пластической деформация мякиша изделий составило 8 и 13 % соответственно по отношению к контролю. При увеличении количества МС от 2 до 5 % к массе муки, снижались показатели удельного объема изделий на 0,88 см³/г (рисунок 2); пористости - на 5%; общей, пластической и упругой деформация мякиша на 11, 7 и 3 ед. прибора, соответственно; показателя формоустойчивости на 0,15 единиц. На основании анализа органолептических и физико-химических показателей качества изделий с учетом рекомендации ФИЦ питания и биотехнологии по употреблению МС обоснована дозировка в количестве до 1 % от массы муки.

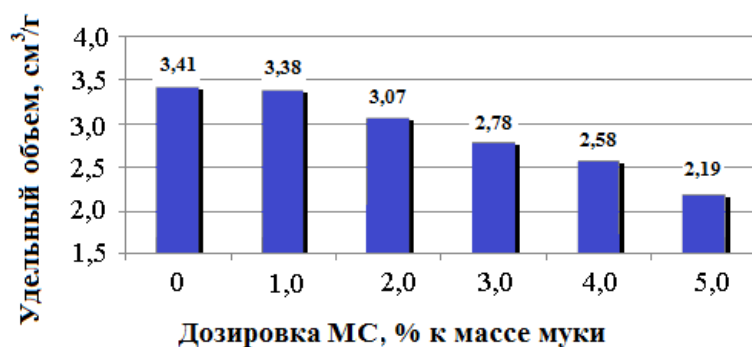


Рисунок 2 - Влияние дозировки МС на удельный объем хлебобулочных изделий

Изучение влияния МС на качество хлебобулочных изделий из пшеничной муки проводили ускоренным, безопасным и опарным способами приготовления теста с внесением сахара и жировых продуктов в количестве от 3 до 14% к массе муки. Приготовление теста из ржаной обдирной муки осуществляли на мезофильной и термофильной заквасках, а также однофазным способом с применением подкисляющих добавок.

Установлено, что внесение МС в количестве до 1% к массе муки способствовало повышению качества хлебобулочных изделий из муки высшего сорта при различных способах приготовления теста. При опарном способе наблюдались наилучшие показатели качества у изделий, приготовленных с внесением МС в тесто в количестве 0,5 % к массе муки (рисунок 3). Увеличение показателя удельного объема составило 4,5 - 17,0 %, пористости - 3,6 - 11,0 %, формоустойчивости - до 23,5%, деформации мякиша – от 2,0 до 7,4 % по отношению к контролю без МС.

Экспериментально показано, что при наличии в рецептуре в качестве дополнительного сырья сахара и жировых продуктов использование МС проводило к увеличению показателей качества хлебобулочных изделий. Так, при ускоренном способе приготовления теста и внесении МС в количестве 0,5 % увеличение показателя удельного объема хлебобулочных изделий составило 7,3 %, пористости - на 2,4 %, деформации мякиша - на 11,7 %, упругости - на 3,0 %, формоустойчивости - на 0,15 единиц.

формоустойчивости на 3,2 %, общей деформации мякиша - 14,2 %, пластической деформации – 17,7 % по сравнению с контрольной пробой.

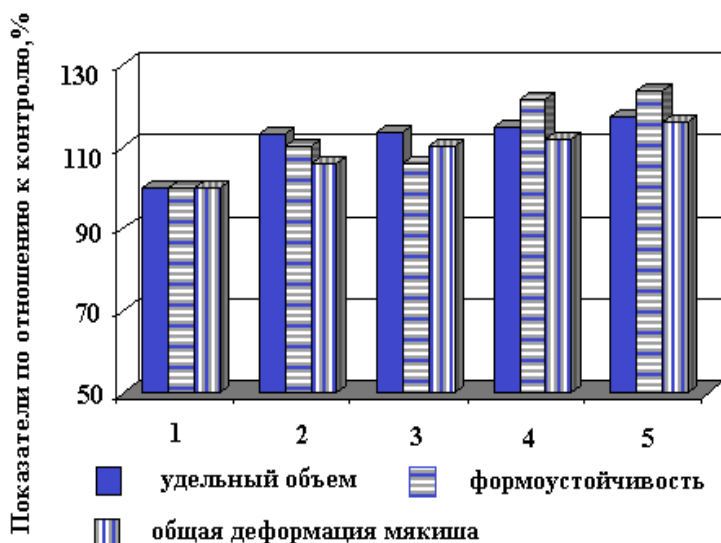


Рисунок 3 - Показатели качества хлебобулочных изделий с МС, приготовленных различными способами:

- 1 – контроль (без внесения МС);
- 2 – безопасный способ;
- 3 – ускоренный способ;
- 4 – опарный с внесением МС в опару;
- 5 – опарный с внесением МС в тесто.

При приготовлении хлебобулочных изделий из ржаной обдирной муки МС вносили в закваску или в тесто в количестве до 1 % к массе муки. Наибольший эффект наблюдался при приготовлении теста на густой ржаной закваске и внесении МС в ржаную закваску в количестве 0,5% к массе муки (увеличение удельного объема составило 7,0 %, пористости на 8,3 %, формоустойчивости - 5,8 %, кислотности на 7,8%, деформации мякиша - 33,3 - 35,7% по отношению к контролю). Хлебобулочные изделия с МС имели ровную поверхность без трещин и подрывов, цвет мякиша - с характерным оттенком спирулины, структура пористости была тонкостенная и равномерная, ощущался тонкий аромат и характерный вкус микроводоросли.

Проводили исследование влияния МС на качество и количество сырой клейковины, белизну и водопоглотительную способность пшеничной муки, автолитическую активность и гранулометрический состав мучных смесей.

Экспериментально установлено, что внесение МС приводило к незначительному увеличению содержания сырой клейковины, что является результатом взаимодействия глиадин-глютениновой фракции белков муки с биополимерами МС за счет адсорбции и образования водородных связей. При внесении МС упругие свойства клейковины изменялись незначительно.

Определение влияния МС на белизну пшеничной муки проводили на приборе Блик - РЗ. Проведенная математическая обработка экспериментальных результатов по выявлению зависимости показателя белизны мучных смесей от содержания в них МС выявила следующие зависимости:

$$Y_1 = 52,9 - 18,6 \cdot x_1; \quad (2)$$

$$Y_2 = 40,9 - 15,6 \cdot x_1; \quad (3)$$

$$Y_3 = 16,9 - 12,5 \cdot x_1; \quad (4)$$

где Y_1, Y_2, Y_3 - показатель белизны смеси из пшеничной муки высшего, первого и второго сорта, соответственно;

x_1 - количество МС, % к массе муки в смеси.

Установлена линейная зависимость изменения белизны мучных двухкомпонентных смесей из пшеничной муки от содержания в них МС.

При определении гранулометрического состава и дисперсности МС, пшеничной муки и их смесей, проведенной с использованием ИИС «ГИУ-1 - РС», подсчет количества частиц и определение их размера проводили с помощью программы Flour 32. Анализ фотографий, выполненных с использованием микроскопа, показал различие формы и размера частиц пшеничной муки и МС. Для оценки дисперсности проб пшеничной муки, МС и их смесей использовали статистические характеристики частиц, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Дисперсность исследованных проб

| Наименование показателей | Значение показателей | | | | |
|-------------------------------------|----------------------|---------------------|--|-------|-------|
| | МС | муки пшеничной в.с. | мучных смесей с соотношением мука : МС | | |
| | | | 100:1 | 100:2 | 100:3 |
| Среднее значение размера частиц, мм | 0,018 | 0,169 | 0,166 | 0,168 | 0,171 |
| Среднеквадратичное отклонение, мм | 0,008 | 0,071 | 0,111 | 0,078 | 0,067 |
| Медиана распределения, мм | 0,019 | 0,163 | 0,158 | 0,158 | 0,168 |
| Коэффициент вариации | 0,445 | 0,418 | 0,597 | 0,463 | 0,393 |
| Коэффициент асимметрии | 0,030 | 0,543 | 1,571 | 0,570 | 0,386 |

Установлено, что внесение МС в количестве до 3% в состав мучных смесей незначительно изменяло значение среднего эквивалентного диаметра частиц, который находился в пределах 170 мкм. При этом гранулометрический состав смесей варьировал в зависимости от количества вносимой микроводоросли. Так, количество фракции размером менее 25 мкм возрастало с 11,3 до 28,5 % от общего числа частиц при увеличении содержания МС от 0 до 3% к массе муки в двухкомпонентных смесях.

Исследовали влияние МС на реологическое поведение теста из пшеничной муки с применением приборов Do-corder с внесением МС в количестве до 3% к массе муки. Результаты представлены в таблице 2 и на рисунке 4.

Таблица 2 – Влияние микроводоросли спирулины на показатели, определяемые на приборе Do-corder

| Наименование показателей | Дозировка МС, % к массе муки | | | |
|--|------------------------------|------|------|------|
| | 0 (К) | 1,0 | 2,0 | 3,0 |
| Водопоглощение (ВП), л | 56,8 | 57,9 | 58,9 | 60,5 |
| Время образования теста, мин | 2,2 | 2,7 | 2,0 | 2,0 |
| Устойчивость, мин | 15,7 | 10,5 | 9,7 | 8,3 |
| Степень разжижения (10 мин замеса), е.Ф. | 16 | 44 | 52 | 62 |
| Число качества (QN), мм | 29 | 19 | 20 | 7 |

Установлено увеличение ВП теста из пшеничной муки на 1,9 - 6,5 % при внесении МС до 3% к массе муки, что вызвано способностью микроводоросли к гелеобразованию, обусловленному ее химическим составом, в частности, наличием белковых веществ и полисахаридов. При внесении МС показатель времени образования теста практически не изменялся, при этом внесение МС в количестве 1% к массе муки приводило к снижению показателя устойчивости на 5,2 мин, дальнейшее увеличение дозировки МС до 3 % к массе муки приводило к снижению показателя устойчивости теста на 47,1 % по отношению к контролю. Внесение МС в количестве 1% и 3% к массе муки приводило к увеличению показателя степени разжижения теста на 28 и 46 е.Ф. и снижению показателя качества с 29 до 7 мм.

С использованием метода наименьших квадратов установлена зависимость влияния МС на показатель водопоглощения пшеничной муки вида:

$$Y_4 = 56,8 + 1,21x_1, \quad (5)$$

где Y_4 - водопоглощение, л

x_1 - количество вносимой МС, % к массе муки.

Исследованиями влияния МС на реологическое поведение пшеничного теста на приборе Mixolab, установлено, что внесение МС в количестве 1% к массе муки уменьшало показатель эластичности теста на 10% по сравнению с контролем. Сравнение данных, полученных по показателям миксограммы теста из контрольной пробы и пробы муки с внесением МС, свидетельствовало о незначительном увеличении показателей вязкости теста при повышении температуры (С2) и снижении максимальной вязкости (С3). При этом наблюдалось небольшое увеличение времени начала ретроградации крахмала (С4). Максимальная вязкость при ретроградации крахмала (С5) и показатель времени ретроградации крахмала (С5) не изменялись. Наблюдалось увеличение индекса устойчивости к замесу с 2 до 3 баллов и индекса амилолитической активности с 6 до 7 баллов при внесении 1% МС к массе муки.

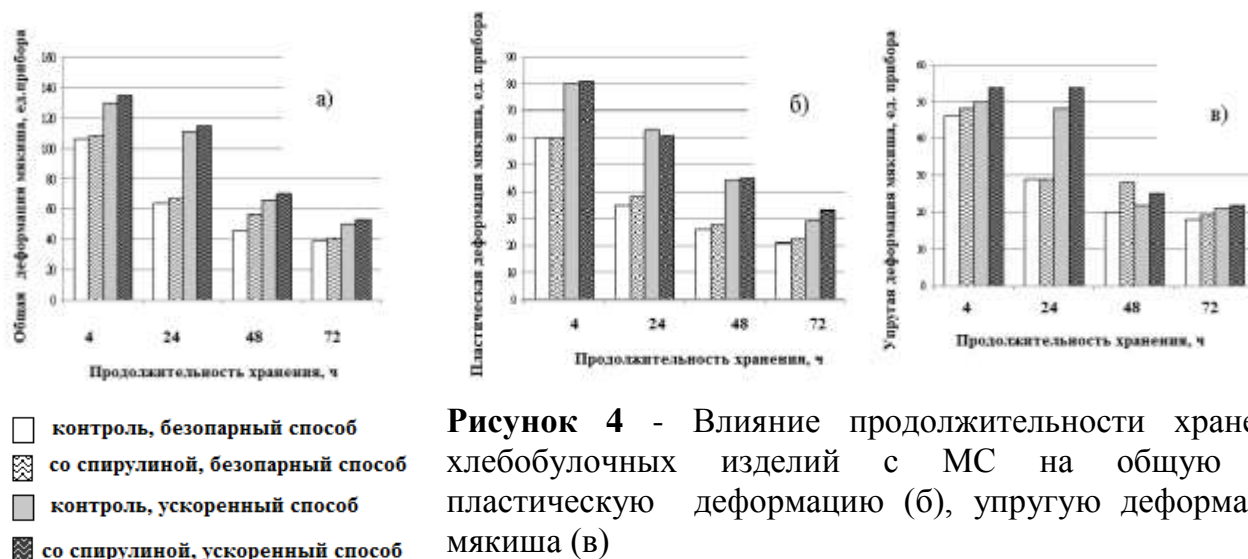
Проведенные исследования выявили влияние МС на реологические свойства теста, а также наличие зависимости между дозировкой и такими свойствами теста, как эластичность, стабильность (устойчивость) и время образования теста.

Исследования влияния МС на скорость газообразования теста, его газодерживающую способность, накопление кислотности и подъемную силу полуфабрикатов, приготовленных по различным рецептурам, позволили установить, что внесение 3% растительного масла, 3% сахара и МС способствовало наибольшему увеличению скорости газообразования теста, интенсифицировало процессы брожения теста и повышало качество хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта.

Увеличение скорости газообразования пшеничного теста при внесении МС может быть связано с тем, что она содержит витамины и минеральные вещества, способствующие размножению и повышению бродильной активности дрожжевых клеток *Saccharomyces cerevisiae*.

Таким образом, установлено увеличение газообразующей и газодерживающей способности теста при внесении МС в количестве до 1 % к массе муки, обусловленное интенсификацией процесса брожения и улучшением реологических свойств полуфабрикатов, обусловленных процессами структурообразования.

Исследовано изменение структурно-механических свойств мякиша хлебобулочных изделий с МС при безопарном и ускоренном способах тестоприготовления (рисунок 4) в процессе хранения в течение 72 часов.



Анализ результатов исследований выявил, что способ приготовления теста и рецептура изделия обуславливали характер изменения общей, упругой и пластической деформации, а также гидрофильные свойства мякиша в процессе хранения при внесении МС.

Внесение МС незначительно снижало гидрофильные свойства мякиша хлебобулочных изделий, приготовленных безопасным и ускоренным способом, при хранении их в течение 72 ч. Внесение МС в тесто, содержащее сахар и растительное масло улучшало гидрофильные свойства мякиша хлебобулочных изделий.

Экспериментальное исследование влияния МС на микробиологическую чистоту хлебобулочных изделий с применением модельных сред показало, что её внесение не провоцировало проращение спор *Bacillus subtilis*.

На основании проведенных исследований разработаны рецептуры хлебобулочных изделий с МС, выполнен расчет содержания основных пищевых веществ в разработанных хлебобулочных изделиях из пшеничной муки высшего сорта и ржаной обдирной муки (таблица 3).

Таблица 3 – Пищевая ценность хлебобулочных изделий с использованием микроводоросли спирулины

| Наименование | Белки, г | Жиры, г | Углеводы, г | Пищевые волокна, г | Энергетическая ценность, ккал |
|--|----------|---------|-------------|--------------------|-------------------------------|
| Контроль из пшеничной муки в.с. | 7,95 | 0,87 | 51,47 | 2,62 | 246 |
| Хлебобулочные изделия из пшеничной муки с МС | 8,35 | 0,90 | 51,09 | 2,60 | 246 |
| Контроль из ржаной обдирной муки | 6,08 | 1,16 | 42,1 | 8,44 | 217 |
| Хлебобулочные изделия из ржаной муки с МС | 6,46 | 1,18 | 42,1 | 8,37 | 217 |

Установлено, что внесение МС в хлебобулочные изделия из пшеничной муки высшего сорта увеличивало содержание белка на 5,04% , а из ржаной обдирной муки - на 6,2% , по отношению к контрольной пробе.

Аминокислотный скор лизина и треонина в изделиях из пшеничной муки высшего сорта составлял 43% и 75% и может быть увеличен совместным внесением сухого обезжиренного молока (СОМ) и МС на 14 и 9% соответственно.

МС обогащает хлебобулочные изделия каротиноидами, содержание которых в изделиях с МС составляет 2,09 мг/100 г, что на 46,5% больше по сравнению с контролем.

Разработанные технологические решения применения МС при производстве хлебобулочных изделий легли в основу технической документации и практических рекомендаций по ее использованию в промышленном производстве.

3.2 Совершенствование технологии хлебобулочных изделий с использованием морских водорослей. Сравнительная оценка показателей качества хлебобулочных изделий с использованием порошков морских водорослей - природных растительных источников пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ, с том числе йода, легла в основу совершенствования технологий диетических хлебобулочных изделий.

Для определения количественного состава мучных смесей с порошком ламинарии пищевой (ПЛП), являющегося важным этапом технохимического контроля хлебопекарного производства, разработан экспресс-метод, в основу которого положены закономерности изменения спектрометрических характеристик проб муки, ПЛП и их смесей (рисунок 5).

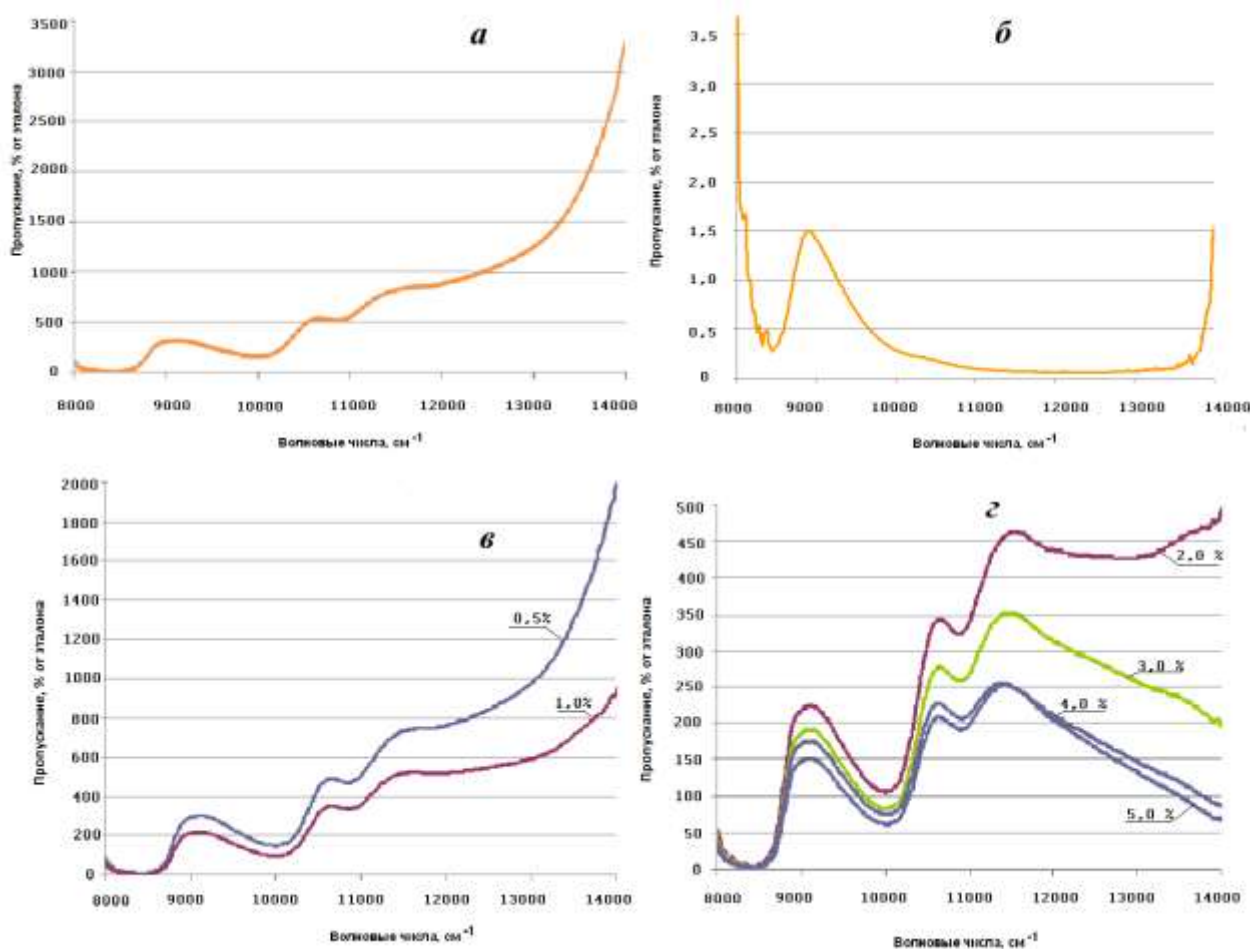


Рисунок 5 – Спектры (а) - муки, (б) – ПЛП; мучных смесей с ПЛП в количестве (в) - 0,5% и 1,0% ; (г) - 2,0 -5,0 % к массе муки

Внесение ПЛП существенно изменяет спектр пшеничной муки в сторону поглощения. Статистическая обработка результатов измерений с использованием метода дробных наименьших квадратов (PLS) позволила рассчитать градуировочную модель для определения процентного содержания ПЛП в мучной смеси. Проверка точности разработанной градуировочной модели, проведенная на независимом наборе проб мучных смесей показала, что абсолютное среднеквадратическое отклонение кросс-валидации (SECV) от действительных значений составило 1,92% при коэффициенте корреляции 0,9969.

Проведен выбор параметров брожения полуфабрикатов для хлебобулочных изделий из ржаного муки с порошками морских водорослей во взаимосвязи с показателями качества готовых изделий, приготовленных с использованием мезофильной густой и термофильной жидкой заквасок. Оценку биотехнологических свойств процесса брожения проводили на основе безразмерной величины критерия бродильной активности Δ бр.

Проводили определение потенциометрических характеристик рН и rH_2 проб теста на термофильной бездрожжевой и мезофильной заквасках, с добавлением ПЛП в закваску (вариант 1) и в тесто (вариант 2) в количестве до 1 %. Полученные данные использовали для оценки биотехнологических свойств теста в процесса брожения на основе критерия бродильной активности Δ бр (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние порошка ламинарии пищевой на биотехнологические свойства теста

| Содержание ПЛП, % к массе муки | Значение показателя Δ бр теста по варианту | |
|---|---|------|
| | 1 | 2 |
| на термофильной бездрожжевой молочнокислой закваске | | |
| 0 (К) | 20,2 | 18,8 |
| 0,25 | 23,5 | 20,7 |
| 0,5 | 29,0 | 24,8 |
| 0,75 | 24,4 | 22,5 |
| 1,00 | 21,7 | 23,0 |
| на мезофильной молочнокислой закваске | | |
| К | 27,2 | 20,8 |
| 0,25 | 28,5 | 24,3 |
| 0,5 | 34,0 | 31,5 |
| 0,75 | 31,4 | 28,0 |
| 1,00 | 31,7 | 26,8 |

Анализ данных таблицы 4 показал, что значения критерия бродильной активности Δ бр термофильной закваски и теста на её основе ниже, чем аналогичные показатели с использованием мезофильной закваски. Кроме того, значения критерия бродильной активности повышались с увеличением концентрации ПЛП до 0,5 % к массе муки. Эти данные свидетельствовали о положительном влиянии ламинарии пищевой на биотехнологические свойства как термофильной, так и мезофильной закваски.

Для анализа степени сохранности йода готовили хлебобулочные изделия из ржаной обдирной муки с внесением ПЛП в количестве 0,25 до 1,0 % в тесто (пробы 1-4) или в закваску (пробы 5-8). Количественное содержание йода определяли потенциометрически с помощью ионоселективного электрода ОР-0808Р и рН метраионметра ОР – 271/1, Radelkis. Значения сохранности йода в технологическом процессе производства хлебобулочных изделий представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Сохранность йода в хлебобулочных изделиях

| Варианты | Количество во ПМП, % к массе муки) | Расчетное содержание йода в готовом продукте, мкг/100 г | Фактическое содержание йода в готовом продукте, мкг/100 г | Сохранность йода в технологическом процессе, % | Фактическое содержание йода в готовом продукте, мкг/100 г | Сохранность йода в технологическом процессе, % |
|----------|------------------------------------|---|---|--|---|--|
| | | | на термофильной закваске | на мезофильной закваске | на мезофильной закваске | на мезофильной закваске |
| 1 | 0,25 | 90,5 | 51,14 | 56,5 | 50,23 | 55,5 |
| 2 | 0,50 | 195,5 | 115,35 | 59,0 | 109,48 | 56,0 |
| 3 | 0,75 | 277,4 | 164,78 | 59,4 | 156,46 | 56,4 |
| 4 | 1,00 | 372,2 | 222,21 | 59,7 | 211,04 | 56,7 |
| 5 | 0,25 | 90,5 | 46,61 | 51,5 | 45,80 | 50,6 |
| 6 | 0,50 | 195,5 | 105,57 | 54,0 | 103,62 | 53,0 |
| 7 | 0,75 | 277,4 | 153,68 | 55,4 | 150,91 | 54,4 |
| 8 | 1,00 | 372,2 | 211,04 | 56,7 | 205,09 | 55,1 |

Экспериментально установлено, что значения коэффициента сохранности йода в хлебобулочных изделиях с ППП варьировались от 51,5 до 59,3% и увеличивались с повышением количества ППП в рецептуре изделия. Использование термофильной закваски повышало сохранность йода в готовом изделии в среднем на 1,8%. Кроме того, при внесении ППП в тесто сохранность йода в хлебобулочных изделиях, приготовленных как на термофильной, так и на мезофильной закваске больше, чем при внесении порошка ламинарии на этапе приготовления закваски.

3.3 Разработка технологии хлебобулочных изделий с экстрактом зеленого чая.

Использование метода доказательной медицины свидетельствуют о положительном влиянии применения биологически активных минорных компонентов на иммунный статус организма человека. Интерес представляет источник биофлавоноидов – экстракт зеленого чая (ЭЗЧ), одним из компонентов которого является ECGC- эпигаллокатехин 3-галлат. Установлено, что флавоноидные соединения зеленого чая обладают Р-витаминной активностью, которая проявляется в укреплении стенок кровеносных капилляров, увеличении их упругости, нормализации нарушенной проницаемости сосудов. Катехины с орторасположенными оксигруппами (-) эпикатехин и (-) эпикатехингаллат обладают большей активностью.

В работе экспериментально установлено влияние ЭЗЧ на показатели качества хлебобулочных изделий из пшеничной и ржаной муки. Степень этого влияния зависела от вида муки, дозировки ЭЗЧ, способа приготовления теста. Наилучшие показатели качества хлебобулочных изделий из пшеничной муки наблюдались при внесении экстракта в количестве 0,5% к массе муки при различных способах приготовления теста (рисунок 6).

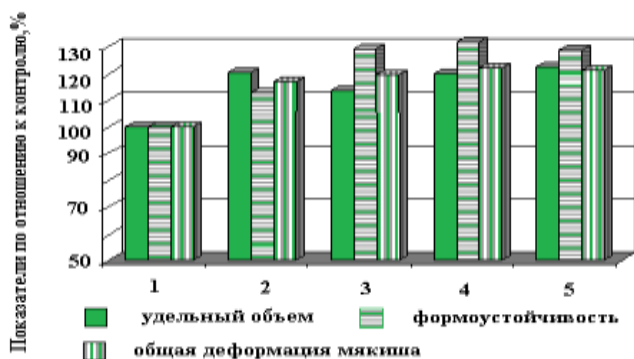


Рисунок 6 - Показатели качества хлебобулочных изделий с экстрактом зеленого чая, при различных способах тестоприготовления:

1 - контроль; 2 - безопарный способ; 3- ускоренный способ; 4-опарный с внесением МС в опару; 5- опарный с внесением экстракта в тесто.

При использовании ЭЗЧ в количестве 0,5% к массе муки наблюдали увеличение удельного объема, пористости, формоустойчивости подовых изделий, улучшение реологических свойств мякиша по сравнению с контрольным образцом. Мякиш хлебобулочных изделий характеризовался мелкой и тонкостенной пористостью, был более эластичный. Цвет корок имел более яркую окраску, наблюдалось улучшение вкуса и аромата изделий.

Внесение ЭЗЧ в рецептуру хлебобулочных изделий из ржаной муки не оказывало существенное влияние на такие физико-химические показатели как удельный объем, пористость, формоустойчивость, общая, упругая и пластическая деформации мякиши. Влияние ЭЗЧ на органолептические показатели качества характеризовалось положительно.

Проведёнными исследованиями, направленными на определение механизма влияния ЭЗЧ на биополимеры муки и полуфабрикаты хлебопекарного производства, установлено, что в пробах с ЭЗЧ происходило образование клейковинных белковых агрегатов большей молекулярной массы с участием фракций со средне- и низкомолекулярной массой, что приводило к повышению газодерживающей способности теста (рисунок 7).

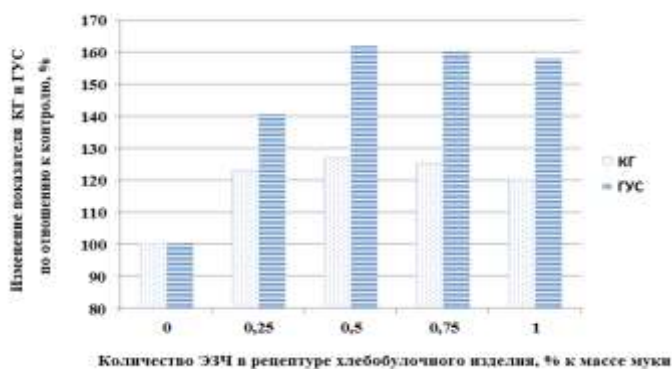


Рисунок 7 – Влияние экстракта зеленого чая на показатели газообразующей и газодерживающей способности теста

При измерении оптической плотности растворов фракций клейковины установлено, что значительное количество флавоноидов экстракта зеленого чая сосредоточено как в области высокомолекулярных фракций клейковинных белков, так и в области белков со средней молекулярной массой. При этом, в контрольном образце сырой клейковины природные флавоноиды находятся только во взаимодействии с белковыми фракциями различной молекулярной массы, в опытном образце с ЭЗЧ – как во взаимодействии с белковыми веществами, так и в свободном состоянии. При этом подавляющая часть флавоноидов находится в связанном состоянии с высокомолекулярными белковыми фракциями сырой клейковины.

Дозировку ЭЗЧ в рецептуре хлебобулочного изделия выбирали, исходя из суточной потребности биофлавоноидов. На основании проведенных исследований разработаны технологические решения применения экстракта зеленого чая в технологии хлебобулочных изделий.

Установлено, что в хлебобулочных изделиях, приготовленных из муки пшеничной хлебопекарной с добавлением экстракта зеленого чая, увеличение антиоксидантной ёмкости гидрофильной фракции по сравнению с контрольной пробой составило – 8,354 и 39,05 мкмоль ТЭ/г СВ для изделий муки высшего и первого сортов, соответственно. В изделиях, приготовленных из ржаной обдирной муки на бездрожжевой термофильной закваске, антиоксидантная ёмкость гидрофильной

фракции увеличилась на 36,39 мкмоль ТЭ/г СВ, при использовании мезофильной закваски – 48,68 мкмоль ТЭ/г СВ по сравнению с контролем.

3.4 Разработка технологии хлебобулочных изделий, обогащенных жомом ферментированных ягод облепихи. Ценные природные компоненты и функциональные пищевые вещества ягод облепихи, содержащие в своем составе липиды, белки, сахара, органические кислоты, комплекс биоактивных полифенольных соединений, витамины, макро- и микроэлементы, полезны для здоровья, способствуют его сохранению и укреплению. Значительное количество ценных природных компонентов остаются в жоме ферментированных ягод (ЖФО), что позволяет рассматривать его как ценный пищевой ингредиент при получении продуктов питания, в том числе хлебобулочных изделий.

При исследовании химического состава установлено, что 46,6 - 55,2% от массы веществ ЖФО составляют целлюлоза, гемицеллюлоза, пектиновые вещества и лигнин - компоненты лигнино-углеводного комплекса, относящиеся к группе ПВ, которым придается большое значение в профилактике заболеваний ЖКТ, сахарного диабета, нарушений обмена веществ и др.

Значительную долю в составе жома составляют липиды ($18,2 \pm 1,9$ г/100 г), основная часть которых представлена триглицеридами (96,73%). Свободные жирные кислоты, стерины и их эфиры присутствуют в малых количествах (0,69-1,44%); незначительно содержание полярных липидов и моноглицеридов (0,07-0,22%). Липидная фракция ЖФО представлена пальмитиновой и пальмитолеиновой кислотой. Ценным является наличие линолевой - ω -3 ПНЖК в количестве 15,26%.

В составе ЖФО выявлено наличие катехинов, каротиноидов и токоферолов. В составе ЖФО преобладают калий ($848,46 \pm 42,40$ мг/кг), магний ($431,55 \pm 30,21$ мг/кг) и фосфор ($164,00 \pm 9,84$ мг/кг).

Наличие широкого спектра биологически активных соединений в составе ЖФО свидетельствуют о том, что он может быть использован в качестве рецептурного компонента при получении продуктов питания повышенной пищевой и биологической ценности, обладающих детоксицирующими, радиопротекторными и антиоксидантными свойствами.

Исследования по применению ЖФО при производстве хлебобулочных изделий проводили с использованием из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта. Известно, что хлеб из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта содержит до 8% белка, имеет в своем составе незначительное количество минеральных веществ и витаминов. Кроме того, аминокислотный скор лизина и треонина составляет 43 и 75%. Для восполнения недостающих аминокислот целесообразно вводить в рецептурный состав хлебобулочных изделий другие источники белка. ЖФО отличается значительным содержанием белка ($15,7 \pm 1,1$ г/100 г), который, как показывают данные хроматографических исследований, содержит практически все незаменимые аминокислоты, в том числе лизин (945 мг/100 г белка) и треонин (668 мг/100 г белка). Однако, существенным образом сбалансировать аминокислотный состав хлебобулочного изделия за счет применения только ЖФО не представляется возможным, в связи с этим, совместно с облепиховым жомом использовали СОМ, применение которого не только повышает биологическую ценность готовых изделий, но и улучшает их органолептические и физико-химические показатели качества.

Исследование совместного влияния исследуемых рецептурных компонентов на показатели качества хлебобулочных изделий из муки пшеничной хлебопекарной

высшего сорта проводили при приготовлении теста безопасным способом с внесением ЖФО и СОМ в количестве 5-20% и 5% к массе муки, соответственно.

Готовые хлебобулочные изделия через 24 часа после выпечки оценивали по физико-химическим показателям, значения которых представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Физико-химические показатели качества хлебобулочных изделий с жомом облепихи ферментированной

| Наименование показателей качества | Значение показателей качества хлебобулочных изделий с внесением СОМ и ЖФО в количестве, % к массе муки | | | | | |
|--|--|-------|-------|-------|-------|------|
| | 0(к) | 5 | 10 | 15 | 20 | |
| Влажность, % | 42,0 | 41,5 | 41,3 | 41,0 | 40,9 | |
| Кислотность, град | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 2,1 | 2,4 | |
| Удельный объем, см ³ /г | 4,35 | 4,10 | 3,55 | 3,30 | 2,50 | |
| Структурно-механические свойства мякиша, ед. прибора АП4/2 | ΔН общ | 162,0 | 157,0 | 134,1 | 113,0 | 80,9 |
| | ΔН упр | 99,4 | 99,1 | 82,0 | 74,2 | 57,0 |
| | ΔН пл | 62,6 | 57,9 | 52,1 | 38,8 | 23,9 |

Внесение ЖФО в количестве 20% к массе муки оказывало значительное влияние на физико-химические показатели качества хлебобулочных изделий: в 2 раза повышалась кислотность, на 1,85 см³/г уменьшалось значение удельного объема, снижались структурно-механические свойства мякиша. Наилучшие результаты получены при внесении жома в количестве 5% к массе муки (рисунок 8). Показатели качества хлебобулочных изделий, приготовленных по этому варианту, незначительно отличались от контроля: уменьшение удельного объема составило 6%, общей деформации мякиша ΔН_{общ} на 3% по отношению к контролю.



Рисунок 8 – Пробы хлебобулочных изделий, приготовленные по варианту: 1 (контроль) – без внесения ЖФО; 2 – с внесением 5% ЖФО

Привлекательность внешнего вида, вкус и аромат определяют потребительские свойства хлебобулочных изделий, кроме того, на них оказывают влияние структура мякиша, его разрыхленность. Результаты органолептической оценки исследуемых проб хлебобулочных изделий, представленные на рисунке 9, показали, что ЖФО положительно влияет на органолептические характеристики хлебобулочных изделий.



Рисунок 9 – Влияние жома облепихи ферментированной на органолептические показатели хлебобулочных изделий

Пробы хлебобулочных изделий с внесением 10% ЖФО к массе муки имели привлекательную золотистую корку и аппетитный кремово-коричневый цвет мякиша, традиционные вкус и аромат хлеба имели тона, свойственные ягодам облепихи. Пробы хлебобулочных изделий с добавлением ЖФО в количестве 5% имели наилучшие физико-химические показатели качества (удельный объем и структурно-механические свойства мякиша).

Пищевая ценность хлебобулочных изделий с внесением 10 % ЖФО представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Пищевая ценность разработанных хлебобулочных изделий

| Компонент | Содержание в 100 г хлеба | Компонент | Содержание в 100 г хлеба |
|--------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Белки, г | 9,2 | Витамин С, мг | 2,14 |
| Жиры, г | 1,5 | β-каротин, мг | 1,04 |
| Углеводы, г | 49,7 | Органические кислоты, г | 0,11 |
| Пищевые волокна, г | 4,2 | Энергетическая ценность, ккал | 246 |

Применение ЖФО в рецептуре приготовления хлебобулочных изделий позволяет не только обогатить готовый продукт компонентами пищевых волокон, но и увеличить скор по лизину на 9% и треонину на 5%. Являясь естественным источником витаминов, облепиховый жом повышает витаминную ценность готовых изделий. Проведенными исследованиями установлено наличие витамина С и β-каротина – 2,14 мг/100 г и 1,04 мг/100 г соответственно.

Таким образом, применение жома облепихи ферментированной совместно с сухим обезжиренным молоком в рецептуре хлебобулочных изделий позволяет получить готовую продукцию с хорошими органолептическими характеристиками (вкусом, ароматом и цветом корки) и структурно-механическими свойствами мякиша, способствует повышению пищевой ценности готовых изделий. Потребление 100 г разработанных хлебобулочных изделий профилактической направленности удовлетворяет суточную физиологическую потребность в белке на 6,5-12,7 %, β-каротине – на 20,8%, пищевых волокнах – на 21 %.

3.5 Разработка технологических решений применения льняной муки в технологии хлебобулочных изделий из ржаной муки. Проведение обзора научной литературы с целью обоснования выбора рецептурных ингредиентов хлебобулочных изделий показало перспективы использования льняной обезжиренной муки в качестве источника основных пищевых веществ, пищевых волокон, витаминов, минералов и антиоксидантов. Содержание белка (более 30%) в льняной муке значительно выше, чем в муке, полученной из зерновых культур, при этом усвояемых углеводов в льняной муке в 2 раза меньше. Пищевые волокна льняной муки состоят из двух фракций: растворимой – снижающей холестерин и нерастворимой, усиливающей перистальтику и способствующей очистке желудочно-кишечного тракта. Клетчатка льняной муки обладает пребиотической активностью, улучшает микрофлору кишечника, способна сорбировать и выводить из организма токсические вещества. Особую ценность представляет наличие в льняной муке предшественника лигнанов – диглюкозида секоизоларициресинола, относящегося к классу фитоэстрогенов и обладающего антиоксидантным действием. В результате микробного метаболизма в толстом кишечнике льняные лигнаны превращаются в активные фитоэстрогены - энтеролактон и энтеродиол, проявляющие свойства веществ, нормализующих гормональный баланс и предотвращающих развитие онкологических заболеваний.

Разработка технологических решений применения льняной муки в смеси с ржаной базировалась на изучении закономерностей реологических свойств и газообразования полуфабрикатов хлебопекарного производства.

Установлено изменения показателя числа падения для смесей ржаной и льняной муки (рисунок 10).

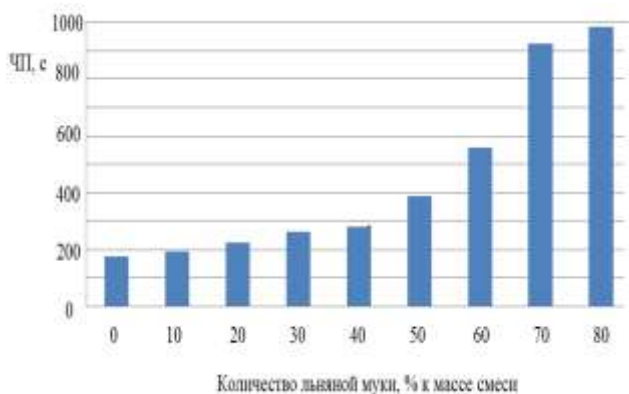


Рисунок 10 - Значения показателя «ЧП» смесей с различным соотношением ржаной и льняной муки

Математическая зависимость имеет вид:

$$Y_5 = 132,52 + 3,68x_2 + 0,065x_2^2, \quad (6)$$

где Y_5 - показатель «ЧП», с

x_2 - количество льняной муки, % к массе смеси.

Увеличение количества льняной муки в смеси с ржаной приводило к повышению показателя «ЧП» мучной смеси, что создает предпосылки переработки ржаной муки с повышенной автолитической активностью в технологии ржано-льняных хлебобулочных изделий.

Таблица 8 – Реологические свойства теста из смеси ржаной и льняной муки.

| Наименование показателя | Значение показателей теста для смесей по вариантам (соотношение ржаной и льняной муки) | | | | | |
|---|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 100:0 | 90:10 | 80:20 | 70:30 | 50:50 | 0:100 |
| ВПС, % | 62,4 | 63,4 | 64,4 | 65,1 | 66,5 | 68,1 |
| Время образования теста, мин | 7,5 | 5,0 | 6,2 | 19,1 | 20,3 | 21,6 |
| Устойчивость, мин | 6,6 | 1,2 | 14,4 | 17,1 | 23,6 | 25,0 |
| Эластичность, мм | 4 | 7 | 9,5 | 11 | 17 | 27 |
| Степень разжижения теста (через 12 мин после начала), е.Ф | 32 | 47 | 25 | 22 | 24 | - |
| Число качества (QN), мм | 31 | 11 | 15 | 40 | 35 | 38 |

Анализ закономерностей газообразующей и газодерживающей способности теста из ржаной обдирной и льняной обезжиренной муки (рисунок 11) показал, что основным фактором, влияющим на показатели качества хлебобулочных изделий, является газодерживающая способность полуфабрикатов из смеси ржаной и льняной муки, обусловленная отсутствием клейковинного каркаса в тестовых заготовках.

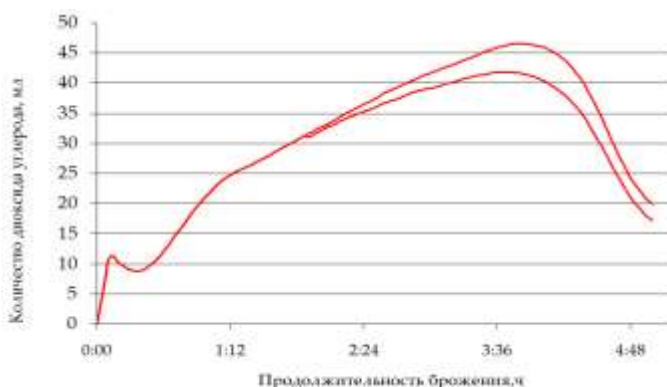


Рисунок 11 – Динамика газообразующей и газодерживающей способности теста из смеси ржаной и льняной муки.

Установлено, что наступление предела газодерживающей способности в исследуемых системах происходило при продолжительности брожения теста в течение 110-120 мин, рациональная продолжительность брожения теста составляла 220 мин.

Одним из этапов разработки технологических решений применения льняной муки в смеси с ржаной являлось исследование влияния технологических факторов: способа приготовления теста, рецептурных компонентов (дрожжей хлебопекарных, жировых продуктов, сахара) на ход технологического процесса и показатели качества хлебобулочных изделий (пористость, удельный объем) (рисунок 12).

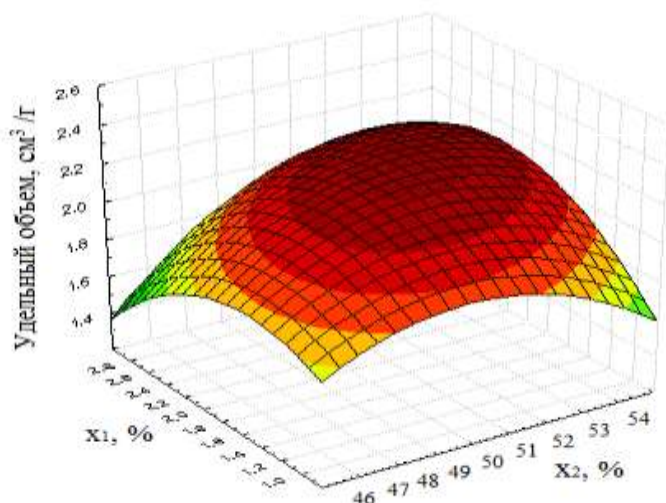


Рисунок 12 – Влияние количества прессованных дрожжей (x_1) и влажности теста (x_2) на удельный объем ржано-льняных хлебобулочных изделий

Результаты сравнительной оценки качества хлебобулочных изделий с использованием льняной обезжиренной муки в количестве 30% к массе муки, приготовленных по различным технологиям, представлены на рисунке 13.

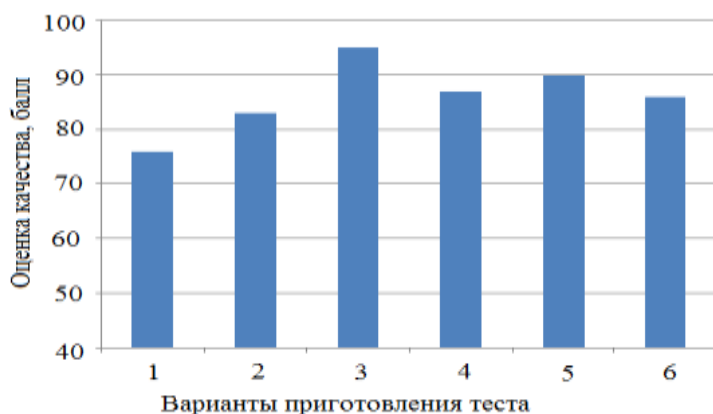


Рисунок 13 – Показатели балльной оценки ржано-льняных хлебобулочных изделий, приготовленных
 1- безопасным способом;
 2- на густой ржаной закваске;
 3- на мезофильной ржано-льняной закваске;
 4- на термофильной льняной закваске;
 5- на термофильной ржано-льняной закваске;
 6- на мезофильной льняной закваске.

На основании проведенных исследований установлена целесообразность приготовления мезофильной закваски из смеси ржаной и льняной муки при использовании чистых культур *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium infantis*, *Enterococcus faecium*, а также закваски с использованием термофильных молочно-кислых бактерий *L. delbrueckii*.

Установлено, что использование льняной муки снижало гликемический индекс хлебобулочных изделий из ржаной муки на 8,3%. Расчетные значения гликемического индекса ржано-льняных хлебобулочных изделий из смеси ржаной обдирной и льняной обезжиренной муки составили 46-44 ед., что позволяет отнести разработанные изделия к категории продуктов питания с пониженным гликемическим индексом.

3.6 Применение муки псевдозерновой культуры киноа в технологии хлебобулочных изделий. Одним из путей направленной коррекции пищевой ценности хлебобулочных изделий является применение псевдозерновой культуры киноа, выбор которой обусловлен ее химическим составом и высокой пищевой ценностью.

Зерна киноа богаты белком (16%), представленным в основном альбуминами и глобулинами, которые характеризуются сбалансированным аминокислотным составом. В муке киноа по сравнению с пшеничной мукой высшего сорта больше содержание лизина (4,8 г/100 г белка), метионина (2,1 г/100г белка), клетчатки, золы, некоторых минеральных веществ, аминокислот и витаминов, что является предпосылкой повышения биологической ценности хлебобулочных изделий.

Псевдозерновая культура киноа имеет в составе макро- и микроэлементы, содержание некоторых из них: калия (563 мг/100 г), магния (197 мг/100 г), фосфора (457 мг/100 г), марганца (2 мг/100г), меди (590 мг/100г) больше, чем в муке пшеничной высшего сорта. Кроме того, в состав этой культуры входят такие витамины, как тиамин (0,36 мг/100 г), рибофлавин (0,318 мг/100 г) и витамин В₉ (184 мкг/100 г), содержание которых также выше по сравнению с пшеничной мукой.

Дисперсность и гранулометрический состав муки являются важными показателями качества. Размер частиц муки оказывает влияние на ее хлебопекарные свойства, на физико-химические и органолептические показатели качества и выход готовых хлебобулочных изделий. Сравнительная оценка гранулометрического состава муки пшеничной и муки киноа показала, что среднее значение размера частиц лабораторной пробы муки киноа было значительно выше, чем у муки пшеничной. Анализ графической интерпретации зависимости гранулометрического состава муки киноа показал, что наибольшее процентное содержание от общего количества частиц было представлено частицами размера от 0,25 до 0,31 мкм.

Установлено, что с увеличением содержания муки киноа до 50% в смеси с пшеничной мукой высшего сорта, содержание сырой клейковины уменьшалось на 13,8% по сравнению с контрольным образцом.

Снижение количества сырой клейковины происходило пропорционально увеличению количества муки киноа в смесях с пшеничной мукой высшего сорта, что можно объяснить отсутствием в киноа глиадиновой и глютеиновой фракций, образующих клейковину.

Установлено, что с увеличением количества киноа в смеси, показатель ИДК снижался с 82,5 ед. ИДК (в контрольном образце) до 76,5 ед. прибора, т.е. на 7,3%. Снижение показателя качества клейковины происходило во всех мучных смесях. Степень снижения зависела от количества муки киноа в смеси. Ослабление свойств клейковины в смесях с пшеничной мукой высшего сорта сопровождалось незначительным повышением растяжимости сырой клейковины (до 2 см по сравнению с контролем).

Реологические свойства теста (таблица 9) определяли на приборе Do-corder. Проведенные исследования показали, что внесение в тесто муки киноа оказывало влияние на реологическое поведение мучных смесей. Увеличение количества муки киноа до 50 % к массе мучной смеси способствовало повышению абсолютного значения влагопоглощения на 3,1 %, сокращению времени образования теста на 2,7 мин, при этом показатель стабильности теста значительно снижался (на 9,5 мин по сравнению с контролем) при снижении показателя качества на 0,88 мм на 1 % муки киноа в смеси.

Таблица 9 – Влияние муки киноа на реологические свойства теста из смеси с мукой пшеничной хлебопекарной высшего сорта.

| Наименование показателя | Значение показателей смесей по вариантам (соотношение пшеничной муки и муки киноа) | | | | | |
|---|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 100:0 (к) | 90:10 | 80:20 | 70:30 | 60:40 | 50:50 |
| Водопоглощение (ВП), л | 60,3 | 60,8 | 61 | 62,5 | 63,3 | 63,5 |
| Время образования теста, мин | 6,9 | 5,2 | 4,2 | 4,0 | 4,4 | 4,2 |
| Устойчивость, мин | 11,3 | 5,6 | 4,0 | 2,4 | 1,9 | 1,8 |
| Степень разжижения теста (через 10 мин после начала), е.Ф | 25 | 74 | 119 | 145 | 176 | 180 |
| Степень разжижения теста (через 12 мин после начала), е.Ф | 139 | 154 | 178 | 204 | 236 | 240 |
| Число качества (QN), мм | 91 | 71 | 57 | 50 | 49 | 47 |

Определение влияния муки киноа на показатель автолитической активности мучной смеси проводили на приборе ПЧП-3. Установлена математическая зависимость влияния содержания муки киноа в смеси на значение показателя числа падения:

$$Y_6 = 327,5 + 0,017x + 0,03x^2 \quad (7)$$

где Y_6 – показатель числа падения мучной смеси, с;

x – содержание муки киноа в смеси с пшеничной мукой высшего сорта, %.

Внесение муки киноа в количестве до 50 % в смеси с пшеничной способствовало повышению показателя числа падения, что может быть обусловлено состоянием углеводно-амилазного комплекса мучной смеси, в частности, пониженной активностью амилолитических ферментов и степенью повреждения крахмальных зерен.

Способность муки киноа снижать автолитическую активность мучных смесей с пшеничной мукой может оказывать влияние на изменение свойств теста и качества хлебобулочных изделий с применением муки этой псевдозерновой культуры, что обусловило проведение дальнейших исследований по влиянию муки киноа на свойства теста и качество хлебобулочных изделий из пшеничной муки.

Экспериментально установлено влияние муки киноа в количестве до 20 % на органолептические и физико-химические показатели качества (таблица 10) хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта при приготовлении теста безопасным способом.

Таблица 10 – Значения физико-химических показателей качества хлебобулочных изделий с мукой киноа

| Наименование показателей качества | Значения показателей качества хлебобулочных изделий, приготовленных с мукой киноа в количестве, (%) | | | | |
|---|---|------|------|------|----|
| | 0 (к) | 10 | 15 | 20 | |
| Влажность, % | 39,2 | 40,4 | 41,4 | 42,3 | |
| Кислотность, град | 1,2 | 1,4 | 1,8 | 1,9 | |
| Пористость, % | 80 | 82 | 79 | 75 | |
| Удельный объем, см ³ /г | 3,52 | 3,44 | 3,36 | 3,22 | |
| Формоустойчивость, Н/D | 0,26 | 0,30 | 0,33 | 0,58 | |
| Структурно-механические свойства мякиша, ед. прибора АП-4/2 | Δ Н общ | 93 | 55 | 47 | 45 |
| | Δ Н упр. | 26 | 19 | 17 | 17 |
| | Δ Н пл. | 68 | 36 | 30 | 29 |

Практически установлено уменьшение показателя удельного объема на 10% по сравнению с контролем (рисунок 15). Реологические свойства пшеничных хлебобулочных изделий с добавлением киноа также снизились. Так показатель общей деформации уменьшился на 49,5%, показатели упругой и пластической деформации на 34,6% и 55,9% соответственно. Формоустойчивость изделий при этом увеличилась на 26,9%, а влажность возросла на 2,2%.

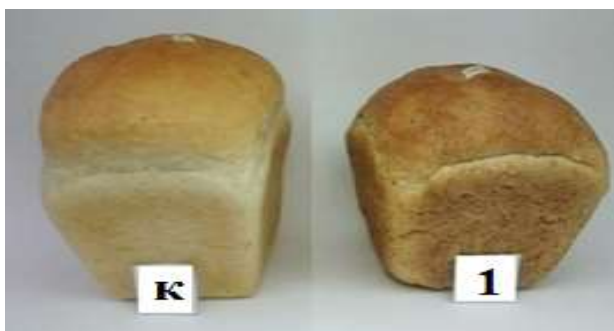


Рисунок 15 – Пробы хлебобулочных изделий, приготовленных безопасным способом (к – контроль без муки кино, 1- с добавлением муки кино в количестве 20% в виде заварки).

Поскольку применение муки кино в смеси с пшеничной снижало физико-химические показатели качества готовых изделий, проводили разработку способа внесения муки кино в виде заварки при различных способах тестоприготовления. Результаты проведенных исследований представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Влияние способа приготовления теста на показатели качества хлебобулочных изделий с мукой кино

| Наименование показателей качества | Значения показателей качества хлебобулочных изделий, приготовленных разными способами | | | |
|---|---|---------|------------|----|
| | безопасный | опарный | ускоренный | |
| Влажность, % | 42,3 | 42,0 | 41,9 | |
| Кислотность, град | 1,4 | 1,5 | 1,8 | |
| Пористость, % | 75 | 89 | 75 | |
| Удельный объем, см ³ /г | 3,22 | 3,75 | 3,72 | |
| Формоустойчивость, Н/D | 0,58 | 0,64 | 0,63 | |
| Структурно-механические свойства мякиша, ед. прибора АП-4/2 | Δ Н общ. | 73 | 97 | 65 |
| | Δ Н упр. | 22 | 32 | 17 |
| | Δ Н пл. | 58 | 76 | 40 |

Установлено, что показатели удельного объема и формоустойчивости изделий имели лучшие значения при опарном способе приготовления теста. Показатель пористости готовых хлебобулочных изделий, приготовленных опарным способом, увеличивается на 18,7 % по сравнению с аналогичным показателем изделий, приготовленных безопасным и ускоренным способом. При приготовлении теста опарным способом показатель общей деформации мякиша готовых изделий имел значение на 32,9 % выше по сравнению с аналогичным показателем хлебобулочных изделий, приготовленных безопасным способом, и на 49,2 % - ускоренным. Показатели упругой и пластической деформации также имели значения выше по сравнению с безопасным и ускоренным способами.

В ходе исследования изучены такие показатели, как КМАФАнМ, содержание дрожжей, плесневых грибов и БГКП. Результаты исследований представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Микробиологические показатели хлебобулочных изделий с кино

| Наименование показателей | Значение показателей | | | |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | через 24 часа | через 48 часов | через 72 часа | через 96 часов |
| КМАФАнМ, КОЕ/г | не обнаружено | не обнаружено | не обнаружено | 7*10 ⁴ |
| Дрожжи, плесень, КОЕ | не обнаружено | не обнаружено | не обнаружено | 4*10 ² |
| БГКП | не обнаружено в 0,1 г | не обнаружено в 0,1 г | не обнаружено в 0,1 г | не обнаружено в 0,1 г |
| Картофельная болезнь | не обнаружено | не обнаружено | не обнаружено | не обнаружено |

При расчете, в 1 г (см³) продукте было $7 \cdot 10^4$ КОЕ/г, что соответствует СанПиН 2.3.2.1078-01. В результате исследований в пробах хлебобулочных изделий с мукой киноа признаков картофельной болезни обнаружено не было.

Выполнен расчет содержания основных пищевых веществ в хлебобулочных изделиях, приготовленных из пшеничной муки высшего сорта и муки киноа, и пониженным содержанием соли пищевой (таблица 13).

Таблица 13 – Пищевая ценность разработанных хлебобулочных изделий

| Наименование показателей | Содержание компонентов в 100 г хлебобулочных изделий | | | | Средняя суточная потребность ТР ТС 022/2011 |
|----------------------------------|--|--|--|--|--|
| | из пшеничной муки в.с. (контроль) | | с добавлением киноа в количестве 20% к массе муки | | |
| | значение | удовлетворение суточной потребности, % | значение | удовлетворение суточной потребности, % | |
| Белки, г | 7,8 | 10,4 | 8,6 | 11,5 | 75 |
| Жиры, г | 0,9 | 1,1 | 1,7 | 2,0 | 83 |
| Углеводы, г | 49,9 | 13,7 | 50,3 | 13,8 | 365 |
| МДС, г | 1,4 | 2,2 | 1,2 | 1,8 | 65 |
| Пищевые волокна, г | 2,5 | 8,3 | 3,1 | 10,3 | 30 |
| Минеральные вещества, мг | | | | | |
| Натрий | 423 | 17,6 | 278 | 11,6 | 2400 |
| Калий | 97 | 2,8 | 196 | 5,6 | 3500 |
| Кальций | 20 | 2,0 | 25 | 2,5 | 1000 |
| Магний | 14 | 7,0 | 55 | 13,8 | 400 |
| Фосфор | 69 | 6,9 | 140 | 14,0 | 1000 |
| Железо | 1,0 | 7,1 | 2 | 14,3 | 14 |
| Витамины, мг | | | | | |
| Тиамин (В ₁) | 0,11 | 7,9 | 0,18 | 12,9 | 1,4 |
| Рибофлавин (В ₂) | 0,04 | 2,5 | 0,1 | 6,3 | 1,6 |
| Ниацин (РР) | 1,0 | 5,6 | 1,7 | 9,4 | 18 |
| Энергетическая ценность, ккал | 240 | 9,6 | 250 | 10,0 | 2500 |

Таким образом, употребление 150 г разработанных хлебобулочных изделий удовлетворяет потребность в белках на 17,2 %, углеводах - 21,4%, пищевых волокнах - 15,4 %, натрия - 17,4%, магния - 20,7%, фосфора - 21%, железа - 21,4%, витамина В₁ – 19,35 и РР на 14,1% от рекомендуемой суточной потребности. Энергетическая ценность изделий составляет 250 ккал. Произведенный расчет гликемического индекса разработанных хлебобулочных изделий показал снижение величины с 73 (контроль) до 66 единиц.

Глава 4 Разработка хлебобулочных изделий скорректированного состава на основе использования минерально-органических веществ. Представлены результаты исследований технологических аспектов применения молочной сыворотки, обогащенной лактатом кальция, активированного угля и соли пищевой.

4.1 Разработка технологии хлебобулочных изделий, обогащенных лактатом кальция. В качестве источника лактата кальция исследовали возможность применения «Гидролактивина» (ГЛВ) – сыворотки молочной, обогащённой лактатом кальция. Массовая доля влаги ГЛВ составила 3,7%, среднеэквивалентный размер частиц порошка - 9,38 мкм, содержание кальция 9,87 мг на 100 г продукта.

Проводили пробные лабораторные выпечки пшеничного и ржаного хлеба с внесением ГЛВ в количестве от 0 до 2,0 % с шагом 0,5 %. Хлебобулочные изделия анализировали через 24 часа после выпечки по органолептическим и физико-химическим показателям качества, которые представлены в таблицах 14 и 15.

Таблица 14 – Влияние гидролактовина на показатели качества хлебобулочных изделий, приготовленных из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта

| Наименование показателей | | Показатели качества хлебобулочных изделий, приготовленных с внесением ГЛВ, % к массе муки | | | | |
|---|----------|---|------|-------|-------|-------|
| | | 0 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |
| Влажность мякиша, % | | 42,7 | 43,1 | 43,2 | 42,9 | 43,0 |
| Кислотность, град | | 2,2 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,0 |
| Пористость, % | | 84 | 86 | 85 | 84 | 82 |
| Удельный объем хлеба, см ³ /г | | 5,01 | 5,13 | 5,12 | 4,63 | 4,53 |
| Формоустойчивость | | 0,45 | 0,47 | 0,42 | 0,47 | 0,5 |
| Структурно-механические свойства мякиша, ед. прибора АП-4/2 | Δ Н общ. | 131 | 136 | 135 | 126 | 120 |
| | Δ Н упр. | 34 | 36 | 40 | 31 | 28 |
| | Δ Н пл. | 97 | 100 | 95 | 95 | 92 |
| Содержание кальция, мг /100 г | | 14,7 | 53,7 | 101,7 | 136,5 | 186,4 |
| Внешний вид | | форма правильная | | | | |
| Состояние мякиша | | пропеченный, не влажный на ощупь, без следов непромеса | | | | |
| Вкус | | свойственный данному виду изделия | | | | |
| Запах | | свойственный данному виду изделия | | | | |

Таблица 15 – Влияние гидролактовина на показатели качества хлебобулочных изделий, приготовленных из муки хлебопекарной ржаной обдирной

| Наименование показателей | | Показатели качества хлебобулочных изделий, приготовленных с внесением ГЛВ, % к массе муки | | | |
|---|--------|---|------|-------|-------|
| | | 0 | 0,5 | 1,0 | 1,5 |
| Влажность мякиша, % | | 48,5 | 48,0 | 48,8 | 48,4 |
| Кислотность, град | | 6,5 | 6,6 | 6,5 | 6,5 |
| Пористость, % | | 63 | 63 | 63 | 65 |
| Удельный объем хлеба, см ³ /г | | 1,33 | 1,32 | 1,30 | 1,30 |
| Структурно-механические свойства мякиша, ед. прибора АП-4/1 | Н общ. | 17 | 19 | 17 | 13 |
| | Н упр. | 10 | 10 | 9 | 5 |
| | Н пл. | 7 | 9 | 8 | 8 |
| Содержание кальция, мг /100 г | | 14,7 | 63,6 | 108,8 | 156,5 |
| Внешний вид | | форма правильная | | | |
| Состояние мякиша | | пропеченный, не влажный на ощупь, без следов непромеса | | | |
| Вкус | | свойственный данному виду изделия | | | |
| Запах | | свойственный данному виду изделия | | | |

Проведенные испытания показали, что применение ГЛВ в количестве 0,5 - 1,5 % к массе муки влияет на органолептические и физико-химические показатели качества хлебобулочных изделий из пшеничной и ржаной муки. При применении ГЛВ до 1 % к массе муки наблюдали улучшение показателей качества (пористости, удельного объема, показателя формоустойчивости) готовых изделий.

Расчетным путем установлено, что при внесении в рецептуру пшеничных хлебобулочных изделий ГЛВ в количестве 1,1 % к массе муки, соотношение содержания кальция и фосфора в готовых изделиях составляет 1:1, что обеспечивает оптимальное

усвоение этих макроэлементов организмом человека. При этом содержание кальция в 100 г хлебобулочных изделий составляет не менее 100 мг (РНП - 1000 мг).

4.2 Разработка технологии хлебобулочных изделий с применением активированного угля (Carbo activatus). Для определения влияния активированного угля (АУ) на хлебопекарные свойства пшеничной муки определяли изменение водопоглотительной способности муки, свойств теста, органолептических и физико-химических показателей качества хлебобулочных изделий.

Таблица 16 - Влияние дозировки активированного угля на параметры фаринограммы пшеничного теста

| Параметры фаринограммы | Дозировка активированного угля, % к массе | | | | | |
|---|---|------|------|------|------|------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Водопоглощение (ВП), л | 59,8 | 60,5 | 60,5 | 61,5 | 60,7 | 61,8 |
| Время образования теста, мин | 2,5 | 4,4 | 4,2 | 7,3 | 8,5 | 9,5 |
| Устойчивость, мин | 5,1 | 8,7 | 8,9 | 9,5 | 11,3 | 11,3 |
| Степень разжижения (10 мин замеса), е.Ф | 61 | 22 | 28 | 23 | 12 | 5 |
| Число качества (QN), мм | 10 | 19 | 17 | 19 | 23 | 22 |

Анализ полученных данных показал, что увеличение дозировки активированного угля до 5 % к массе муки увеличивало время образование теста, что обуславливало увеличение продолжительности замеса теста, при этом показатель стабильности повышался более чем в два раза. Следовательно, даже небольшое количество активированного угля заметно изменяет стабильность замеса теста, что положительно отражается на его реологических свойствах и расширяет возможность использования муки с пониженными хлебопекарными свойствами. Увеличение дозировки активированного угля значительно снижало степень разжижения теста, что обуславливало добавление большего количества влаги в тесто, приготовленное с использованием активированного угля. Показатель качества теста с увеличением дозировки активированного угля изменялся нелинейно.

Установлена математическая зависимость влияния активированного угля на ВП, которая имеет вид:

$$Y_7 = 59,9 + 0,44 * x_4 - 0,03x_4^2, \quad (8)$$

где Y_7 - ВП, л

x_4 - содержание активированного угля, л.

Исследовали влияние влажности теста на физико-химические показатели хлебобулочных изделий, приготовленных с использованием АУ (таблица 17).

Таблица 17 - Влияние влажности теста на физико-химические показатели хлебобулочных изделий, приготовленных с использованием активированного угля

| Наименование показателей качества | Значение показателей качества хлебобулочных изделий, приготовленных из теста влажностью | | | | | | |
|--|---|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | 47,5 | 49,5 | 51,5 | 52,5 | 53,5 | 55,2 | |
| Масса, г | 147,5 | 150,9 | 151,7 | 153,6 | 151,2 | 150,2 | |
| Объем, см ³ | 350 | 400 | 400 | 420 | 450 | 440 | |
| Удельный объем, см ³ /г | 2,37 | 2,65 | 2,63 | 2,73 | 2,97 | 2,92 | |
| H/D | 0,60 | 0,54 | 0,54 | 0,39 | 0,28 | 0,21 | |
| Структурно-механические свойства мякиша, ед. пр. | H общ | 1,98 | 1,93 | 1,95 | 1,93 | 2,03 | 1,97 |
| | H упр. | 1,21 | 1,02 | 1,15 | 1,33 | 1,32 | 1,31 |
| Структурометр СТ -2 | H пл. | 0,77 | 0,51 | 0,75 | 0,6 | 0,71 | 0,66 |
| Влажность, % | 42,3 | 42,5 | 45,6 | 46,0 | 47,9 | 48,2 | |
| Активность воды | 0,97 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | |

Повышение влажности теста с 47,5 до 53,5 % увеличивало такие показатели качества хлебобулочных изделий, как масса, объем и удельный объем изделий. Увеличение удельного объема хлебобулочных изделий составило 0,60 см³/г. Последующее увеличение влажности теста до 55,2 % понижало значение показателя удельного объема хлебобулочных изделий. При этом в изученном диапазоне варьирования влажности теста наблюдалось снижение показателя формоустойчивости исследуемых проб готовых изделий.

Показатели общей, пластической и упругой деформации мякиша исследуемых проб готовых изделий с повышением влажности теста изменялись неоднозначно. С увеличением влажности теста увеличивалась влажность готовых хлебобулочных изделий. Активность воды хлебобулочных изделий имела высокие значения и составляла 0,97-0,99. При этом ее значения повышались при увеличении влажности до 49,5 %, а затем оставались неизменной.

Таким образом, анализ физико-химических и органолептических показателей качества готовых хлебобулочных изделий, приготовленных с внесением активированного угля в количестве 4 % к массе муки, установил рациональное значение влажности теста, которое составило 52,5 %.

Проведен расчет пищевой ценности разработанного хлебобулочного изделия и степень удовлетворения среднесуточной потребности при употреблении 100 г. Результаты исследования приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Пищевая ценность разработанных хлебобулочных изделий с активированным углём

| Наименование показателей | Содержание веществ в 100 г хлебобулочного изделия | Суточная потребность в соответствии с ТР ТС 022/2011 | Степень удовлетворения, % |
|-------------------------------|---|--|---------------------------|
| Белки, г | 7,1 | 75 | 9,47 |
| Жиры, г | 0,9 | 83 | 1,1 |
| Углеводы, г | 45,4 | 365 | 12,4 |
| Пищевые волокна, г | 2,89 | 30 | 9,6 |
| Активированный уголь, г | 2,56 | - | - |
| Минеральные вещества, мг: | | | |
| Натрий | 308 | 1300* | 23,7 |
| Калий | 126 | 3500 | 3,6 |
| Кальций | 19,1 | 1000 | 2,0 |
| Магний | 29,9 | 400 | 7,5 |
| Фосфор | 82,6 | 1000 | 8,26 |
| Железо | 1,4 | 14 | 10,0 |
| Энергетическая ценность, ккал | 218 | 2500 | 8,7 |

*в соответствии с МР 2.3.1.24.32-08

Проведенный расчет показал, что добавление АУ на 11 % снижало содержание белков, жиров и углеводов. Степень удовлетворения суточной потребности в пищевых волокнах в разработанных хлебобулочных изделиях составляло 9,6 %. В хлебобулочном изделии с активированным углем снижалось содержание минеральных веществ (натрия, калия, магния, фосфора, железа, кальция) и витаминов В₁ и РР в среднем на 10%, по сравнению с изделием без добавления АУ.

Расчет энергетической ценности хлебобулочного изделия с использованием АУ

и сравнение ее с энергетической ценностью контрольного изделия показали, что энергетическая ценность разработанного изделия составила 218 ккал, т.е. уменьшилась на 12 % по сравнению с контролем.

4.3 Научно-практические основы совершенствования технологии ахлоридных хлебобулочных изделий. Классификация диетических хлебобулочных изделий включает бессолевой (ахлоридный) хлеб, рекомендованный людям при заболевании почек, сердечно-сосудистой системы и при повышенном давлении. Важно, чтобы потребительские свойства диетических сортов хлебобулочных имели высокие характеристики, так как психофизический эффект восприятия, обуславливающий степень усвояемости пищевых веществ диетических изделий должен быть положительным.

Влияние соли пищевой на физико-химические характеристики пшеничного теста в процессе его приготовления обусловлено воздействием хлорида натрия как на структурные компоненты полуфабрикатов хлебопекарного производства, так и жизнедеятельность дрожжевых клеток и молочнокислых бактерий.

Проведено установление технологических параметров процесса производства хлеба ахлоридного, обеспечивающих получение наилучших показателей качества готовых изделий при сравнении их с показателями хлеба, полученного при различных дозировках соли пищевой (модельные опыты). При проведении исследований пробы замешиваемого пшеничного теста независимо от количества внесенной соли готовили одинаковой консистенции, равной 640 е.ф. за счет дозировки воды питьевой. Количество воды, необходимое для получения теста с консистенцией 640 е.ф. определяли в соответствии с методикой работы на приборе «Do-corder C3». Установив количество воды, идущее на замес теста при заданной консистенции, определяли оптимальную продолжительность замеса теста (таблица 19).

После замеса теста до готовности определяли его физико-химические, в том числе реологические характеристики и адгезионное напряжение с помощью прибора «Структурометр СТ-1М».

Таблица 19 – Параметры замеса пшеничного теста при разных дозировках соли пищевой

| Наименование параметров | Значение параметров теста при дозировках соли пищевой (% к массе муки) | | | | | |
|------------------------------|--|------|------|------|------|------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Количество воды на замес, мл | 169 | 160 | 159 | 158 | 156 | 154 |
| Влажность теста, % | 43,3 | 43,0 | 42,6 | 42,4 | 43,3 | 42,1 |
| ВПС, % | 57,3 | 57,0 | 56,7 | 56,7 | 56,5 | 56,2 |
| Продолжительность замеса, с | 120 | 125 | 135 | 140 | 147 | 150 |

Проведены исследования по определению влияние дозировки соли пищевой на изменение количества механической энергии ($A_{уд}$), затрачиваемой на формирование структуры пшеничного теста, его адгезионное напряжение ($\sigma_{адг}$) и деформационные характеристики ($h_{общ}$, $h_{упр}$, $h_{пл}$). Экспериментальные результаты приведены на рисунке 16.

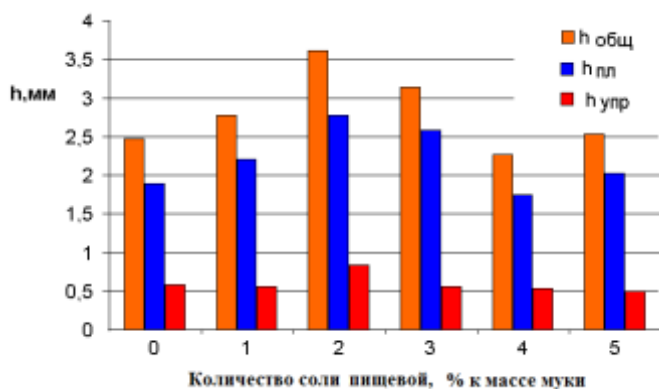
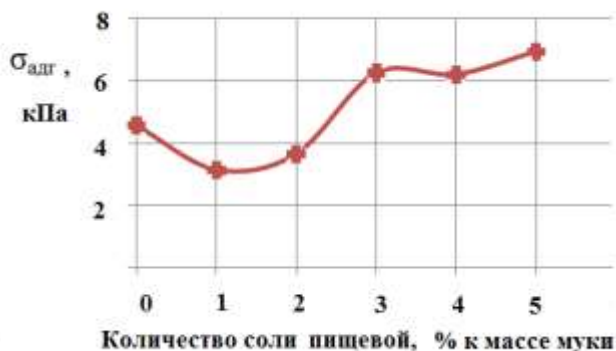
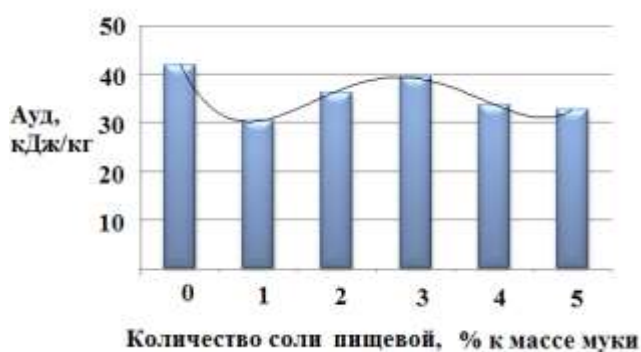


Рисунок 16 – Влияние соли пищевой на удельную механическую энергию $A_{уд}$, затрачиваемую на замес пшеничного теста, на адгезионное напряжение ($\sigma_{адг}$) и на показатели общей, пластической и упругой деформации пшеничного теста

Анализ исследуемых характеристик показал, что для замеса пшеничного теста без внесения соли пищевой требуется больше затрат механической энергии, чем с ее внесением. Водопоглотительная способность теста для ахлоридного хлеба максимальна. Внесение соли пищевой в количестве 1,0 % к массе муки, обеспечивало наименьшие затраты на формирование структуры теста. Так, для исследуемой пробы пшеничной муки значение удельной механической энергии, затрачиваемой на замес, составляет 30 кДж/кг, при этом тесто обладает наименьшей липкостью (наименьшим адгезионным напряжением).

Для проведения пробных лабораторных выпечек определяли оптимальную продолжительность брожения теста по скорости изменения давления, образующегося диоксида углерода на приборе «Rheofermentometr F3». Кинетические и динамические зависимости приведены на рисунках 17 и 18.

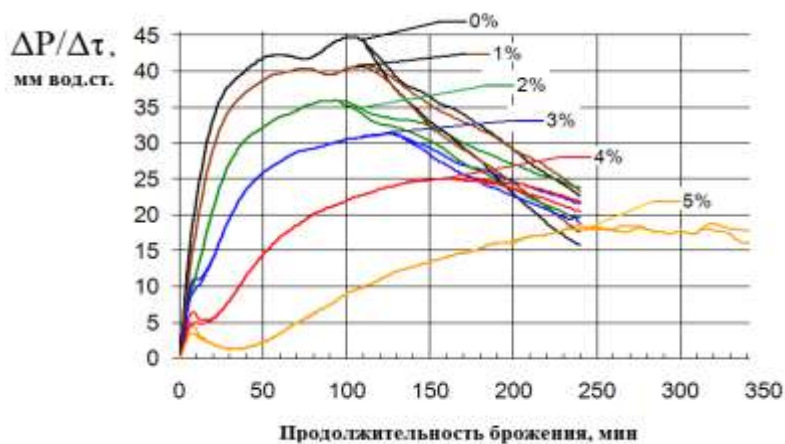


Рисунок 17 – Влияние продолжительности брожения пшеничного теста на скорость изменения давления диоксида углерода при различных дозировках соли пищевой

По мере увеличения дозировки вносимой в тесто соли пищевой скорость изменения давления диоксида углерода при брожении пшеничного теста снижалась. Замедление брожения обусловлено осмотическим давлением, вызывающим плазмолиз дрожжевых клеток *S. cerevisiae*.

По кривым скорости изменения количества выделившегося диоксида углерода определяли оптимальную продолжительность брожения теста, а затем её распределяли между операциями созревания теста и окончательной расстойки тестовых заготовок. Максимум на кривой (рисунок 17) соответствует рациональной продолжительности брожения теста.

Гистограммы, представленные на рисунке 18, отражают изменение количества образующегося диоксида углерода (V_{CO_2}) за 5 ч и изменение оптимальной продолжительности брожения теста ($\tau_{бр}$) в зависимости от дозировки соли.

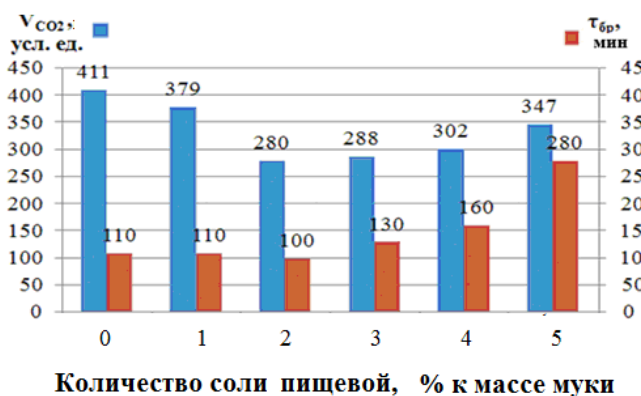


Рисунок 18 – Влияние соли пищевой на количество образующегося диоксида углерода (V_{CO_2}) за 5 ч и оптимальную продолжительность брожения теста ($\tau_{бр}$)

Установлено, что тесто без внесения соли пищевой обладает максимальной газообразующей способностью. При внесении соли пищевой в пшеничное тесто в дозировке до 2 % к массе муки количество образующегося диоксида углерода при брожении уменьшалась с 1350 до 1092 см³, при этом продолжительность брожения теста до готовности практически не изменялась, а при увеличении дозировки соли до 5 % (модельный опыт) наблюдалось значительное уменьшение образующегося диоксида углерода и увеличение продолжительности брожения теста до 280 мин.

После установления оптимальной продолжительности брожения пшеничного теста проводили пробные лабораторные выпечки хлебобулочных изделий.

Для оценки физико-химических показателей мякиша хлеба определяли реологические характеристики, так они являются объективными и позволяют достоверно и точно оценить состояние текстуры готовых изделий. Полученные деформационные характеристики мякиша хлеба с разной дозировкой соли пищевой представлены на рисунке 19.

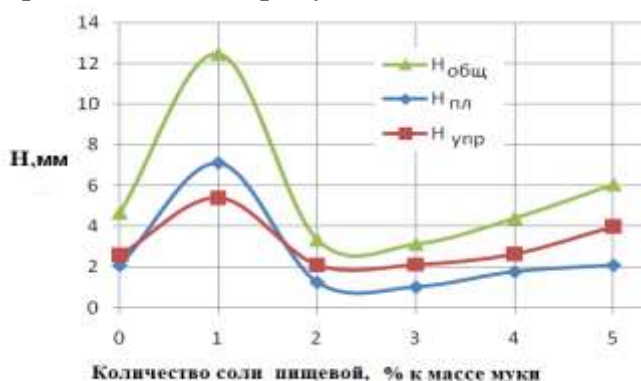


Рисунок 19 – Влияние соли пищевой на общую ($H_{общ}$), упругую и пластическую деформацию мякиша хлеба

Результаты модельных опытов показали, что дозировка соли в количестве 1% обеспечивала получение мякиша хлеба с наибольшими значениями деформационных характеристик. Кроме деформационных характеристик определяли текстурные профили для мякиша хлеба (после математической обработки кривых релаксации механических напряжений, создаваемых прибором «Структурометр СТ-1» с помощью цилиндрического индентора).

Влияние дозировки соли на изменение удельного объема хлеба, пористости и крошковатости его мякиша представлено на рисунке 20.

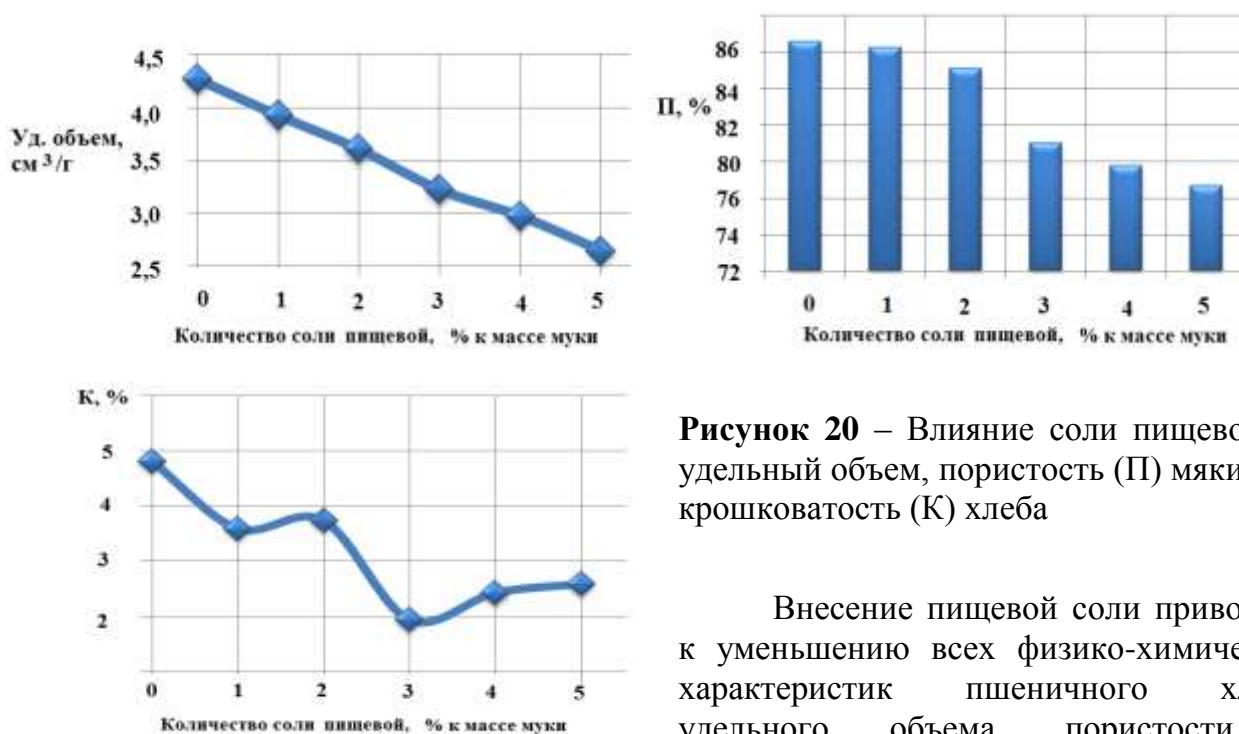


Рисунок 20 – Влияние соли пищевой на удельный объем, пористость (П) мякиша и крошковатость (К) хлеба

Внесение пищевой соли приводило к уменьшению всех физико-химических характеристик пшеничного хлеба: удельного объема, пористости и крошковатости. Из графиков модельных экспериментов (рисунок 20) видно, что внесение соли от 0 до 5 % приводило к уменьшению удельного объема хлеба с 4,25 до 2,6 см³/г, пористости – с 84 до 77 %, а крошковатости – с 5 до 2 %.

Органолептическая оценка качества хлеба: правильность формы, окраска корки, состояние поверхности визуализирована на рисунке 21.



Рисунок 21 – Влияние дозировки соли пищевой на внешний вид хлебобулочных изделий

Проведен расчет химического состава хлебобулочных изделий и степени удовлетворения суточной потребности в основных пищевых и минеральных веществах при употреблении хлебобулочных изделий с различным содержанием соли. Содержание веществ в 100 г хлеба ахлоридного из пшеничной муки высшего сорта и

степень удовлетворения суточной потребности в основных пищевых веществах и энергии при его употреблении представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Пищевая ценность* разработанного ахлоридного хлеба

| Наименование показателей | Содержание веществ в 100 г хлебобулочного изделия | Суточная потребность в соответствии с МР 2.3.1.2432 - 08 | | Степень удовлетворения, % | |
|-------------------------------|---|--|------------|---------------------------|------------|
| | | для мужчин | для женщин | для мужчин | для женщин |
| Белки, г | 7,58 | 89 | 74 | 8,5 | 10,3 |
| в т.ч. растительные | 7,58 | 44,5 | 37 | 17,0 | 20,5 |
| Жиры, г | 2,98 | 105 | 85 | 2,8 | 3,51 |
| Углеводы, г | 53,41 | 462 | 372 | 11,6 | 14,4 |
| Пищевые волокна, г | 2,50 | 20 | | 12,5 | |
| Минеральные вещества, мг: | | | | | |
| Натрий | 2,54 | 1300 | | 0,2 | |
| Калий | 97,74 | 3500 | | 2,8 | |
| Кальций | 13,42 | 1000 | | 1,3 | |
| Магний | 12,33 | 400 | | 3,1 | |
| Фосфор | 68,60 | 800 | | 8,58 | |
| Железо | 0,92 | 10 | 18 | 9,2 | 5,1 |
| Энергетическая ценность, ккал | 271 | 3150 | 2550 | 8,6 | 10,6 |

*Расчет проведен для III группы физической активности (возраст 18-29 лет).

Расчет химического состава показал, что ахлоридные хлебобулочные изделия из пшеничной муки высшего сорта содержат незначительное количество натрия, кальция, калия и магния.

Увеличение содержания соли в рецептуре изделия на 1 % к массе муки при употреблении этих изделий в количестве 100 г повышает степень удовлетворения суточной потребности в натрии на 20 % (рисунок 22).

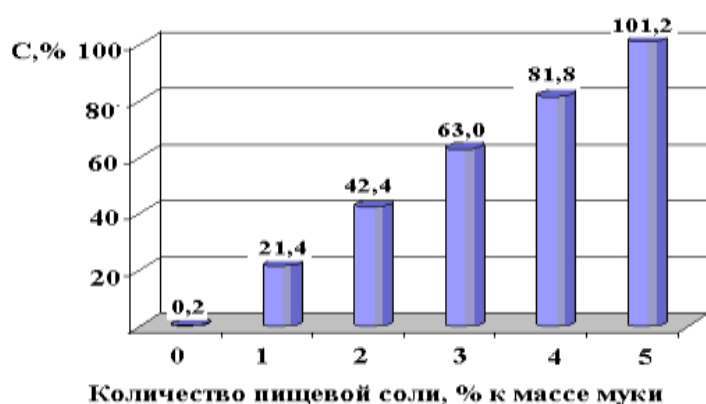


Рисунок 22 - Влияние дозировки соли на степень удовлетворения суточной потребности (C, %) в натрии.

Определены технологические параметры процесса производства и показатели качества ахлоридного хлеба. Проведено сравнение исследуемых характеристик с аналогичными показателями при внесении в рецептуру соли пищевой в количестве до 5 % к массе муки.

Глава 5 Разработка критерия оценки антиоксидантных свойств хлебобулочных изделий. В стандартную оценку показателей качества хлебобулочных изделий входит определение органолептических (внешний вид, состояние мякиша, вкус, цвет) и физико-химических характеристик (влажность, кислотность, пористость, массовая доля сахара и жира). Хлебобулочные изделия характеризуются пищевой ценностью, биологической ценностью и биологической эффективностью, а также показателями химического состава, гарантирующими наличие определенных веществ (витаминов и минералов, если они добавлены при производстве).

Современные тенденции развития науки о питании диктуют необходимость разработки дополнительных критериев качества пищевых продуктов, отражающих полезность их свойств. Особое значение приобретает оценка антиоксидантных характеристик. Для повышения возможности восполнения необходимого количества антиоксидантов организмом за счет хлеба и хлебобулочных изделий ведется разработка технологий новых диетических хлебобулочных изделий, обладающих повышенными антиоксидантными свойствами. Исследования в этом направлении проводили на кафедре совместно с ФИЦ Биотехнологии РАН.

Проведена оценка антиоксидантной емкости 53 наименований модельных рецептур хлебобулочных изделий, приготовленных с использованием различных сортов пшеничной, ржаной муки и муки зерна тритикале, а также использованием дополнительного сырья. Установлено влияние технологии приготовления теста на изменение показателя антиоксидантной емкости. В качестве дополнительного сырья исследовано влияние продуктов переработки зерновых и крупяных культур, экстрактов растений, ягод и овощей - микроводоросли спирулины, порошков морских водорослей ламинарии пищевой и фукуса, экстракта зеленого чая, жома облепихи ферментированной, льняной муки, порошков моркови и свеклы, продуктов переработки амаранта и других рецептурных компонентов.

Анализ результатов показал влияние рецептуры изделия на показатель антиоксидантной емкости хлебобулочных изделий. Полученные результаты исследований положены в основу критерия оценки антиоксидантной емкости хлебобулочных изделий **P** (prior) -критерия, определяемого по формуле:

$$P = \frac{AOE_g}{G} + \frac{AOE_l}{L}, \quad (9)$$

где AOE_g - антиоксидантная емкость гидрофильной фракции хлебобулочного изделия, мкмоль ТЭ/ г СВ;
 AOE_l - антиоксидантная емкость липофильной фракции хлебобулочного изделия, мкмоль ТЭ/ г СВ;
G - максимальное значение показателя антиоксидантной емкости гидрофильной фракции хлебобулочных изделий, мкмоль ТЭ/ г СВ;
L - максимальное значение показателя антиоксидантной емкости липофильной фракции хлебобулочных изделий, мкмоль ТЭ/ г СВ.

Проведено ранжирование вариантов приготовления хлебобулочных изделий по значению P – критерия (рисунок 23).

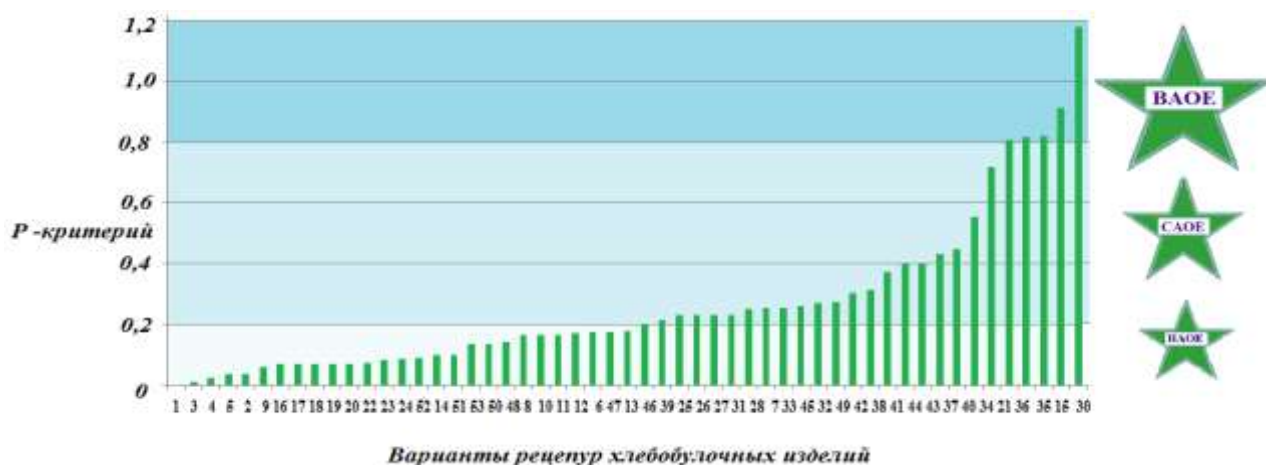


Рисунок 23 – Ранжирование вариантов приготовления хлебобулочных изделий по показателю Р-критерия

Проведена классификация хлебобулочных изделий с использованием разработанного *P*- критерия (таблица 22). Установлены хлебобулочные изделия, обладающие наибольшей антиоксидантной емкостью, которые могут быть рекомендованы для употребления определенными группами населения.

Таблица 22 – Классификация хлебобулочных изделий по антиоксидантной емкости

| № группы | Наименование группы хлебобулочных изделий | Наименование хлебобулочных изделий (перечень основного и дополнительного сырья) |
|--|---|---|
| 1  | Хлебобулочные изделия с высокой антиоксидантной емкостью | Хлебобулочные изделия из муки ржаной обдирной на ржаной мезофильной или термофильной закваске и/или муки пшеничной хлебопекарной первого сорта с <i>экстрактом зеленого чая</i> ; хлебобулочные изделия с <i>ЗМЖ</i> в количестве 6%. |
| 2  | Хлебобулочные изделия со средней антиоксидантной емкостью | Хлебобулочные изделия со сливочным маслом м.д.ж. 82,5 % в количестве 8,5 % к массе муки; ржано-льняные хлебобулочные изделия; паровые изделия с цикорием порошкообразным, кориандром, сухим обезжиренным молоком и микроводорослью спирулины; хлеб бородинский на термофильной и мезофильной закваске, хлебобулочные изделия с порошком листьев амаранта; с амарантовым шротом; со свекольным порошком; ржано-пшеничный хлеб, изделия с цикорием порошкообразным; ржано-гречневые изделия, с гидролактивином. |
| 3  | Хлебобулочные изделия с низкой антиоксидантной емкостью | Изделия из пшеничной муки хлебопекарной первого и высшего сорта |

Таким образом, оценка свойств хлебобулочных изделий расширена дополнительной характеристикой (*P*- критерием) - величиной, определяющей их антиоксидантные свойства.

Глава 6 Разработка технической документации на хлебобулочные изделия и промышленная апробация. На основании проведенных исследований разработаны проекты технической документации на хлебобулочные изделия: хлебобулочные изделия со спирулиной, хлебобулочные изделия ржано-льняные, хлебобулочные изделия с мукой киноа - «С золотым зернышком», хлебобулочные изделия с гидролактовином, хлебобулочные изделия с активированным углём - «Карбоактиватус».

Проведена промышленная апробация хлебобулочных изделий со спирулиной на ОАО «Калининградхлеб» (г. Королев) и ржано-пшеничных хлебобулочных изделий на АО «Клинский хлебокомбинат» (г. Клин).

Глава 7 Расчет экономического эффекта производства хлебобулочных изделий в условиях современного рынка. В разделе представлены расчеты материально-технического обеспечения, калькуляции затрат на производство и технико-экономических показателей производства разработанного ассортимента хлебобулочных изделий для предприятия средней мощности, которые обосновали экономическую эффективность предлагаемых технологических решений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате завершено теоретического и экспериментального исследования решен комплекс научно-практических задач по совершенствованию технологий хлебобулочных изделий путем направленной коррекции пищевой ценности и антиоксидантных свойств при использовании в качестве рецептурных ингредиентов растительных источников пищевых, биологически активных веществ и минерально-органических веществ.

Итоги выполненных исследований представлены в следующих **выводах**:

1. Научно обосновано использование микроводоросли спирулины, порошков морских водорослей ламинарии пищевой и фукуса, экстракта зеленого чая, жома облепихи ферментированной, льняной муки, муки киноа, гидролактовина и активированного угля в качестве рецептурных ингредиентов хлебопекарного производства для корректировки пищевой ценности и антиоксидантных свойств готовых изделий.

2. Установлено влияние растительных источников пищевых и биологически активных веществ в качестве рецептурных ингредиентов хлебопекарного производства на свойства полуфабрикатов, заключающееся в изменении реологических и биотехнологических характеристик, обеспечивающих высокие органолептические и физико-химические показатели качества.

3. Установлено влияние минерально-органических веществ на реологические и биотехнологические свойства полуфабрикатов, способствующих формированию показателей качества хлебобулочных изделий скорректированного состава.

4. Разработаны технологические решения применения микроводоросли спирулины, порошков морских водорослей ламинарии пищевой и фукуса, экстракта зеленого чая, жома облепихи ферментированной, льняной муки, муки киноа, гидролактовина и активированного угля в качестве рецептурных ингредиентов хлебопекарного производства, обоснованы сроки годности хлебобулочных изделий скорректированной пищевой ценности.

5. Проведены исследования антиоксидантных свойств 53 наименований хлебобулочных изделий. Впервые разработан критерий оценки антиоксидантных свойств хлебобулочных изделий, представлена классификация хлебобулочных изделий по антиоксидантной емкости. Полученные результаты расширяют современные знания о химическом составе хлебобулочных изделий, в частности, о содержании веществ, обладающих антиоксидантной емкостью гидрофильной и липофильной фракций по отношению АВТS-радикалу, и возможностях их использования в диетах здорового питания.

6. Разработаны проекты технической документации (ТУ, ТИ) на хлебобулочные изделия с спирулиной; с льняной мукой; с мукой киноа; с гидролактивином; с активированным углём, проведена опытно-промышленная апробация проведена на ОАО «Калининградхлеб» (г. Королев), АО «Клинский хлебокомбинат» (г. Клин).

7. Расчет экономического эффекта производства хлебобулочных изделий для здорового питания в условиях современного рынка оценил ожидаемый экономический эффект от реализации булочки со спирулиной, массой 0,1 кг, который составил 640177,19 руб./год, батончика с экстрактом зеленого чая, массой 0,3 кг – 636020,19 тыс. руб. /год, ржано-льняных хлебобулочных изделий, массой 1,0 кг – 634731,03 тыс. руб. /год, хлебобулочных изделий «С золотым зернышком» (с мукой киноа), массой 0,5 кг - 637177,42 тыс. руб. /год, хлебобулочных изделий с гидролактивином, массой 0,5 кг – 634019,97 тыс. руб. /год, хлебобулочных изделий с активированным углём, массой 0,5 кг – 635235,42 тыс. руб. /год.

**Список работ, опубликованных по материалам диссертационной работы
Статьи в зарубежных изданиях, входящих в международные реферативные базы
данных и системы цитирования**

1. **Belyavskaya, I.G.** Justification of calcium lactate in breadmaking/ I.G. Belyavskaya, T.G. Bogatyryova, N.V.Labutina, T.A. Yudina //Journal of Fundamental And Applied Sciences, 2016, 8(2S), 1458 – 1462.
2. **Belyavskaya, I.** Research of the culture of consumption of bakery products of future specialists of the agro-industrial complex of the Russian Federation with the purpose of forming directions of educational and research activity / I. Belyavskaya, T. Bogatyreva, A. Uvarova, V. Martitosyan, E. Zhirkova (5th International Multidisciplinary Scientific Conference Social Sciences & Arts, SGEM 2018, 26 August - 1 September 2018, Bulgaria), p. 713 – 718.

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ

3. Пучкова, Л.И. Экстракт зеленого чая – источник биофлавоноидов в хлебобулочных изделиях функционального назначения // Л.И. Пучкова, **И.Г. Белявская**, Ж.М. Жамукова / Хлебопечение России 2004. – № 2. – С. 26.
4. **Белявская, И.Г.** Применение биологически активной добавки «Сплат» в хлебопекарном производстве/ И.Г. Белявская //Хлебопечение России. – 2004. – № 2. – С. 22 – 23.
5. Поландова, Р.Д. Разработка и оптимизация технологии хлебобулочных изделий для питания детей/ Р.Д. Поландова, Е.В. Апульцина, Л.А. Шлеленко, **И.Г. Белявская** //Хранение и переработка сельхозсырья. – № 9. – 2009. – С.49 – 51.
6. Черных, В.Я. Автоматизированное рабочее место (АРМ) технолога для определения содержания йода в хлебобулочных изделиях / В.Я. Черных, **И.Г. Белявская**, Ю.А. Политов //Хранение и переработка сельхозсырья – № 1. –2010. – С . 36 – 38.

7. **Белявская, И. Г.** Обоснование дозировки продуктов переработки морских водорослей при производстве хлебобулочных изделий / И. Г. Белявская, В. Я. Черных, В.А. Акимов // Хлебопечение России. – 2011. – № 4. – С.24 – 25.
8. **Белявская, И. Г.** Использование морских водорослей при производстве хлебобулочных изделий / И. Г. Белявская, В. Я. Черных, В.А. Акимов, Ю. А. Политов// Хлебопродукты. – 2011. – № 7. – С. 38 – 40.
9. Богатырева, Т.Г. Определение антиоксидантной емкости хлебобулочных изделий с рисовой мукой/ Т.Г. Богатырева, **И.Г. Белявская**, Д.Ч. Нгуен, В.П. Хотченков, А.О. Ружицкий, Б.Ц. Зайчик // Хлебопродукты. – № 12.– 2011.– С. 50 – 51.
10. Богатырёва, Т.Г. Значение хлебопекарных дрожжей в технологии и микробиологическом заражении хлеба / Т.Г. Богатырева, **И.Г. Белявская** // Хлебопродукты. – № 2. – 2012. – С. 56 – 59.
11. **Белявская, И.Г.** Метод определения состава мучных композитных смесей для хлебобулочных изделий функционального назначения / И.Г. Белявская, О.Г. Чулюков, Л.Н. Гришина //Хлебопродукты. – № 1.– 2012.– С. 59 – 61.
12. Богатырева, Т.Г. Разработка рецептуры ржаного хлеба с овсяной мукой / Т.Г. Богатырева, **И.Г. Белявская**, М.Ю. Мальчиков, В. П. Хотченков, А.О. Ружицкий, Б. Ц. Зайчик //Хлебопродукты. – № 7. – 2012. – С. 32 – 33.
13. **Белявская, И. Г.** Определение антиоксидантной ёмкости хлебобулочных изделий с продуктами переработки морских водорослей / И. Г. Белявская, В.Я. Черных, В.А. Акимов, Ю.Н. Чиркина, В.П. Хотченков, А. О. Ружицкий, Б. Ц. Зайчик // Хлебопродукты. – № 10. – 2012. – С. 60 – 62.
14. **Белявская, И.Г.** Определение антиоксидантной емкости хлебобулочных изделий со спирулиной/ И.Г. Белявская, В.Я. Черных, Л.Н. Гришина, В.П. Хотченков, А.О. Ружицкий, Б.Ц. Зайчик // Хлебопродукты. – №5. – 2012. – С. 46 – 47.
15. **Белявская, И.Г.** Влияние поваренной пищевой соли на свойства теста и качество изделий из пшеничной хлебопекарной муки. Технология производства ахлоридного хлеба/ И.Г. Белявская, В.Я. Черных, Ю.А. Болтенко // Хлебопечение России. – № 1. – 2013. – С. 20–22.
16. Алексеенко, Е.В. Применение жома ферментированных ягод облепихи в производстве хлебобулочных изделий/ Е.В. Алексеенко, **И.Г. Белявская**, С.Е. Траубенберг, Ю.М. Дикарева // Хлебопродукты. – № 2. – 2013. – С. 46 – 49.
17. Богатырева, Т.Г. Технология паровых хлебобулочных изделий на основе композитных смесей / Т. Г. Богатырева, **И. Г. Белявская**, А. С. Абрамов // Хлебопродукты. – № 7. – 2013. – С. 36 – 38.
18. Богатырева, Т.Г. Биоконверсия ячменной муки в технологии хлебобулочных изделий/Т.Г. Богатырева, **И.Г. Белявская**, И.П. Толмачёва, Т.В. Быковченко // Хлебопродукты, № 9.– 2013. – С. 48–51.
19. **Белявская, И. Г.** Определение антиоксидантной ёмкости хлебобулочных изделий с продуктами переработки овощей / И.Г. Белявская, Н.В. Родичева, В.Я. Черных, В.П. Хотченков, А.О. Ружицкий, Б.Ц. Зайчик // Хлебопродукты. – № 11.– 2013. – С. 52 – 53.
20. **Белявская, И.Г.** Антиоксидантная емкость хлеба из цельносомлотого зерна пшеницы/ И.Г. Белявская, А.В. Пыльнева, Е.Н. Асадчих, В.П. Хотченков, А.О. Ружицкий, Б.Ц. Зайчик, А.Г. Уварова // Хлебопродукты. – № 3. – 2014. – С. 44 – 45.
21. Богатырева, Т.Г. Ячменная мука – стимулятор газообразующей способности полуфабрикатов/ Богатырева Т.Г., Белявская И.Г., Толмачева И.П., Быковченко Т.В. //Хлебопродукты. – № 5. – 2014. – С. 44 – 45.

22. **Белявская, И.Г.** Льняная мука – источник антиоксидантов в хлебобулочных изделиях для здорового питания/ И.Г. Белявская, Т.Г. Богатырева, Т.А. Юдина, Е.В. Иунихина, А.В. Степанова, В.П. Хотченков, А.О. Ружицкий, Б.Ц. Зайчик // Пищевая промышленность. – № 4. – 2015. – С. 32 – 34.
23. Чернышова, В.А. Влияние льняной муки на качество хлебобулочных изделий из смеси ржаной и пшеничной муки/ В.А. Чернышова, Н.В. Лабутина, **И.Г. Белявская**, Т.Г. Богатырева, Т.А. Юдина // Пищевая промышленность. – 2016. – № 5.– С. 66–69.
24. Богатырёва, Т.Г. Использование зерновых заквасок на основе пророщенного зерна зелёной гречихи и пшеницы для приготовления дрожжевого кекса/ Т.Г. Богатырёва, **И.Г. Белявская**, К.Н. Валугева // Хлебопродукты. – 2016. – № 12. – С. 36 – 38.
25. Богатырёва Т.Г. Технология ржано-пшеничного хлеба на основе зерновых заквасок/Т.Г. Богатырёва, Н.В. Лабутина, **И.Г. Белявская**, Т.А. Юдина// Хлебопродукты. –2016. – № 9. – С. 49 – 51.
26. Богатырева Т.Г. Ферментативные гидролизаты пророщенных зерен пшеницы и гречихи для повышения пищевой ценности дрожжевого кекса/Богатырева Т.Г., **Белявская И.Г.**, Валугева К.Н.// Кондитерское производство.– 2017.– № 1. – С. 26 –29.
27. **Белявская, И.Г.** Использование муки псевдозерновой культуры киноа в технологии хлебобулочных изделий/И.Г. Белявская, Т.Г. Богатырева, Т.С. Нефедова, Д.О. Новикова, А.Г. Уварова // Хлебопечение России. – № 2. – 2018. – С. 19 – 24.
28. **Белявская, И.Г.** Антиоксидантные свойства хлебобулочных изделий из пшеничной муки с использованием нетрадиционных видов сырья/ И.Г. Белявская // Хранение и переработка сельхозсырья. – № 3. – 2018. – С. 8 – 19.
29. **Белявская, И.Г.** Технологические аспекты криогенной технологии хлебобулочных изделий с использованием carbo activatus / И.Г. Белявская, Н.В. Лабутина, М.Г. Балыхин, К.С. Юркина, Д.С. Никифорова, И. В. Матвеева //Пищевая промышленность. – 2019. – №3. – С.40 – 44.

Патенты на изобретения

30. Пат. 2450522 Российская Федерация, МПК А21D Способ производства хлебобулочных изделий для профилактического питания [Текст]/ **Белявская И.Г.**, Лямин М.Я., Черных В.Я., Гришина Л.Н.; заявитель и патентообладатель Московский государственный университет пищевых производств (RU). – № 2010148012/13; заявл. 25.11.2010; опубл. 20.05.2012, Бюл. № 14. – 7 с.
31. Пат. 2492654 Российская Федерация, МПК А21D8/02, А21D2/00 Способ производства хлебобулочного изделия для диетического питания [Текст]/**Белявская И.Г.**, Черных В.Я., Богатырева Т.Г., Акимов В.А.; заявитель и патентообладатель Московский государственный университет пищевых производств (RU). – №2012110939; заявл. 22.03.2012; опубл. 20.09.2013, Бюл. № 26. – 6 с.
32. Пат. 2520980 Российская Федерация, МПК, А21D13/04 А21D8/02 Способ производства заварного ржано-овсяного хлеба [Текст] / Богатырева Т.Г. Изосимов В.П., **Белявская И.Г.**, Мальчиков М.Ю.; заявитель и патентообладатель Московский государственный университет пищевых производств (RU). – №2012110937/13; заявл. 22.03.2012; опубл. 27.06.2014, Бюл. № 18. – 10 с.
33. Пат. 2536918 Российская Федерация, МПК, А21D 8/02 Способ производства паровых хлебобулочных изделий из композитной смеси (варианты) [Текст]/ Богатырева Т.Г., **Белявская И.Г.**, Абрамов А.С.; заявитель и патентообладатель Московский государственный университет пищевых производств (RU). – №2012149557/13.- заявл. 21.11.2012; опубл. 27.05.2014, Бюл. № 36. – 10 с.

34. Пат. 2540015 Российская Федерация, МПК, А21D 8/02, С12N 1/20 Способ приготовления ячменно-молочной закваски [Текст]/ Богатырева Т.Г., Лабутина Н.В., **Белявская И.Г.**, Быковченко Т.В., Толмачева И.П.; заявитель и патентообладатель Московский государственный университет пищевых производств (RU). – № 20134253/10.- заявл. 18.09.2013; опубл. 27.01.2015, Бюл. № 3. – 6 с.
35. Пат. 2561930 Российская Федерация, МПК, А21D 8/04 Способ производства диетического ржано-льняного хлебобулочного изделия [Текст]/ Богатырева Т.Г., Лабутина Н.В., **Белявская И.Г.**, Иунихина Е.В., Степанова А.В.; заявитель и патентообладатель Московский государственный университет пищевых производств (RU). – №2014110873/13.- заявл. 21.03.2014; опубл. 10.09.2015, Бюл. № 25. – 9 с.
36. Пат. 2604925 Российская Федерация, МПК, А21D 13/02 Способ производства диетического ржано-пшеничного хлеба на зерновой закваске [Текст]/ Богатырева Т.Г., Лабутина Н.В., Асадчих Е.Н., **Белявская И.Г.**, Юдина Т.А.; заявитель и патентообладатель Московский государственный университет пищевых производств (RU). – №2015118790/13.- заявл. 20.05.2015; опубл. 20.12.2016, Бюл. № 35. – 7 с.

Зарубежные издания

37. **Belyavskaya, I.G.** Antioxidant properties of bakery products with green tea extract/ I.G. Belyavskaya, A. G. Uvarova // International Conference «Topical areas of fundamental and applied research IV», 4-5 august 2014 г. North Charleston, USA, Val 1.– p. 153–157.
38. Богатырева, Т.Г. Биоконверсия растительного сырья/ Т.Г. Богатырева, **И.Г. Белявская**// Mauritius, LAP LAMBERT. –2017. – 70 с. ISBN: 978-6220-2-06540-5.

Статьи и материалы конференций

39. Акимов В. А. Некоторые аспекты применения порошков морских водорослей в хлебопекарном производстве/ В. А. Акимов, **И. Г. Белявская** // Сборник материалов юбилейной научно-практической конференции «Инновации в технологиях хлебобулочных изделий». – М.: МГУПП МЕДИА, 29 марта 2010 г. – С. 132–135.
40. **Белявская, И. Г.** Современные методы количественного определения йода в диетических хлебобулочных изделиях / И. Г. Белявская, В. Я. Черных, В. А. Акимов // Материалы докладов Третьего Международного Хлебопекарного форума/ Международная промышленная академия - Экспоцентр на Красной Пресне.– М.: Пищепромиздат, 2010.– С. 77-82.
41. **Belyavskaya, I.G.** Rheological properties of wheat dough with seaweed of laminarium/ I.G. Belyavskaya, V.A. Akimov // 7-th Annual European Rheology Conference/ Book of abstracts.– Suzdal, 10-14 May 2011, p.100.
42. **Белявская, И.Г.** Показатель антиоксидантой емкости - дополнительный критерий качества диетических хлебобулочных изделий/И.Г. Белявская, В.А. Акимов, Л.Н. Гришина, В.П. Хотченков, А.О. Ружицкий, Б.Ц. Зайчик // Материалы докладов Четвертого Международного Хлебопекарного Форума в рамках 17-й международной выставки «Современное хлебопечение -2011», Международная промышленная академия – Экспоцентр на Красной Пресне. - М.: Пищепромиздат, 2011.– С. 113 – 115.
43. Акимов, В.А. Использование продуктов переработки морских водорослей в производстве диетических изделий /В. А. Акимов, **И. Г. Белявская** // Сборник материалов IX международной научно-практической конференции «Технологии и продукты здорового питания. Функциональные пищевые продукты. – М.: ИК МГУПП, 2011. – С.137–145.
44. Букреев, В.С. Хлебобулочные изделия функционального назначения с использованием микроводорослей/В.С. Букреев, Л.Н. Гришина, **И.Г. Белявская** // Кондитерское и хлебопекарное производство, № 1(125).– 2012.– С. 36 – 38.

45. Черных, В.Я. Хлебобулочные изделия для питания спортсменов / В.Я. Черных, Л.И. Пучкова, Т.Г. Богатырева, **И.Г. Белявская**, В.А. Акимов, Л.Н. Гришина // Кондитерское и хлебопекарное производство, №3(127). – 2012. – С. 37 – 42.
46. **Белявская, И.Г.** Влияние экстракта зеленого чая на реологические свойства теста для мучных кондитерских изделий функционального назначения/ И.Г. Белявская // Материалы восьмой Международной конференция «Торты. Вафли. Печенье. Пряники – 2012», МПА.– М.: Пищепромиздат, 2012. – 191 с.
47. Гришина, Л.Н. Хлебобулочные изделия функционального назначения на основе микроводоросли спирулины/ **И.Г. Белявская**, Л.Н. Гришина //Материалы докладов Пятого Международного Хлебопекарного Международная промышленная академия – ЦВК «Экспоцентр» на Красной Пресне. – М.: Пищепромиздат, 2012. – С. 77 – 81.
48. Гришина, Л.Н. Влияние спирулины на реологические свойства теста из пшеничной муки/ **И.Г. Белявская**, Л.Н. Гришина // Сборник материалов третьей научно-практической конференции с международным участием «Управление реологическими свойствами пищевых продуктов». Отв. ред. д.т.н., проф. Мачихин С.А. – М.: Издательский комплекс МГУПП, 2012. – С.146 – 149.
49. **Belyavskaya, I. G.** The impact of microalga *Spirulina platensis* on the rheological properties of the dough from wheat flour/ I. G. Belyavskaya, A. G. Uvarova // IV International Conference on Colloid Chemistry and Physicochemical Mechanics / Book of abstracts / 30 June- 05 July 2013, Moscow, Russia, p. 471 – 472.
50. Богатырева Т.Г. Совершенствование технологии функциональных хлебобулочных изделий с использование ржаной и льняной муки/ Т.Г. Богатырева, **И.Г. Белявская** // Материалы VI Международного Хлебопекарного Форума, Международная промышленная академия, Москва. – М.: 2013. – С.12 – 14.
51. Богатырева, Т.Г. Ячменная мука - источник функциональных ингредиентов в приготовлении функциональных хлебобулочных изделий / Т.Г. Богатырева, **И.Г. Белявская**//Материалы VI Международного Хлебопекарного Форума, Международная промышленная академия, Москва. – М.: 2013.– С.28– 31.
52. Мох, А.С. Разработка технологии ржано-льняных хлебобулочных изделий /А.С. Мох, А.В. Степанова, **И.Г. Белявская**, Т.Г. Богатырева// Сборник материалов XI научно-практической конференции с международным участием «Технологии и продукты здорового питания. Функциональные пищевые продукты».– М.: ИК МГУПП, 2013. – С. 71-73.
53. Ромашина, Т.З. Влияние молока и продуктов его переработки на качество хлебобулочных изделий из ржаной обдирной муки/ Т.З. Ромашина, **И.Г. Белявская** //Сборник материалов XI научно-практической конференции с международным участием «Технологии и продукты здорового питания. Функциональные пищевые продукты».– М.: ИК МГУПП, 2013. – С. 87 – 91.
54. Сидельников, М.Б., Повышение качества хлебобулочных изделий из муки тритикале / М.Б. Сидельников, **И.Г. Белявская** //Сборник материалов XI научно-практической конференции с международным участием «Технологии и продукты здорового питания. Функциональные пищевые продукты». – М.: ИК МГУПП, 2013. – С. 99 –100.
55. Веденьева, А.Д. Антиоксидантная емкость хлеба из цельносмолотого зерна пшеницы и тритикале/ А.Д. Веденьева, А.В. Пыльнева, **И.Г. Белявская** //Сборник материалов XI научно-практической конференции с международным участием «Технологии и продукты здорового питания. Функциональные пищевые продукты». – М.: ИК МГУПП, 2013. – С. 21– 24.
56. Толмачева, И.П. Ферментация ячменной муки в технологии хлебобулочных изделий/ И.П. Толмачева, Т.Г. Богатырева, **И.Г. Белявская**, Т.В. Быковченко //Сборник «Перспективные биотехнологические процессы в технологии продуктов питания и

кормов» под ред. академика Россельхозакадемии В.А. Полякова, чл.-корр. Россельхозакадемии Л.В. Римаревой. М.: Издательство ГНУ Всероссийский НИИ пищевой биотехнологии РАСХН. – 2014. – С. 263 – 265.

57. **Белявская, И.Г.** Обоснование использования лактата кальция в хлебопекарном производстве / И.Г. Белявская, Т.Г. Богатырева, И.П. Толмачева, М.Р. Кортнева, А.А. Андрияшкина // Здоровье человека и экологически чистые продукты питания-2014: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Орел: Госуниверситет – УНПК, 2014. – С. 91 – 97.

58. **Белявская, И.Г.** Разработка технологии ржано-льняных хлебобулочных изделий / И.Г. Белявская, Т.Г. Богатырева, А.В. Степанова, А.С. Мох // Материалы докладов Международной конференции «Хлебопекарное производство - 2014», Москва, МПА. – М.: 2014. – С. 76 – 79.

59. **Белявская, И.Г.** Критерии оценки диетических свойств хлебобулочных изделий / И.Г. Белявская // Кондитерское и хлебопекарное производство, № 8 (151). – 2014. – С. 26-27.

60. **Белявская, И.Г.** Антиоксидантная емкость муки и хлебобулочных изделий из зерна тритикале / А.Д. Веденьева, А.В. Пыльнева, В.П. Хотченков, А.О. Ружицкий, Б.Ц. Зайчик, А.Г. Уварова // Кондитерское и хлебопекарное производство, № 1 (155). – 2015. – С. 58 – 60.

61. **Белявская, И.Г.** Определение антиоксидантной емкости ржано-льняных хлебобулочных изделий / И.Г. Белявская, Т.Г. Богатырева, Е.В. Иунихина, А.В. Степанова // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд: международ. сб. науч. ст. Вып. III / ФГБУ НИИПХ Росрезерва; под общ. ред. С.Е. Уланина. – М.: Галерея - Принт, 2015. – С. 56 – 65.

62. Богатырева, Т.Г. Использование ячменной муки в производстве хлебобулочных изделий / Т.Г. Богатырева, **И.Г. Белявская**, О.Н. Бердышникова, И.П. Толмачева, Т.В. Быковченко // Кондитерское и хлебопекарное производство, № 10 (161). – 2015. – С. 16 – 28.

63. **Белявская, И.Г.** Хлебобулочные изделия для здорового питания / И.Г. Белявская // Сборник тезисов IV Международной научно-практической конференции «Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века». – Краснодар: Кубанский государственный технологический университет. – 2015. – С. 76-78.

64. Богатырева, Т.Г. Биотехнологические способы регулирования показателей качества и пищевой ценности хлебобулочных изделий / Т.Г. Богатырева, **И.Г. Белявская** // Научно-практическая конференция с международным участием «Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: кадры и наука». – М. МГУПП, 2017. – С. 87 – 90.

65. Богатырева, Т.Г. Применение биоконверсии нетрадиционного сырья в технологии дрожжевых кексов / Т.Г. Богатырева, **И.Г. Белявская**, К.Н. Валуева // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2017. – № 1-2. – С. 54 – 55.

66. **Белявская, И.Г.** Хлебобулочные изделия функционального назначения с использованием микроводоросли спирулины / И. Г. Белявская // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2017. – № 9-10. – С. 17 – 19.

67. Богатырева, Т.Г. Биотехнологические способы регулирования показателей качества и пищевой ценности хлебобулочных изделий / Т.Г. Богатырева, **И.Г. Белявская** // Сборник научной конференции с международным участием «Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: кадры и наука». – М.: МГУПП, 2017. – С. 87-91.

68. Новикова, Д.О. Перспективы использования киноа в хлебопекарном производстве / Д.О. Новикова, Т.С. Нефедова, **И.Г. Белявская** // Сборник научной конференции с международным участием «Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: кадры и наука». – М.: МГУПП, 2017. – С. 69 – 74.

69. Богатырева, Т.Г. Технологии хлебобулочных изделий для здорового питания/ Т.Г. Богатырева, **И.Г. Белявская** //Материалы докладов XIV Международной конференции «Хлебопекарное производство в России-2018», МПА.– М.: 2018. – С. 3 – 19.
70. Богатырева, Т.Г. Биоконверсия нетрадиционного растительного сырья в технологии зернопродуктов /Т.Г. Богатырева, **И.Г. Белявская** /Сборник материалов национальной научно-практической конференции «Биотехнология и продукты биоорганического синтеза» // Отв. ред. д.б.н., проф. Бутова С.Н. – М.: МГУПП, 2018. – С.31 – 33.
71. Гришин, И.В. Современные технологии хлебобулочных изделий с использованием рисовой муки / И.В. Гришин, **И.Г. Белявская** / Инновации в индустрии питания и сервисе: Электронный сборник материалов III Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». – Краснодар: Изд. КубГТУ, 2018. – 247 – 250 с.
72. Маслякова, А.А. Разработка хлебобулочных изделий для киберспортсменов/ А.А. Маслякова, **И.Г. Белявская** //Инновации в индустрии питания и сервисе: Электронный сборник материалов III Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». – Краснодар: Изд. КубГТУ, 2018. – 538 – 541 с.
73. **Белявская, И.Г.** Влияние продуктов переработки молока на качество хлебобулочных изделий из ржаной обдирной муки/ И.Г. Белявская// Кондитерское и хлебопекарное производство, 2019. – №2. – С.28 – 30.

Список сокращений:

ABTS– диаммонийная соль 2-азинобис-(3-этилбензтиазолин)-6-сульфоновой кислоты;

АОЕ – антиоксидантная емкость;

АУ – активированный уголь;

ГЛВ – гидролактивин;

ГУС – газодерживающая способность теста;

ЖКТ – желудочно-кишечный тракт;

ЖФО – жом облепихи ферментированной;

ЗМЖ – жировой продукт, заменитель молочного жира;

ИИС – информационно-измерительная система;

МС – микроводоросль спирулина;

МЭК – мультэнзимная композиция;

ПВ – пищевые волокна;

ПЛАС – порошок сухих листьев амаранта;

ПЛП – порошок ламинарии пищевой;

ПМ – порошок моркови;

ПМВ – порошок морских водорослей;

ПСС – порошок столовой свеклы;

ПТ – порошок тыквы;

ПФП – порошок фукуса пищевого;

СВ – сухие вещества;

СОМ – сухое обезжиренное молоко;

СПК – сухая пшеничная клейковина;

ТЭ – тролокс- эквивалент;

ФП – ферментный препарат;

ЦП – цикорий порошкообразный;

«ЧП» - число падения;

ША – шрот амаранта;

ЭЗЧ – экстракт зеленого чая.

SUMMARY

In the present work data the set of scientific and practical tasks on improvement of bakery products technologies by the correction of nutritional value and antioxidant properties using dietary bioactive fiber and mineral organic substances has been solved. The use of micro-algae spirulina, seaweed kelp and focus powder, green tea extract, the fermented pulp of sea buckthorn, flax flour, quinoa flour, hydrolactin and activated carbon as baking ingredients have been scientifically substantiated. The influence of plant sources of dietary and bioactive fiber, as well as mineral and organic substances on the biotechnological and rheological properties of intermediate products has been researched in conjunction with the quality of final products. Technological solutions of using the researched ingredients in baking have been developed, the shelf-life of bakery products has been adjusted. The criterion of estimation of antioxidant properties of bakery products has been developed, as the classification of bakery products according to its antioxidant capacity has been presented. The obtained results expand the current knowledge of the chemical composition of bakery products, in particular, the content of substances with antioxidant capacity of hydrophilic and lipophilic fractions related to ABTS•+, and the possibilities of their use in healthy diets. In the course of researches 5 types of product specifications and technological instructions for production of bakery products from different types of raw materials, as well as 7 patents have been obtained.