

На правах рукописи



ПАВЛОВСКАЯ Светлана Максимовна

**РАЗРАБОТКА НОВОГО АССОРТИМЕНТА
И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ
ОБОГАЩЕННЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ
ДЛЯ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ**

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

**Воронеж
2022**

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Пономарева Елена Ивановна
(ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», профессор)

Официальные оппоненты: Никитин Игорь Алексеевич
доктор технических наук, доцент
(ФГБОУ ВО «МГУТУ имени К. Г. Разумовского» (ПКУ), г. Москва);

Березина Наталья Александровна
доктор технических наук, доцент
(ФГБОУ ВО «ОГУ «Орловский ГАУ имени Н.В. Парахина», г. Орел)

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», г. Мичуринск

Защита состоится «04» июля 2022 года в 12 часов 30 минут на заседании совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Д 212.035.04 при ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» по адресу: 394036, г. Воронеж, проспект Революции, 19, конференц-зал.

Отзывы на автореферат (в двух экземплярах), заверенные гербовой печатью учреждения, просим присылать ученому секретарю совета Д 212.035.04.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «ВГУИТ». Автореферат размещен в сети Интернет на официальном сайте Министерства науки и высшего образования РФ по адресу: vak2.ed.gov.ru и на официальном сайте ФГБОУ ВО ВГУИТ www.vsuert.ru «28» апреля 2022 года.

Автореферат разослан « 26» мая 2022 года.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций на соискание ученой
степени кандидата наук, на соискание
ученой степени доктора наук,
Д 212.035.04, к.т.н., доцент



Е.В. Белокурова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Согласно правительственным документам, утверждённым в установленном порядке, «Доктрине продовольственной безопасности» и «Стратегии повышения качества пищевой продукции в РФ до 2030 года» в настоящее время необходимо расширять ассортимент пищевых продуктов лечебного и профилактического назначения, который будет способствовать увеличению продолжительности и повышению качества жизни населения.

В последнее десятилетие заметен явный и все возрастающий спрос на товары, относящиеся к категории «ЗОЖ», в том числе к продуктам здорового и профилактического питания, особенно со сниженным содержанием соли, усвояемых углеводов, насыщенных жиров, обогащённых биологически и физиологически активными нутриентами. Такие продукты предназначены для людей, страдающих сердечной и почечной недостаточностью, сниженной обеспеченностью микро- и макроэлементами, витаминами, а также лиц, находящихся в неблагоприятных экологических условиях. Заболевания сердечной и мочевыделительной систем лидируют по числу смертей в мире. При таких условиях особое значение приобретает выбор продуктов питания в торговых сетях, который для данных категорий граждан сильно ограничен.

Приоритетным направлением развития хлебопекарной отрасли РФ является изыскание новых видов сырьевых источников, содержащих функциональные пищевые ингредиенты – физиологически активные, ценные и безопасные для здоровья, жизненно необходимые организму человека для правильной работы всех систем, профилактики и лечения ряда алиментарно-зависимых заболеваний. При снижении содержания натрия, применении нетрадиционного сырья возможна проблема обеспечения необходимых свойств теста, обуславливающих органолептические и физико-химические показатели готовых изделий.

Для достижения стабильно высокого качества хлебобулочных изделий необходимо целенаправленное комбинирование рецептурного состава путём применения современных компьютерных технологий, методов моделирования и оптимизации эксперимента.

Расширение ассортимента хлебопекарной продукции профилактического назначения за счёт применения нетрадиционного сырья требует научного обоснования и внедрения новых технологических решений в рамках НИР НОЦ «Живые системы», госбюджетной НИР кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающих производств (ТХКМЗП) «Разработка энерго-, ресурсосберегающих и экологически чистых технологий, конкурентоспособных продуктов и соответствующих аппаратурных оформлений на предприятиях хлебопекарной, кондитерской, макаронной и зерноперерабатывающей промышленности» ФГБОУ ВО «ВГУИТ».

Степень разработанности темы исследования. Большой вклад в разработку научных и практических основ производства хлебобулочных изделий в данном направлении внесли такие отечественные и зарубежные учёные, как Н.Н. Алехина, Н.А. Березина, Н.М. Дерканосова, И.М. Жаркова, С.Я. Корячкина, Н.В. Лабутина, С.И. Лукина, Г.О. Магомедов, И.А. Никитин, Л.П. Пашенко, О.В. Перфилова, Е.И. Пономарева, Ю.Ф. Росляков, Т.Б. Цыганова, В.Я. Черных, Т. Greenway, J. Hamelman, В. Ricanti и др.

Учитывая появление все большего количества нового сырья и его недостаточную изученность, создание и производство продукции профилактической направленности должно проводиться на основе фундаментальных знаний процессов, протекающих на различных производственных стадиях: физико-химических, коллоидных и биохимических, что является **актуальной задачей**, стоящей сегодня перед хлебопекарной отраслью России.

Цель исследований: разработка научных и практических рекомендаций по совершенствованию технологии, коррекции рецептур хлебобулочных изделий для профилактического питания путём исследования показателей полуфабрикатов и изделий с изменением дозировки и состава соли пищевой, применением нетрадиционных видов сырья.

В соответствии с поставленной целью решались следующие **задачи:**

- провести патентно-информационный поиск, изучить химический состав и показатели качества нетрадиционных видов сырья,

обосновать его применение в производстве хлебобулочных изделий с позиции пищевой ценности и функциональных свойств;

- исследовать влияние пищевой соли, в том числе с другим ионным составом, на реологические, физико-химические свойства теста и показатели качества хлебобулочных изделий;

- установить оптимальные дозировки нетрадиционных видов сырья для хлебобулочных изделий методами математической статистики и дифференциального исчисления;

- оценить влияние обогатителей на показатели качества изделий в процессе хранения, микробиологическую стойкость, антиоксидантную активность, гликемический индекс, элементный состав, ароматобразующие вещества;

- исследовать химический состав разработанных хлебобулочных изделий, биологическую и энергетическую ценность, рассчитать степень удовлетворения суточной потребности организма в пищевых веществах и энергии для различных возрастных групп населения;

- разработать техническую документацию на новые виды хлебобулочных изделий, рассчитать экономическую эффективность.

Научная новизна работы. Научно обоснована и экспериментально доказана эффективность применения нетрадиционных видов сырья в рациональных дозировках (соль «Валетек», куркума, жидкий виноградный сахар, масло зародышей пшеницы, мука из семян маша, морковное и тыквенное пюре), обеспечивающих повышение функциональных свойств хлебобулочных изделий профилактической направленности: снижение содержания натрия на 38 %, увеличение отдельных пищевых нутриентов на 15-95 % от суточной потребности, антиоксидантной активности в 2 раза, снижение гликемического индекса на 5-16 %, увеличение ароматобразующих веществ на 23 %, повышение срока сохранения годности хлеба и его микробиологической стойкости на 24 ч, сухарей – на 4 мес.

Характер изменения реологических свойств теста из пшеничной муки первого сорта с различной дозировкой и иным составом катионов и анионов соли пищевой обосновывает её снижение на 15 % от традиционной рецептуры и применение соли с пониженным содержанием натрия, дополнительно обогащённой калием, магнием, йодом.

Результаты биотестирования разработанных хлебобулочных изделий доказывают отсутствие биоцидного действия и увеличение биодоступности, значений стандартизованной относительной биологической ценности разработанных хлебобулочных изделий.

Теоретическая и практическая значимость работы. Химический состав и функционально-технологические свойства нетрадиционных видов сырья доказывают целесообразность их применения в рецептурно-компонентных решениях состава хлебобулочных изделий профилактического назначения, позволяют прогнозировать качество и обеспечивать технологические преимущества предлагаемых способов.

Определен характер влияния соли с пониженным содержанием натрия на структурные компоненты муки, реологические, физико-химические свойства теста, процессы при приготовлении и хранении хлеба и сдобных сухарей, рекомендовано снижение ее дозировки без изменения параметров технологического процесса.

Разработана ресурсосберегающая технология хлебобулочных изделий из пшеничной муки с внесением нетрадиционных видов сырья, реализация которой позволит повысить эффективность технологического процесса, обеспечить увеличение пищевой ценности хлеба и сдобных сухарей, а также рационально использовать сырьевую базу агропромышленного комплекса РФ.

Полученные зависимости и закономерности позволили сформировать новые знания, используемые в учебном процессе при реализации дисциплин для подготовки бакалавров и магистров по направлению 19.03.02 и 19.04.02 - «Продукты питания из растительного сырья» при выполнении курсовых проектов, выпускных квалификационных работ, при проведении лекционных и лабораторных занятий.

Предлагаемые технологические решения успешно прошли апробацию в условиях промышленных предприятий г. Воронежа: АО «Хлебозавод № 7»; ОАО «Шуберская хлебная мануфактура». Новизна предлагаемых технических решений подтверждена 2 патентами РФ на изобретения (№ 2729015, 2754875). Разработаны и утверждены пакеты технической документации на муку из семян маша, сдобные сухари и 3 вида хлеба.

Произведённые расчёты доказывают экономическую целесообразность разработанных технологических и технических решений. Расчётный экономический эффект от реализации 1 т хлебобулочных изделий при рентабельности продукции 15 % составит от 26,1 до 86,6 тыс. р. (в зависимости от вида рецептурных компонентов).

Методология и методы исследования. Исследования проводили согласно методологии, основой которой является комплекс методов познания: теоретических, эмпирических, практических, базирующихся на известных естественно-научных закономерностях. В работе применяли общепринятые и специальные современные физические, химические, биохимические, микробиологические и органолептические методы анализа сырья, полуфабрикатов и готовых изделий. Экспериментальные результаты приведены после статистической обработки данных выборки из 3-5 опытов. Степень вероятности эксперимента составляет 95 %.

Положения, выносимые на защиту:

- технологические решения по производству хлебобулочных изделий рационального состава и улучшенного качества;
- результаты исследований реологических характеристик теста из пшеничной муки первого сорта с различной дозировкой и другим ионным составом соли пищевой;
- закономерности изменения биопотенциала и функционально-технологических свойств готовых изделий с применением нетрадиционного сырья.

Соответствие диссертации паспортам научных специальностей. Диссертационное исследование соответствует п. 2, 3 и 5 паспорта специальности 05.18.01 – «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства».

Степень достоверности и апробация результатов. Подтверждаются глубиной проработки литературных источников, постановкой экспериментов, применением современных методов анализа, математической обработкой экспериментальных данных, публикацией основных положений диссертационной работы, участием в конкурсах и работе конференций различного уровня, в том числе: ежегодных отчётных научных конференциях ФГБОУ

ВО «ВГУИТ»; международных и всероссийских научно-технических и научно-практических конференциях: «Пищевые технологии будущего: инновационные идеи, научный поиск, креативные решения» (Москва, 2019, 2020), «Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений» (Воронеж, 2017, 2018, 2019, 2021), «Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение» (Воронеж, 2021), «Цифровая нутрициология: технологические инновации персонализированных продуктов питания» (Москва, 2021), конкурс молодых предпринимателей Воронежской области (Воронеж, 2021), «Energy Efficiency and Energy Saving in Technical Systems» (Москва, 2021), Акселератор бизнес-проектов в пищевых технологиях (диплом 3-й степени, Москва, 2021), «University knowledge 2021» (диплом за 1-е место, Киров, 2021), «Вопросы индустриализации аграрного сектора» (Душанбе, 2021), «High goals-2020» (диплом за 1-е место, Москва, 2020), «Юность и Знания – Гарантия Успеха» (Курск, 2020), «Science, Technology and Life – 2019» (диплом за 3-е место, Карловы Вары, 2019), «Производство и переработка сельскохозяйственной продукции: менеджмент качества и безопасности» (Воронеж, 2020), «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство» (Воронеж, 2018).

Разработки экспонировались на Международной специализированной выставке хлебопекарного и кондитерского рынка (Москва, 2017, 2018, 2019, 2021); чемпионате «Молодые профессионалы (Ворлдскиллс Россия)» (Воронеж, 2018, 2019); Всемирном форуме по хлебопечению «Хлеб - это мир» (Калуга, 2019).

Публикации. По результатам исследований опубликовано 27 научных трудов, в том числе 2 статьи в ведущих рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, 1 статья – в базе Scopus, 22 статьи в журналах и по материалам докладов на всероссийских и международных конференциях, получено 2 патента РФ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения по основным результатам исследований, библиографического списка из 239 наименований, в том числе 41 на иностранных языках, приложений и представ-

лена на 190 страницах машинописного текста, включает 41 таблицу и 35 рисунков.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, состоит в анализе информации по проблеме диссертационного исследования, постановке, реализации, обработке результатов экспериментов, по изучению применения нетрадиционного сырья в производстве хлебобулочных изделий профилактической направленности, оценке их показателей качества. Автором разработана техническая документация на новые виды продукции, проведена апробация их в производстве.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, представлена научная и практическая ценность диссертации.

В главе 1 приведён патентно-информационный обзор и обобщены сведения о создании продуктов для профилактического питания и рекомендации по их употреблению. Проанализирован современный ассортимент и технологий хлебобулочных изделий для профилактического питания. Освещены вопросы обогащения хлебобулочных изделий путём применения нетрадиционного сырья. На основе проведённого анализа сформулированы цель и задачи диссертационного исследования.

В главе 2 охарактеризованы объекты и приведены методы исследований, приборная база, применяемая для реализации описываемых методик. Исследования проводили согласно схеме (рисунок 1). Объектами исследований выбраны: мука пшеничная хлебопекарная первого сорта (ГОСТ 26574-2017), дрожжи хлебопекарные прессованные (ГОСТ Р 54731-2011), соль пищевая «Илецкая» (ГОСТ Р 51574-2018), соль пищевая «Валетек» (ТУ 9192-050-17028327-04), жидкий виноградный сахар (ЖВС) (ТУ 11.02.12-001-16190149-2018), масло подсолнечное (ГОСТ 1129-2013), масло зародышей пшеницы (СТО 99862296-006-2016), масло сливочное (ГОСТ 32261-2013), куркума (ГОСТ ISO5562-2017), маргарин (ГОСТ 32188-2013), мука из семян маша, полученная методом дезинтеграционно-волнового по-

мола (ТУ 910.61.23-523-02068108-2019), пюре морковное и тыквенное (ГОСТ 32742-2014).



Рисунок 1 – Схема экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования проводили на кафедрах «ТХКМЗП», «Физика, теплотехника и теплоэнергетика» (ФТиТ), «Биохимия и биотехнология», «Физическая и аналитическая химия»

и в условиях ООО «Сенсорика-Новые Технологии», центра коллективного пользования «Контроль и управление энергоэффективными проектами» аналитического центра стратегического развития научных исследований ФГБОУ ВО «ВГУИТ», МНИЦ инновационных технологий хлебопечения на базе АО «Хлебозавод № 7» (Воронеж), ООО «Микронутриенты» (Москва).

Анализ сырья, полуфабрикатов и изделий проводили по органолептическим, физико-химическим, структурно-механическим, реологическим и микробиологическим показателям. Внутреннее трение тестовых заготовок и предельное напряжения сдвига определяли по кинетике погружения на устройстве, разработанном на кафедре ФТиТ ФГБОУ ВО «ВГУИТ».

Качество готовых изделий оценивали через 24 ч после выпечки по органолептическим и физико-химическим показателям: внешний вид, форму, характер поверхности, вкус, цвет, запах, состояние мякиша и пропечённость – по ГОСТ 5667-65; массовую долю влаги – на приборе СЭШ-3М по ГОСТ 21094-75; титруемую кислотность – по ГОСТ 5670-96; пористость – на приборе Журавлева по ГОСТ 5669-96. Сухарные изделия дополнительно анализировали по показателям: хрупкость, набухаемость, массовая доля влаги – по ГОСТ 8494-96, массовую долю сахара определяли перманганатным методом по ГОСТ 5672-68, массовую долю жира – рефрактометрическим методом по ГОСТ 5668-68. Микробиологические показатели определяли прямым подсчётом колоний с применением дифференциально-диагностических сред: количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов – по ГОСТ 10444.15-94, бактерий группы кишечных палочек – по ГОСТ 31747 2012, дрожжей – по ГОСТ 10444.12-2013, плесени – по ГОСТ 10444.12-2013.

Пищевую и энергетическую ценность изделий, степень покрытия суточной потребности в нутриентах рассчитывали по программе «Комплекс», разработанной на кафедре ТХКМЗП ФГБОУ ВО «ВГУИТ», в основе которой заложена методика, утверждённая ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи». Содержание витаминов в изделиях рассчитывали с учётом коэффициентов сохранности.

Анализ элементного состава хлебобулочных изделий проводили на квадрупольном масс-спектрометре Nexion 300D (Perkin Elmer, США); оценку усвояемости – методом биотестирования на тест-объектах *Paramecium caudatum*; определение суммарного содержания антиоксидантов – амперометрическим способом на анализаторе «ЦветЯуза-01-АА»; содержание ароматобразующих веществ – по методике «Электронный нос» на лабораторном анализаторе запахов «МАГ-8»; оценку гликемического индекса – с помощью системы контроля марки «Diacont».

В работе применяли центральное композиционное ротатабельное равномерное планирование эксперимента. Обработку данных проводили по статистическим критериям Кохрена, Стьюдента, Фишера. Оптимизацию рецептуры теста осуществляли с использованием методов математической статистики и дифференциального исчисления. Техничко-экономические показатели рассчитывали по методикам определения экономической эффективности в хлебопекарной отрасли.

В главе 3 с целью придания хлебобулочным изделиям диетических свойств, для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний и почечной недостаточности, улучшения натрий-калиевого баланса в организме предлагается соль «Валетек» с пониженным содержанием натрия (на 30 %) и дополнительно обогащённая соединениями калия, магния и йода. Для повышения пищевой ценности и улучшения качества продукции применяется сырьё с высоким содержанием биологически активных нутриентов – куркума молотая, жидкий виноградный сахар, мука из семян маша, морковное пюре и масло зародышей пшеницы.

Определяли дозировки ингредиентов путём анализа их влияния на изменение реологических, физико-химических и органолептических свойств теста и хлеба.

Изучали влияние вида и дозировки соли пищевой на реологические свойства теста в процессе его брожения. Опытными пробами являлись: 1 – тесто без соли; 2 – с солью «Илецкая» в дозировке 1,275 % к массе муки; 3 – с солью «Валетек» 1,275 %; 4 – с солью «Валетек» 1,5 %; 5 – с солью «Илецкая» 1,5 %.

Выявлено, что в пробе теста 4 значения внутреннего трения и предельного напряжения сдвига были больше на 4 и 55 % соответственно, чем в полуфабрикате с традиционной солью (проба 5). Наименьшая расплываемость шарика теста наблюдалась в пробе 4 (рисунок 2).

Улучшение реологических характеристик полуфабрикатов с солью «Валетек» связано с тем, что в её составе присутствует йодат калия, способствующий упрочнению клейковинных белков и снижению их атакваемости вследствие образования дисульфидных мостиков путём окисления смежных сульфгидрильных групп. Таким образом, рекомендована замена соли пищевой «Илецкая» на соль со сниженным содержанием натрия «Валетек», а также уменьшение её дозировки по рецептуре на 15 % к массе муки без изменения параметров и режимов технологического процесса.

Определение влияния дозировки куркумы и ЖВС на физико-химические и органолептические показатели качества полуфабриката и готового изделия выявило, что их внесение до 3,0 % к массе пшеничной муки улучшало удельный объем изделия и пористость по сравнению с контрольным образцом (калач саратовский по ГОСТ 58233-2018). Это обусловлено дополнительным внесением питательных веществ (глюкоза, фруктоза, минеральные вещества и витамины) для жизнедеятельности дрожжевых клеток и интенсификации процесса брожения теста.

Установление рационального рецептурного состава хлеба осуществляли с помощью центрального композиционного ротативного равномерного планирования эксперимента.

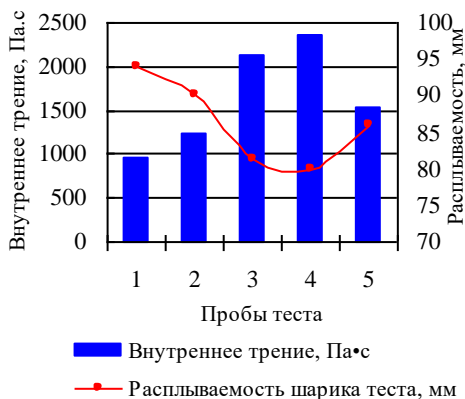


Рисунок 2 – Изменение внутреннего трения и расплываемости шарика теста при брожении

Получены регрессионные уравнения (1) и (2), адекватно описывающие зависимости показателей качества хлеба от дозировок рецептурных компонентов:

$$y_1 = 302,30 + 0,12X_1 + 11,25X_2 + 7,25X_1X_2 - 15,46X_1^2 - 18,10X_2^2, \quad (1)$$

$$y_2 = 0,462 - 0,036X_1 + 0,032X_2 - 0,007X_1X_2 - 0,033X_1^2 - 0,015X_2^2, \quad (2)$$

где y_1 – удельный объем, см³/100 г; y_2 – формоустойчивость; X_1 и X_2 – кодированные значения, соответствующие дозировкам ЖВС и куркумы.

Оптимизацию рецептуры хлеба осуществляли методами математической статистики и дифференциального исчисления с применением обобщённого критерия, определяемого по средне-взвешенной сумме нормированных частных критериев. Установлены оптимальные дозировки ЖВС – 2,36 % и куркумы – 2,56 %, при которых достигались наибольшие значения удельного объёма (300,7 см³/100 г) и формоустойчивости (0,48). В результате разработан пакет технической документации на хлеб «Мерита» (ТУ, ТИ и РЦ 10.71.11.179-515-02068108-2019).

Исследовали способы приготовления теста и внесения обогатителя: 1 – безопарный; 2 – на жидкой опаре, куркума вносится в опару; 3 – на жидкой опаре, куркума вносится в тесто; 4 – на большой густой опаре, куркума вносится в опару; 5 – на большой густой опаре, куркума вносится в тесто.

Установлено, что при внесении куркумы в опару мякиш готового изделия был заметно темнее, корка отличалась насыщенным цветом, что явилось следствием лучшего соотношения аминокислот и сахаров, участвующих в реакции Майяра, аромат и вкус были более насыщенными, чем в образцах 3 и 5 (таблица 1).

Пористость у образцов 2 и 4 с внесением куркумы в опару была больше на 3 и 6 %, чем у образцов 3 и 5. Качество хлеба, приготовленного на большой густой опаре, лучше по сравнению с другими, что связано с более глубоким протеканием физико-химических и коллоидных процессов, происходящих за длительный период брожения полуфабрикатов. Это обеспечивает формирование мелкопористой, тонкостенной структуры мякиша, большего объема, выраженного вкуса и аромата изделий.

Таблица 1 – Показатели качества хлеба, приготовленного различными способами

Наименование показателей	Характеристика и значения показателей качества образцов				
	1	2	3	4	5
Внешний вид					
Влажность мякиша, %	45,5	45,2	45,2	45,3	45,3
Пористость мякиша, %	75	76	73	80	74
Кислотность мякиша, град	2,7	3,0	3,2	3,0	3,1
Удельный объем формового хлеба, см ³ /100 г	300	325	319	330	322
Формоустойчивость подового хлеба	0,54	0,53	0,53	0,56	0,53
Крошковатость мякиша, %	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Удельная набухаемость мякиша, см ³	569	570	520	572	522
Сжимаемость мякиша, %	26	32	28	32	30

Результаты исследования показали целесообразность применения опарного способа приготовления теста с внесением куркумы в опару. Выявлено, что безопасный способ тестоприготовления также гарантирует сопоставимо высокие показатели качества готовых изделий при меньших затратах на производство.

С целью расширения ассортимента обогащённых хлебобулочных изделий рекомендовано дополнительное внесение обогатителей в установленных рациональных дозировках: мука из семян маша (10 %), морковное пюре (15 %) и масло зародышей пшеницы (1,7 %). Разработаны комплекты технической документации на хлеб «Кроха» (ТУ, ТИ, РЦ 10.71.11.179-516-02068108-2019) и хлеб «Курмаш» (ТУ, ТИ, РЦ 10.71.11.179-533-02068108-2020). По результатам анализа физико-химических и микробиологических показателей установлено продление срока годности предлагаемых изделий на 24 ч по сравнению с традиционными.

По суммарному содержанию антиоксидантных веществ выявлено увеличение данного показателя в 2 раза. Максимальное значение наблюдалось в хлебе «Кроха» (1,8 мг/100 г). Это связано с тем, что применяемое нетрадиционное сырье содержит мощные природные антиоксиданты: куркумин, кверцетин, токоферол, полифенолы, фенольные кислоты, фитостеролы, селен, кальций, марганец, цинк.

При исследовании влияния внесения обогатителей на содержание ароматобразующих веществ определено (рисунок 3): наибольшая площадь поверхности «визуального отпечатка» максимальных сигналов сенсоров, характеризующая интенсивность запаха, отмечена в хлебе «Курмаш» (708 Гц), что на 25 % превышает контроль, на 3 и 18 % – хлеб «Мерита» и «Кроха» соответственно. Это обусловлено наличием куркуминоидов, фитонцидов, турмерона, зингиберена и других летучих соединений, содержащихся в обогатителях.

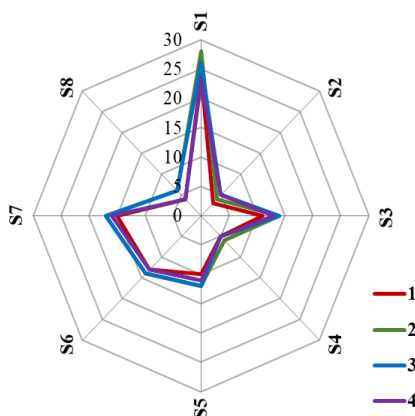


Рисунок 3 - «Визуальные» отпечатки сигналов сенсоров в РГФ над пробами образцов:

1 – контроль; 2 – «Мерита»;
3 – «Курмаш»; 4 – «Кроха»

Установлено, что предлагаемые виды хлебобулочных изделий характеризуются средними значениями гликемического индекса (46-59 %). По сравнению с контролем достигнуто снижение данного показателя на 3-16 %, что обусловлено повышенным содержанием пищевых волокон и сниженной долей усвояемых углеводов.

Определено, что разработанные хлебобулочные изделия не обладают биоцидным действием, биотический потенциал их достигает максимального значения (0,38 ед) через 48 ч, что говорит о быстром росте популяции тест-объектов. По

стандартизированной относительной биологической ценности опытные образцы превосходят контроль на 5-18 %.

Анализ нутриентного состава методом масс-спектрометрии выявил снижение содержания натрия в хлебе «Мерита» на 38 %. Расчёт химического состава показал, что предлагаемые изделия отличались повышенным содержанием нутриентов по сравнению с контролем: белков – на 3-12 %, пищевых волокон – на 11-25 %, макро- и микроэлементов – на 22-93 % и витаминов – на 64-86 %. Установлено, что одна порция (200-260 г) обогащённых хлебобулочных изделий удовлетворит суточную потребность в основных пищевых веществах взрослых и детей среднего и старшего школьного возраста на 15-78 %.

В главе 4 исследовали хлебобулочные изделия пониженной влажности – сдобные сухари, характеризующиеся длительным сроком хранения. Однако из-за высокорецептурного состава они имеют повышенную сахаро- и энергоёмкость, пониженную пищевую ценность.

Определение влияния обогатителей на физико-химические и органолептические показатели качества полуфабрикатов и готовых изделий показало, что внесение 15-25 % тыквенного пюре, 12-15 % ЖВС, 2-5 % масла зародышей пшеницы и 5-15 % муки из семян маша в среднем увеличивало газодерживающую способность теста на 16-33 %, его начальную кислотность на 23-30 %, коэффициент набухаемости сухарей на 8-26 % по сравнению с контролем (сухари детские по ГОСТ 8494-96).

Моделирование рецептурного состава сухарей проводили по полному факторному эксперименту типа 2^3 . Получены регрессионные уравнения (3) и (4), адекватно описывающие зависимости показателей качества изделий от дозировок вносимых обогатителей:

$$y_1 = 242,00 + 3,52X_1 + 12,61X_2 - 2,50X_1X_2 - 9,56X_1^2, \quad (3)$$

$$y_2 = 5,60 + 0,42X_1 + 0,31X_2 - 0,35X_1X_2 - 0,03X_1^2 + 0,12X_2^2, \quad (4)$$

где y_1 – удельный объем сухарных плит, см³/100 г; y_2 – коэффициент набухаемости сухарей, усл. ед.; X_1 и X_2 –

кодированные значения, соответствующие дозировкам тыквенного поро и ЖВС.

Графическая интерпретация уравнения (4) приведена на рисунке 4. Методом перебора на равномерной сетке с шагом по каждому фактору 0,5 % установлены оптимальные дозировки тыквенного поро – 25 % и ЖВС – 15,5 %, при которых достигались наибольшие значения удельного объёма сухарных плит ($248 \text{ см}^3/100 \text{ г}$) и коэффициента набухаемости сухарей (6,7 усл. ед.)

Разработаны рецептура и способ приготовления сдобных сухарей «Янтарные» (ТУ, ТИ, РЦ 10.72.11.120-532-02068108-2020).

По результатам анализа физико-химических и микробиологических показателей было установлено увеличение срока годности сдобных сухарей «Янтарные» на 4 мес. по сравнению с контролем. Это связано с тем, что белковые вещества и пищевые волокна, содержащиеся в обогатителях, способствуют большему связыванию влаги в изделиях, увеличивая коэффициент набухаемости на 23 % (таблица 2).

Таблица 2 – Физико-химические показатели качества изделий

Наименование показателя	Значения показателей при хранении изделий, мес			
	1	3	5	7
Влажность сухарей, %:				
детские	8,9	8,5	8,4	8,3
«Янтарные»	9,2	9,1	9,0	8,8
Содержание связанной воды, г/г СВ, в изделиях:				
детские	1,39	1,34	1,31	1,29
«Янтарные»	1,41	1,40	1,37	1,34
Коэффициент набухаемости сухарей, усл. ед.:				
детские	6,1	5,7	5,1	4,7
«Янтарные»	7,8	6,9	6,3	5,8

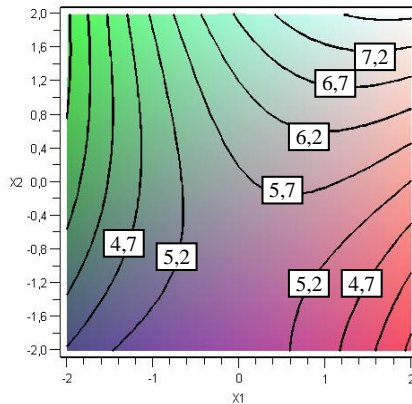


Рисунок 4 - Двумерные сечения поверхности отклика (числа на кривых – значения коэффициента набухаемости сухарей)

Биотический потенциал инфузорий, культивируемых на исследуемых субстратах при разных концентрациях белка, в опытных пробах на протяжении всего жизненного цикла был выше на 9-28 %, чем в контрольных (рисунок 5). Стандартизованная относительная биологическая ценность сухарей «Янтарные» увеличилась на 13 % по сравнению с традиционными изделиями и составила 60 % по отношению к идеальному белку – альбумину.

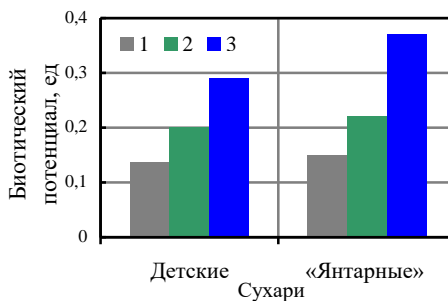


Рисунок 5 - Биотический потенциал особей *P. caudatum*, культивировавшихся в средах с различным содержанием белка, мг/см³: 1 – 1, 2 – 2, 3 – 4

Выявлено, что антиоксидантная активность сухарей «Янтарные» составила 2,0 мг/100 г, что более чем в 2 раза превышала контроль за счет внесения кверцетина, α - и β - каротина, полифенолов, фенольных кислот с нетрадиционным сырьем.

Гликемический индекс разработанного изделия (79,4) по сравнению с контрольным образцом снизился на 5 % из-за уменьшения содержания усвояемых углеводов и повышения доли пищевых волокон.

Расчёт пищевой ценности выявил, что в сухарях «Янтарные» увеличено содержание белка на 14 %, пищевых волокон – на 55 %, снижена доля усвояемых углеводов на 8 %, улучшен витаминно-минеральный состав по сравнению с контролем. Биологическая ценность белка увеличена на 5 %, энергетическая ценность снижена на 50 кДж (12 ккал).

Потребление 100 г сладких сухарей «Янтарные» в среднем обеспечит степень удовлетворения суточной физиологической потребности, рекомендуемой в рационе питания взрослых и детей старшего школьного возраста: в белке – на 15 %, жирах – на 5 %, углеводах – на 19 %, пищевых волокнах – на 16 %, калии – на 8 %,

магнии – на 13 %, железе – на 17 %, фосфоре – на 5 %, витаминах В₁ – на 15 %, В₂ – на 7 %, В₃ – на 12 %.

Таким образом, полученные результаты исследований дают возможность сделать вывод об эффективности применения нетрадиционных видов физиологически активных, ценных и безопасных для здоровья видов сырья в производстве хлебобулочных изделий для питания различных групп населения с целью профилактики алиментарно-зависимых заболеваний, таких как сердечная и почечная недостаточность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведён патентно-информационный поиск, изучен химический состав, функциональные свойства и обоснована целесообразность применения соли «Валетек», куркумы, жидкого виноградного сахара, масла зародышей пшеницы, муки из семян маша, морковного и тыквенного пюре в производстве хлебобулочных изделий для профилактического питания.

2. Выявлен характер изменения реологических свойств теста из пшеничной муки первого сорта с различной дозировкой и иным ионным составом соли пищевой. Рекомендовано применение соли «Валетек» с пониженным на 30 % содержанием натрия и дополнительно обогащённой калием, магнием и йодом в дозировке на 15 % меньше, чем в традиционных сортах хлеба.

3. Определены методами математической статистики и дифференциального исчисления оптимальные дозировки нетрадиционных видов сырья для хлеба из пшеничной муки первого сорта: куркума – 2,75 %, ЖВС – 2,5 %, мука из семян маша – 10 %, морковное пюре – 15 %, масло зародышей пшеницы – 1,7 %; для сдобных сухарей: тыквенное пюре – 25,0 %, ЖВС – 15,5 %, мука из семян маша – 10,0 %, масло зародышей пшеницы – 1,7 %, позволяющие получать изделия с высокими показателями качества.

4. Доказано положительное влияние обогатителей на показатели качества хлебобулочных изделий в процессе хранения: увеличивается срок сохранения свежести хлеба и его микробиологическая стойкость на 24 ч, сухарей на 4 мес., улучшается усвояемость готовых изделий, уменьшается содержание натрия на

38 %, повышается антиоксидантная активность в среднем в 2 раза, увеличивается содержание ароматобразующих веществ на 23 %, снижается гликемический индекс на 5-16 %.

5. Установлено, что потребление 100 г разработанных хлебобулочных изделий обеспечит степень удовлетворения суточной нормы потребления в белке на 9-15 %, жире – 2-8 %, углеводах – 11-19 %, пищевых волокнах – 9-16 %, витаминах – 3-30 %, минеральных веществах – 3-17 %, энергетической ценности – 9-14 %

6. Разработаны и утверждены пакеты технической документации на сырье и хлебобулочные изделия (5 комплектов). Рецептуры и технологии апробированы в производственных условиях. Экономический эффект от реализации 1 т новых хлебобулочных изделий при рентабельности продукции 15 % составит от 26,1 до 86,6 тыс. р. (в зависимости от вида рецептурных компонентов).

Основные публикации по диссертационной работе

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Пономарева, Е. И. Оптимизация дозировок нетрадиционных видов сырья в рецептуре хлеба профилактической направленности / Е. И. Пономарева, С. И. Лукина, А. А. Журавлев, С. М. Павловская // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2021. – № 4 (382). – С. 55-59. (0,31 п.л.; лично соискателем – 0,08 п.л.).

2. Лукина, С. И. Разработка рецептурного состава обогащённых сдобных сухарей с нетрадиционными видами сырья / С. И. Лукина, Е. И. Пономарева, С. М. Павловская, Х. Ю. Боташева // Хлебопродукты. – 2021. – № 4. – С. 48-50. (0,38 п.л.; лично соискателем – 0,1 п.л.).

Статья в базе Scopus

3. Ponomareva, E. I. Modelling of the bread recipe composition to improve effectiveness of the production process / E. I. Ponomareva, S. I. Lukina, N. N. Alehina, T. N. Malyutina, S. M. Pavlovskaya // III International Conference «Energy Efficiency and Energy Saving in Technical Systems» (EEESTS-2021). – № 279. – 03026. (0,88 п.л.; лично соискателем – 0,18 п.л.).

Статьи и материалы конференций

4. Павловская, С. М. Перспективное нетрадиционное сырье в технологии хлебобулочных изделий / С. М. Павловская, С. И. Лукина // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений: материалы VI Международной научно-технической конференции. – Воронеж: ВГУИТ, 2017. – С. 198-203. (0,4 п.л.; лично соискателем – 0,2 п.л.).

5. Павловская, С. М. Применение куркумы в технологии хлебобулочных изделий / С. М. Павловская, С. И. Лукина, Е. И. Пономарева // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений: материалы VII Международной научно-технической конференции, посвящённой 90-летию со дня рождения засл. деятеля науки РФ, проф. Зубченко А.В. – Воронеж : ВГУИТ, 2018. – С. 120-123. (0,25 п.л.; лично соискателем – 0,08 п.л.).

6. Алексеев, А. Е. Применение комплекса ингредиентов в технологии хлебобулочных изделий / А. Е. Алексеев, А. Т. Васюкова, С. М. Павловская, С. И. Лукина, Е.И. Пономарева // Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство: материалы VI Международной научно-технической конференции. – Воронеж: ВГУИТ, 2019. – С. 366-370. (0,33 п.л.; лично соискателем – 0,07 п.л.).

7. Алексеев, А. Е. Применение нетрадиционного перспективного сырья в технологии хлеба / А. Е. Алексеев, С. И. Лукина, С. М. Павловская // Пищевые технологии будущего: инновационные идеи, научный поиск, креативные решения: Материалы научно-практической молодежной конференции, посвящённой памяти Р.Д. Поландовой. – М.: Издательский комплекс «Буки Веди», 2019. – С. 68-71. (0,25 п.л.; лично соискателем – 0,08 п.л.).

8. Лукина, С. И. Новые нетрадиционные ингредиенты в производстве хлеба из пшеничной муки / С. И. Лукина, Е. И. Пономарева, С. М. Павловская, А. Е. Алексеев // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2019. – № S9. – С. 146-153. (0,5 п.л.; лично соискателем – 0,015 п.л.).

9. Павловская, С. М. Актуальность применения нового нетрадиционного сырья в технологии пшеничного хлеба / С. М. Павловская, С. И. Лукина, Е. И. Пономарева // Инженерные тех-

нологии в сельском и лесном хозяйстве: материалы Всероссийской национальной научно-практической конференции. – Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2020. – С. 221-224. (0,25 п.л.; лично соискателем – 0,08 п.л.).

10. Лукина, С. И. Обоснование применения муки из семян маша в технологии пшеничного хлеба / С. И. Лукина, Е. И. Пономарева, С. М. Павловская, В. Ю. Кустов // Пищевые технологии будущего: инновационные идеи, научный поиск, креативные решения: материалы научно-практической молодежной конференции, посвящённой памяти Р.Д. Поландовой. – М.: Издательский комплекс «Буки Веди», 2020. – С. 258-262. (0,33 п.л.; лично соискателем – 0,08 п.л.).

11. Лукина, С. И. Исследование гликемического индекса обогащённых видов хлебобулочных изделий / С.И. Лукина, Е. И. Пономарева, С. М. Павловская // Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство: материалы VII Международной научно-технической конференции. – Воронеж: ВГУИТ, 2020. – С. 45-48. (0,25 п.л.; лично соискателем - 0,1 п.л.).

12. Лукина, С. И. Перспективы применения нового нетрадиционного сырья в технологии пшеничного хлеба / С. И. Лукина, Е. И. Пономарева, С.М. Павловская // Юность и Знания – Гарантия Успеха – 2020: сборник научных трудов 7-й Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах. Т. 3. – Курск: Юго-Запад. гос. ун-т, 2020. – С. 67-69. (0,2 п.л.; лично соискателем – 0,08 п.л.).

13. Пономарева, Е. И. Оценка гликемического индекса пшеничного хлеба с нетрадиционными видами сырья / Е. И. Пономарева, С. И. Лукина С. М. Павловская // Вопросы индустриализации аграрного сектора: материалы Международной научно-практической конференции. – Душанбе, 2021. – С. 28-31. (0,25 п.л.; лично соискателем – 0,1 п.л.).

14. Лукина, С. И. Биотестирование образцов хлебобулочных изделий с применением нетрадиционного сырья / С. И. Лукина, Е. И. Пономарева, А. В. Гребенщиков, С. М. Павловская // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений: материалы IX Международной научно-технической конференции. – Воронеж: ВГУИТ, 2021. – С. 389-394. (0,4 п.л.; лично соискателем – 0,1 п.л.).

Изобретения

15. Патент № 2729015 С1 РФ, МПК51 А21D 2/36. Способ производства булочных изделий / Пономарева Е. И., Алехина Н. Н., Лукина С. И., Титов С. А., Губарева Ю. П., Терещенко Д. А., Павловская С.М.; заявитель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»; № 2019136509; заявл. 14.11.2019; опубл. 03.08.2020.

16. Патент № 2754875 С1 РФ, МПК51 А21D 13/80 А21D 2/36. Способ производства сухарных изделий повышенной пищевой ценности / Лукина С. И., Пономарева Е. И., Павловская С. М.; заявитель : ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»; № 2020143951; заявл. 30.12.2020; опубл. : 08.09.2021.

Подписано в печать . . . 2022.
Усл. печ. л. 1.0. Формат 60×84 1/16.
Тираж 100 экз. Заказ

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»
(ФГБОУ ВО «ВГУИТ»)
Отдел полиграфии ФГБОУ ВО «ВГУИТ»
Адрес университета и отдела полиграфии
394036, Воронеж, пр. Революции, 19