

На правах рукописи



**КРИВОШЕЕВ Андрей Юрьевич**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И НОВОГО  
АССОРТИМЕНТА АХЛОРИДНЫХ  
ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЕРМЕНТНЫХ  
КОМПОЗИЦИЙ НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ**

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  
2018**

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: Румянцева Валентина Владимировна**  
.....доктор технических наук, доцент  
.....(ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева»  
.....**Иванов Михаил Геннадьевич**  
.....кандидат технических наук, технический  
.....директор (ООО «Грейн Ингредиент», г. Москва)

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

Защита состоится «21» декабря 2018 года в 13 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](http://vak2.ed.gov.ru) и на официальном сайте ФГБОУ ВО ВГУИТ [www.vsu.ru](http://www.vsu.ru) «19» октября 2018 года.

Автореферат разослан «12» ноября 2018 года

Ученый секретарь совета  
по защите диссертаций на соискание ученой  
степени кандидата наук, на соискание  
ученой степени доктора наук



Е.В. Белокурова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** В настоящее время согласно правительственным документам в области здорового питания необходимо расширять ассортимент пищевых продуктов для профилактического и лечебного питания, способствующих увеличению продолжительности и повышению качества жизни населения.

Значительный вклад в развитие теории и практики производства хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности внесли Н.М. Дерканосова, И.М. Жаркова, С.Я. Корячкина, Л.В. Лабутина, Г.О. Магомедов, Л.П. Пашенко, Е.И. Пономарева, А.С. Романов, Ю.Ф. Росляков, Т.В. Санина, Т.Н. Тертычная, Т.Б. Цыганова, В.Я. Черных и др.

В связи с возросшим вниманием человека к своему здоровью особый интерес представляют ахлоридные хлебобулочные изделия, предназначенные для людей, страдающих сердечной и почечной недостаточностью. Выбор такой продукции в настоящее время ограничен, тогда как сердечно-сосудистые заболевания лидируют по числу смертности в мире.

Однако при производстве изделий, в рецептуре которых исключается соль поваренная пищевая и вводится нетрадиционное сырье, возникает проблема с обеспечением необходимых свойств теста, обуславливающих высокие показатели качества хлеба. Одним из путей ее решения является применение ферментных препаратов направленного действия, что согласуется с приоритетными направлениями Комплексной программы развития биотехнологий в РФ.

Таким образом, производство продукции лечебной и профилактической направленности должно проводиться на основе углубленных знаний физико-химических, коллоидных и биохимических процессов на каждой производственной стадии. Разработка технологий и нового ассортимента хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности для ахлоридного питания путем корректировки свойств теста и хлеба за счет применения нетрадиционного сырья, характеризующегося наличием биологически ценных нутриентов, а также ферментных препаратов, позволяющих формировать определенные заданные свойства, – **актуальная задача** для отечественной хлебопекарной промышленности.

Диссертационное исследование проводилось в рамках госбюджетной НИР кафедры ТХКМЗП ВГУИТ «Разработка энерго-, ресурсосберегающих и экологически чистых технологий переработки сельхозсырья в конкурентоспособные хлебобулочные, кондитерские, макаронные, зерновые и крупяные продукты на основе медико-биологических воззрений» (№ Г.Р. 01201253868, на 2011-2016 гг.); а также при финансовой поддержке прикладных научных исследований Минобрнауки России в рамках реализации федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» по соглашению о предоставлении субсидии № 14.577.21.0256 от 26 сентября 2017 г. (уникальный идентификатор ПНИЭР RFMEFI57717X0256).

**Цель исследований:** научное обоснование и разработка технологии и рецептур хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности, предназначенных для ахлоридного питания, на основе коррекции их свойств за счет применения ферментных композиций и нетрадиционного сырья.

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

- исследовать химический состав нетрадиционного сырья и обосновать его применение с позиции пищевой ценности в производстве ахлоридных хлебобулочных изделий; провести патентно-информационный поиск;

- выбрать рациональный состав ферментных композиций, охарактеризовать механизм их действия на формирование структуры теста, показатели качества хлеба и хлебных палочек, не содержащих в рецептуре соль поваренную пищевую;

- установить оптимальные дозировки нетрадиционных видов сырья для ахлоридных хлебобулочных изделий методами математического и статистического моделирования;

- оценить влияние обогатителей и ферментных композиций на органолептические, физико-химические показатели теста и изделий, их микроструктуру, содержание ароматобразующих веществ, микробиологическую стойкость, антиоксидантную активность, гликемический индекс, перевариваемость и усвояемость;

- исследовать химический состав разработанных хлебобулочных изделий, в том числе определить содержание аминокислот, витаминов и минеральных веществ, обуславливающих их

пищевую ценность, рассчитать степень удовлетворения суточной потребности организма в пищевых нутриентах и энергии;

- разработать техническую документацию на сырье, новые виды хлебобулочных изделий, провести апробацию технологий в производственных условиях, рассчитать экономическую эффективность предлагаемых технических решений.

**Научная новизна работы.** Дано научно-практическое обоснование применения нетрадиционных видов сырья в оптимальных дозировках (мука из цельнозернового зерна пшеницы, мука из отрубей гречишных, мука из семян льна, сывороточный напиток «Актуаль», масло из виноградных косточек), обеспечивающих повышение функциональных свойств ахлоридных хлебобулочных изделий: увеличение содержания отдельных пищевых нутриентов на 15 - 39 % от суточной потребности, антиоксидантной активности в 5,3 раза, снижение гликемического индекса на 22 %.

Научно и экспериментально доказана целесообразность применения ферментных композиций, состоящих из  $\alpha$ -амилазы грибного происхождения *Aspergillusoryzae*, эндо-ксиланазы микробного происхождения *Bacillusstrain*, мальтогенной  $\alpha$ -амилазы микробного происхождения *Bacillusstrain*, в производстве ахлоридных хлебобулочных изделий за счет укрепления клейковинных белков в тесте, интенсификации гидролиза крахмала, что способствует улучшению органолептических и физико-химических показателей продукции, увеличению ароматобразующих веществ на 23,4 % и срока сохранения свежести хлеба на 48 ч.

Доказано путем доклинических испытаний, что ахлоридные хлебобулочные изделия, содержащие нетрадиционные виды сырья и ферментные композиции, обладают комплексом полезных свойств, высокой биодоступностью и эффективностью.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Охарактеризован механизм влияния ферментных композиций на структурные компоненты муки и теста, процессы при приготовлении и хранении хлеба, хлебных палочек.

Разработана ресурсосберегающая технология хлебобулочных изделий из пшеничной муки с внесением нетрадиционных видов сырья, реализация которой позволит повысить эффективность технологического процесса, обеспечить увеличение пище-

вой ценности хлеба и хлебных палочек, рационально использовать сырьевую базу АПК.

Разработаны и утверждены комплекты технической документации на муку из семян льна, 5 видов ахлоридных хлебобулочных изделий. Предлагаемые технологические решения успешно прошли апробацию в условиях промышленных предприятий: АО «Хлебозавод № 7» (г. Воронеж); ОАО «Серпуховхлеб» (г. Серпухов); ООО «Рузский хлеб» (г. Руза) (акты производственных испытаний). Производство ахлоридного хлеба «Успех» внедрено на ООО «Домодедовский хлебозавод», г. Домодедово (акт внедрения). Экономический эффект от реализации хлеба «Успех» с ферментной композицией составляет 1,02 тыс. р. на 1 т.

**Научные положения, выносимые на защиту.** Совокупность экспериментальных данных по характеристике химического состава нетрадиционных видов сырья как перспективных ингредиентов для создания новых ахлоридных хлебобулочных изделий профилактической направленности и повышенной пищевой ценности.

Технологические решения по определению рационального состава и применению ферментных композиций для улучшения качества хлеба и хлебных палочек, исключая из рецептуры соль поваренную пищевую.

Результаты оценки физико-химических, структурно-механических свойств, микроструктуры, ароматобразующих веществ, микробиологических показателей, антиоксидантной активности, гликемического индекса, доклинических испытаний хлебобулочных изделий, доказывающие эффективность применения нетрадиционных видов сырья с функциональными свойствами и ферментных композиций.

**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.** Основные положения диссертационной работы были доложены и обсуждены: на российских, международных научно-технических конференциях: «Новые технологии в промышленности, науке и образо-

вании» (Оренбург, 2017); «Инновационные решения при производстве продуктов питания из растительного сырья» (Воронеж, 2017); «Наука сегодня: проблемы и перспективы развития» (Вологда, 2017); «Приоритеты и научное обеспечение реализации государственной политики здорового питания в России» (Орел, 2017); «Хлебопекарное производство в России-2017» (Москва, 2017); «Трансляционная медицина» (Орел, 2017); «Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений» (Воронеж, 2017, 2018); «Техника и технологии продуктов питания: Наука. Образование. Достижения. Инновации» (Улан-Удэ, 2018); «Science, Technology and Life – 2017: Proceedings of articles the Czech Republic» (Karlovy Vary, Czech Republic - MCNIP LLC, Kirov, Russian Federation, 2018).

Разработки экспонировались на Международной специализированной выставке хлебопекарного и кондитерского рынка (Москва, 2018); чемпионате «Молодые профессионалы (Ворлд-скиллс Россия) – 2018» (Воронеж, 2018).

**Публикации.** По результатам исследований опубликовано 16 научных работ, в том числе 4 статьи в реферируемых журналах ВАК Минобрнауки РФ, 1 статья в базе Scopus, 11 статей в изданиях РИНЦ, получен приоритет по заявке № 2018111286 на патент РФ.

Результаты работы внедрены в учебном процессе подготовки бакалавров и магистров по направлениям 19.03.02, 19.04.02 «Продукты питания из растительного сырья».

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных выводов и результатов, списка литературы и информационных интернет-источников из 200 наименований, в том числе 30 на иностранных языках, приложений и представлена на 217 страницах машинописного текста, в 57 таблицах и 42 рисунках.

**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, ферментных препаратов в производстве ахлоридных хлебулочных изделий, оценке их показателей качества. Автором разработана техническая документация на новые виды продукции, проведены апробация и внедрение их в производство.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

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

### **Глава 1. Анализ современного состояния проблемы**

Проведен патентно-информационный поиск и обобщены сведения о современных принципах создания продуктов для ахлоридного питания, рекомендациях по употреблению с учетом заболеваемости. Проанализированы современный ассортимент и технологии хлебобулочных изделий без добавления соли. Освещены вопросы по повышению пищевой ценности хлебобулочных изделий за счет применения нетрадиционного сырья и анализу адекватности его химического состава. Систематизированы данные по корректировке качества хлебобулочных изделий на основе ферментных препаратов. Рассмотрены современные пути увеличения срока сохранения свежести хлебобулочных изделий. На основе проведенного анализа сформулированы цель и задачи диссертационного исследования.

### **Глава 2. Организация работы. Объекты и методы исследований**

Исследования проводили согласно структурно-логической схеме (рис. 1). Объектами исследований были: мука пшеничная хлебопекарная первого сорта (ГОСТ Р 52189-2003), мука из цельнозернового зерна пшеницы (ТУ 9293-001-312366828200094-2013), мука из отрубей гречишных (ТУ 9293-293-02068108-2014), мука из семян льна (ТУ 9290-434-02068106-2017), дрожжи хлебопекарные прессованные (ГОСТ Р 54731-2011), соль поваренная пищевая (ГОСТ Р 51574-2000), сахар белый свекловичный кристаллический (ГОСТ 33222-2015), патока крахмальная высокоосахаренная (ГОСТ 33917-2016), маргарин марки МТ (ГОСТ 32188-2013), масло подсолнечное (ГОСТ 1129-2013), масло из виноградных косточек (ТУ-9141-0015811041-2003), вода питьевая (СанПиН 2.1.4.1074-01), сывороточный напиток «Актуаль» (ТУ 9226-061-13605199-2011), ферментные композиции с разным составом происхождением, активностью и соотношением дозировок ферментов (ООО «Ангел Ист Рус»): **А**–  $\alpha$ -амилаза (грибного происхождения *Aspergillusoryzae*), **Э**– эндо-ксиланаза (микробного происхождения *Bacillusstrain*); **Б** –  $\alpha$ -амилаза (грибного происхождения *Aspergillusoryzae*), **Э**– эндо-ксиланаза (микробного происхо-

ждения *Bacillusstrain*), мальтогенная  $\alpha$ -амилаза (микробного происхождения *Bacillusstrain*); **B** –  $\alpha$ -амилаза (грибного происхождения *Aspergillusoryzae*), эндо-ксилаза (микробного происхождения *Bacillusstrain*), мальтогенная  $\alpha$ -амилаза (микробного происхождения *Bacillusstrain*), фосфолипаза (микробного происхождения *Aspergillusstrain*).

Экспериментальные исследования (рис. 1) проводились на кафедрах «Технология хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств» (ТХКМЗП), «Биохимия и биотехнология», в условиях ООО «Сенсорика-Новые Технологии», аналитического центра стратегического развития научных исследований ВГУИТ, АНО «НТЦ «Комбикорм» (г. Воронеж), НИЛ «Электрофизические методы измерений» Воронежского государственного университета, МНИЦ инновационных технологий хлебопечения на базе АО «Хлебозавод № 7» (г. Воронеж).

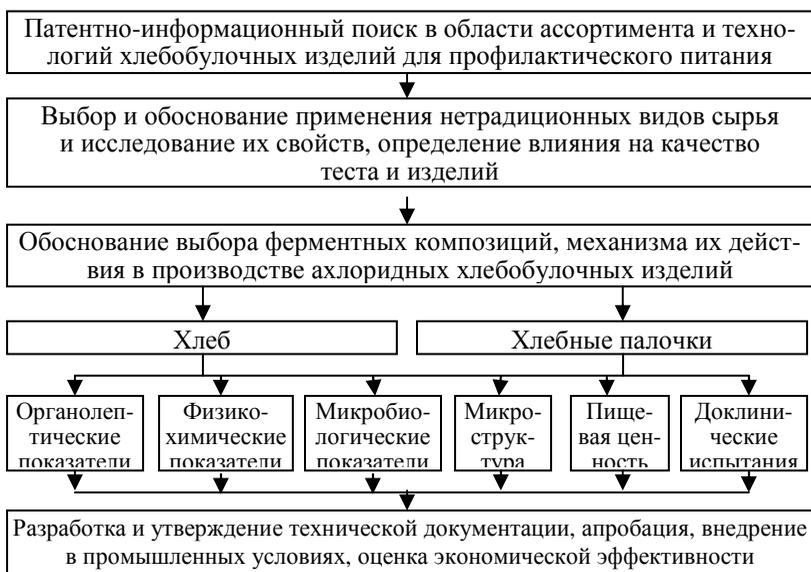


Рис. 1 – Схема экспериментальных исследований

В работе применяли органолептические, химические, микробиологические, физико-химические, биохимические методы анализа сырья, полуфабрикатов и изделий. Анализ химического

состава сырья и готовых изделий осуществляли по следующим методикам: аминокислотный состав белка – методом ионообменной хроматографии на автоматическом аминокислотном анализаторе ААА Т-339 («МИКРОТЕХНА», Чехия), количество триптофана – по методу Лоренцо-Андрю и Франдзена. Содержание белка определяли по ГОСТ 10846-91, водорастворимых углеводов – по ГОСТ Р 51636-2000, жира – по ГОСТ 32905-2014, пищевых волокон – по ГОСТ 31675-2012. Минеральный состав (калий, кальций, магний, фосфор, железо, цинк, селен) исследовали по ГОСТ 32343-2013, 26657-97, 55449-2013, витаминный состав (тиамин, рибофлавин, пантотеновая кислота, пиридоксин, никотиновая кислота, токоферол) – по ГОСТ 29138-91, 29139-91, 31483-2012, 53494-2009, 29140-91, 54634-2011. Биологическую ценность белков определяли путем расчета аминокислотного сгора, основанном на сравнении аминокислотного состава изучаемого белка со справочной шкалой аминокислот идеального белка, установленной ФАО/ВОЗ.

Реологические свойства полуфабрикатов исследовали на приборе «Реотест-2», состояние углеводно-амилазного комплекса – на приборе «ПЧП-3».

В готовых изделиях определяли органолептические и физико-химические показатели. Для анализа результатов использовали профильный метод и балловую оценку качества готовых изделий. Структурно-механические свойства мякиша хлеба изучали на автоматизированном пенетрометре АП-4/2, твердость его мякиша – на анализаторе текстуры ТА1, прочность хлебных палочек – на приборе Строганова. На анализаторе запахов «МАГ-8» с методологией «Электронный нос» в изделиях получали «визуальные образы» ароматобразующих веществ, суммарное содержание антиоксидантов – на анализаторе «ЦветЯуза-01-АА». Элементный состав (углерод и водород) хлебных палочек изучали с помощью растрового электронного микроскопа JSM-6380LV, оснащенного системой рентгеновского энергодисперсионного анализа INCAx-sight (Jeol, Япония). Микроструктуру хлебных палочек исследовали в режиме электронной эмиссии на электронном микроскопе JSM – 6380 LV (Япония). Гликемический индекс изделий определяли с помощью прибора «Акку-Чек Гоу», микробиологические показатели – прямым подсчетом колоний с применением дифференциально-диагностических сред. Перевари-

мость и усвояемость хлебобулочных изделий определяли методом *in vivo* на половозрелых крысах и мышах, по методике «открытого поля» исследовали двигательный компонент ориентировочной реакции и эмоциональной реактивности животных после употребления хлебных палочек.

Пищевую и энергетическую ценность изделий, степень покрытия суточной потребности в нутриентах рассчитывали по программе «КОМПЛЕКС», разработанной на кафедре ТХКМЗП ВГУИТ, в основе которой заложена методика, утвержденная Институтом питания РАМН (ныне ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»).

Планирование и реализацию активного полнофакторного эксперимента осуществляли путем составления матрицы центрального композиционного ротатбельного униформ-планирования. Экспериментальные исследования проводили в трехкратной повторности, полученные данные обрабатывали общепринятыми методами математической статистики с использованием стандартного пакета прикладных программ MAPLE 8, MSExcel. Ошибка опыта не превышала 5 %. Техничко-экономические показатели рассчитывали по методикам определения экономической эффективности в хлебопекарной отрасли.

### **Глава 3 Совершенствование технологии и разработка новых рецептур ахлоридного хлеба**

Для улучшения вкуса и аромата ахлоридного хлеба, повышения его пищевой ценности, придания функциональных свойств в работе предлагается использовать сырье с богатым химическим составом – муку из цельносмолотого зерна пшеницы, муку из отрубей гречишных, сывороточный напиток «Актуаль».

Контрольным образцом был выбран хлеб ахлоридный, вырабатываемый из муки пшеничной хлебопекарной первого сорта без внесения соли поваренной пищевой. В опытных образцах производили замену 50 % муки пшеничной на муку из цельносмолотого зерна пшеницы с дополнительным внесением сывороточного напитка «Актуаль» и муки из отрубей гречишных. Исследовали изменение органолептических, реологических, физико-химических свойств теста и хлеба. Выявлено, что при внесении 5 % муки из отрубей гречишных свойства теста улучшались, наблюдался максимальный удельный объем хлеба.

Выявлено, что рациональным способом приготовления хлеба ахлоридного из смеси муки пшеничной хлебопекарной первого сорта и цельносмолотого зерна пшеницы с применением муки из гречишных отрубей и сывороточного напитка является опарный способ с внесением нетрадиционного сырья в опару, обеспечивающий высокое качество изделий.

Методом математического планирования эксперимента получено уравнение регрессии, адекватно описывающее зависимость удельного объема хлеба ( $y$ ) от дозировки муки из отрубей гречишных ( $x_1$ ) и сывороточного напитка «Актуаль» ( $x_2$ ):

$$y(X_1, X_2) = 221,2 + 0,38X_1 + 2,87X_2 - 0,5X_1X_2 - 4,3X_1^2 - 1,04X_2^2, \quad (1)$$
 где  $X_i$  – кодированные значения факторов.

В результате оптимизации методом неопределенных множителей Лагранжа получены рациональные значения:  $x_1 = 4,87 \%$ ,  $x_2 = 24,86 \%$  и разработан пакет технической документации на ахлоридный хлеб «Симфония» (ТУ, ТИ, РЦ 9290-437-02068108-2017).

Однако отсутствие соли поваренной пищевой в рецептуре хлеба снижает его качество. Поэтому следующим этапом работы был выбор рационального состава ферментных композиций с точки зрения их влияния на свойства хлебобулочных изделий и возможности компенсирования отсутствия соли поваренной пищевой в рецептуре ахлоридного хлеба повышенной пищевой ценности для улучшения его качества и увеличения срока хранения.

Исследовали 5 образцов изделий: № 1 – хлеб из смеси пшеничной муки и муки из цельносмолотого зерна пшеницы с внесением соли поваренной пищевой и нетрадиционного сырья (контроль); № 2 – ахлоридный хлеб из смеси пшеничной муки и муки из цельносмолотого зерна пшеницы с внесением нетрадиционного сырья; № 3 – ахлоридный хлеб, аналогичный № 2, с ферментной композицией А; № 4 – ахлоридный хлеб, аналогичный № 2, с ферментной композицией Б; № 5 – ахлоридный хлеб, аналогичный № 2, с ферментной композицией В.

Выявлено, что в образце № 2 наблюдался менее эластичный мякиш и менее развитая пористость (таблица). Отсутствие соли придает изделиям темно-коричневый цвет корки, пресный вкус и недостаточно развитую пористость. В хлебобулочных изделиях с ферментными композициями установлено улучшение их органи-

лептических свойств, что вызвано действием ферментов на гидрофильные свойства мякиша за счет снижения плотности крахмала при его переходе в кристаллическое состояние из аморфного.

Таблица - Показатели качества изделий

Наименование показателя	Значение показателей образцов хлеба					
	1	2	3	4	5	
Органолептические						
Внешний вид						
Физико-химические						
Влажность мякиша, %	46,0	46,0	46,0	46,0	46,0	
Титруемая кислотность, град	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	
Пористость мякиша, %	72	70	75	79	76	
Удельный объем, см <sup>3</sup> /100 г	280	262	282	295	286	
Структурно-механические						
Деформация, ед.пр.	$\Delta H_{\text{общ.}}$	62	60	61	68	66
	$\Delta H_{\text{пл.}}$	49	49	48	58	54
	$\Delta H_{\text{упр.}}$	13	11	13	10	12
	$\Delta H_{\text{пл}}^{\text{отн}}$	79,0	81,7	78,7	85,3	81,8
	$\Delta H_{\text{упр}}^{\text{отн}}$	21,0	18,3	21,3	14,7	18,2

Применение ферментной композиции Б (образец № 4) обеспечивает наиболее эластичный мякиш и развитую тонкостенную пористость, максимальное значение удельного объема, наилучшие структурно-механические свойства мякиша. Это объясняется увеличенной дозировкой эндо-ксилазы и содержанием мальтогенной  $\alpha$ -амилазы, которая дольше воздействует на крахмал при выпечке, при этом замедляются процессы ретроградации и черствения. При определении свежести исследуемых образцов хлеба по твердости

мякиша путем измерения усилия, прилагаемого системой анализатора текстуры TA1, в течение 120 ч хранения выявлено, что наиболее мягкими были изделия с ферментными композициями, о чем говорят меньшие значения высоты диаграммы в этих образцах (рис. 2). Минимальная величина твердости мякиша после 5 сут хранения, наблюдалась в образце № 4 с ферментной композицией состава Б (651 ед. прибора), максимальная – в образце № 2 (1563 ед. прибора).

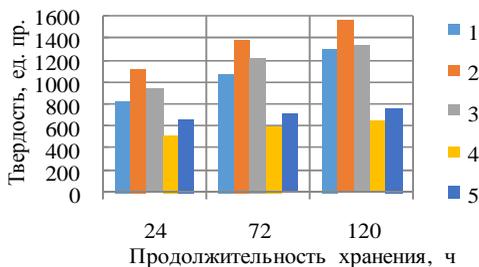


Рис. 2 - Изменение твердости мякиша образцов хлеба в процессе их хранения

В результате была разработана техническая документация на ахлоридный хлеб «Успех» с применением ферментной композиции Б (ТУ, ТИ, РЦ 9290-451-02068108-2017). Выявлено, что применение нетрадиционного сырья и ферментной композиции снижает микробиологическую загрязненность хлеба в 4 раза, увеличивает его антиоксидантную активность в 5,3 раза, повышает общее содержание ароматобразующих веществ на 23,4 %, увеличивает срок сохранения свежести на 40-48 ч по сравнению с контролем.

Дана оценка экологической безопасности и отсутствия токсичности хлеба «Успех». Установлено, что потребление 100 г изделия обеспечит степень удовлетворения суточной потребности организма человека в белке на 11 %, жире – на 2 %, углеводах – на 10 %, пищевых волокнах – на 20 %, минеральных веществах – на 5-22 %, витаминах – на 6-17 %.

#### **Глава 4. Разработка технологии и нового ассортимента хлебных палочек для ахлоридного питания**

В последнее время все большую популярность приобретают хлебобулочные изделия пониженной влажности, в частности хлебные палочки. Однако в известном ассортименте отсутствуют данные изделия повышенной пищевой ценности для ахлоридного питания. С этой целью в рецептуру хлебных палочек вносили сырье с высоким содержанием белка, пищевых волокон, минераль-

ных веществ, витаминов, полиненасыщенных жирных кислот – муку из семян льна и масло из виноградных косточек в дозировке 10-20 % и 3-7 % соответственно. В качестве контроля была выбрана рецептура хлебных палочек «Гриссини» из муки пшеничной первого сорта (<https://studfiles.net/preview/3549045/page:5>).

Исключение соли в рецептуре хлебных палочек ухудшало их органолептические показатели, снижало их прочность и значение коэффициента набухаемости. Для нивелирования снижения качества хлебобулочных изделий применяли ферментные композиции. Анализировали 5 образцов хлебных палочек: № 1 – с солью поваренной пищевой в рецептуре; № 2 – без внесения соли; № 3, № 4, № 5 – без соли, с ферментными композициями А, Б, В соответственно. Установлено, что наибольшее значение газодерживающей способности теста ( $120 \text{ см}^3$ ) было отмечено в образце № 3, а минимальное ( $90 \text{ см}^3$ ) – в образце № 5 (рис. 3).



Рис. 3 – Изменение газодерживающей способности теста в образцах хлебных палочек 1-5

гидратационной способности клейковины на 20 % по сравнению с образцом № 1. Кроме того, наличие ферментной композиции А способствовало увеличению

Выявлено, что в конце процесса брожения в тесте образца № 2 количество сырой клейковины было на 4 % больше, в образце № 3 – на 5 % больше по сравнению с образцом № 1. Кроме того, наличие ферментной композиции А способствовало увеличению

Установлено, что наибольший коэффициент набухаемости был в хлебных палочках с солью – 1,55 усл. ед. Отсутствие соли значение исследуемого параметра снижало на 0,21 усл. ед. Однако включение ферментной композиции А увеличивало значение коэффициента набухаемости в изделиях (образец № 3) – 1,50 усл. ед. и прочности – 870 Н. Путем математического моделирования получили уравнения регрессии, адекватно описывающие зависимости коэффициента набухаемости ( $y_1$ ) и прочности ( $y_2$ ) хлебных

палочек от дозировок льняной муки ( $X_1$ ) и масла из виноградных косточек ( $X_2$ ).

Анализ двумерных сечений поверхностей отклика позволил предварительно определить области факторного пространства, в которых достигались оптимальные (максимальные) значения выходных параметров  $y_1$  и  $y_2$  (рис. 4). Методом неопределенных множителей Лагранжа определены рациональные значения дозировок льняной муки  $x_1 = 14,22\%$  и масла из виноградных косточек  $x_2 = 7,8\%$ , обеспечивающие получение хлебных палочек с наилучшим сочетанием значений коэффициента набухаемости и прочности изделия.

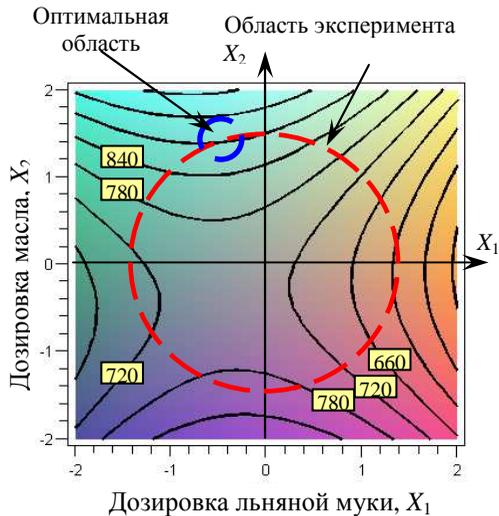


Рис. 4 - Двумерные сечения поверхности отклика  $y_2$  (числа на кривых – значения прочности изделий, Н)

В результате разработаны пакеты технической документации на хлебные палочки «Идея» из муки пшеничной первого сорта с нетрадиционным сырьем (ТУ, ТИ, РЦ 9117-443-02068106-2017) и ахлоридные «Мечта» из муки пшеничной первого сорта с нетрадиционными видами сырья, «Фантазия» из муки пшеничной первого сорта с нетрадиционными видами сырья и ферментной композицией А (ТУ, ТИ, РЦ 9117-444-02068106-2018).

Результаты рентгеновского энергодисперсионного анализа выявили, что в хлебных палочках «Гриссини» по сравнению с опытными образцами содержится меньшее количество углерода (56,74 масс. %) и большее количество кислорода (41,72 масс. %), так как присутствие соли поваренной пищевой угнетает деятельность дрожжей, тормозит процесс выделения диоксида углерода и этилового спирта. Однако благодаря присутствию соли, в таком

тесте формируется устойчивая губчатая структура клейковинного каркаса, обеспечивающего достаточную разрыхленность изделий.

В хлебных палочках «Мечта» содержание углерода было наибольшим (58,68 масс. %), а кислорода наименьшим (40,84 масс. %) по сравнению с «Гриссини» и «Фантазия». При этом газообразование протекало более интенсивно, но отсутствие соли способствовало образованию слишком растяжимой и малоэластичной клейковины, поэтому хлебные палочки были менее разрыхленными с относительно равномерной структурой. Использование ферментной композиции и нетрадиционного сырья (изделия «Фантазия») укрепляло клейковинный каркас теста без соли, улучшало его газодерживающую способность, увеличивало образование диоксида углерода, значение коэффициента набухаемости на 0,07 усл. ед. и прочности на 30 Н, обеспечивало наиболее полный гидролиз крахмала по сравнению с контролем (рис. 5).

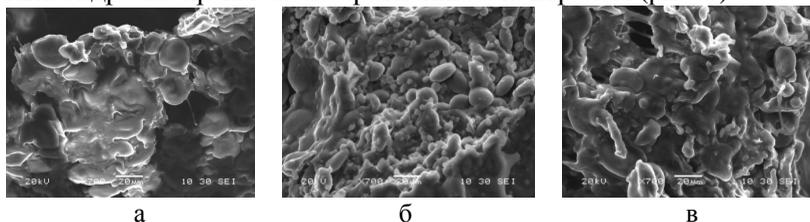


Рис. 5 – Микроструктура образцов хлебных палочек (1 × 700): а – № 1 («Гриссини»); б – № 2 («Мечта»); в – № 3 («Фантазия»)

При определении суммарной антиоксидантной активности изучаемых видов изделий выявлено, что в образцах «Мечта» и «Фантазия» наблюдалось увеличение исследуемого показателя в среднем в 4 раза, установлено уменьшение значения гликемического индекса на 22 %, усиление интенсивности аромата на 40 % по сравнению с контролем.

Определение перевариваемости и усвояемости хлебных палочек методом *in vivo*, сравнение динамики увеличения веса белых инбредных мышей линии BALB/c в контрольной и в экспериментальных группах, клинико-биохимические характеристики плазмы крови животных, результаты эксперимента «открытого поля» позволили сделать вывод о значительной эффективности

рациона с содержанием ахлоридных хлебных палочек «Фантазия», а также о его высокой биодоступности.

Расчет показателей пищевой ценности изделий выявил, что в 100 г хлебных палочек «Фантазия» содержится больше белков на 3,5 г, жиров на 1,3 г, пищевых волокон на 3,7 г, макроэлементов на 33-84 мг, микроэлементов на 0,1-0,4 мг, витаминов на 0,03-0,92 мг, чем в изделиях «Гриссини», при этом снижается содержание углеводов на 8,8 г. Установлено, что потребление 100 г хлебных палочек с внесением муки из семян льна и масла из виноградных косточек обеспечит степень удовлетворения суточной нормы потребления белка на 19 %, жира – на 8 %, углеводов – на 14 %, пищевых волокон – на 28 %, минеральных веществ – на 3-30 %, витаминов – на 2-39 %. Определено, что значения аминокислотного сора (АС) ахлоридных палочек увеличены по лизину с 38,9 до 45,5 %, по треонину – с 64,2 до 73,0 %, по триптофану – с 97,3 до 144,4 %, по остальным аминокислотам АС ниже 100 %. Биологическая ценность белка увеличена на 5,7 %.

Таким образом, полученные результаты дают возможность сделать обоснованный вывод об эффективности применения ферментных композиций и нетрадиционного сырья с богатым химическим составом в производстве ахлоридных хлебобулочных изделий с целью включения их в рационы питания населения для оптимизации лечения и профилактики ряда заболеваний: почечной и сердечной недостаточности, гипертонии, остеопорозе, восполнения дефицита микронутриентов, а также решения проблемы рационального использования материальных ресурсов.

## **ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ**

1. Обоснована целесообразность применения муки из отрубей гречишных, муки из семян льна, сывороточного напитка «Актуаль», масла из виноградных косточек с позиции их пищевой ценности в производстве хлебобулочных изделий для ахлоридного питания.

2. Выбраны рациональные составы ферментных композиций и экспериментально доказано, что наибольший эффект по улучшению органолептических и физико-химических показателей теста и ахлоридных изделий достигается при использовании

$\alpha$ -амилазы грибного происхождения *Aspergillusoryzae*, эндоксилазы микробного происхождения *Bacillusstrain*, мальтогенной  $\alpha$ -амилазы микробного происхождения *Bacillusstrain* в производстве хлеба и  $\alpha$ -амилазы грибного происхождения *Aspergillusoryzae*, эндо-ксилазы микробного происхождения *Bacillusstrain* в производстве хлебных палочек.

3. Определены методами математического и статистического моделирования оптимальные дозировки обогатителей для хлеба: мука из отрубей гречишных – 4,87 %, сывороточный напиток «Актуаль» – 24,86 %; для хлебных палочек: мука из семян льна – 14,22 %, масло из виноградных косточек – 7,8 %, позволяющие получить изделия высокого качества.

4. Доказано положительное влияние нетрадиционного сырья и ферментных композиций на показатели качества ахлоридных хлебобулочных изделий: микробиологическая загрязненность хлеба снижается в 4 раза, увеличивается срок сохранения его свежести на 48 ч, повышается общее содержание ароматобразующих веществ на 23,4 %, суммарная антиоксидантная активность в 4-5,3 раза, уменьшается значение гликемического индекса на 22 %, улучшается их биоусвояемость и перевариваемость.

5. Установлено, что потребление 100 г разработанных ахлоридных изделий обеспечит степень удовлетворения суточной нормы потребления в белке на 11-19 %, жире – 2-8 %, углеводах – 10-14 %, пищевых волокнах – 20-28%, витаминах – 6-39 %, минеральных веществах – 5-30 %, энергетической ценности – 8-16 %.

6. Разработаны и утверждены пакеты технической документации на сырье и хлебобулочные изделия (6 комплектов), рецептуры и технологии апробированы в производственных условиях, экономический эффект от реализации 1 т хлеба с применением ферментной композиции составляет 1,02 тыс. р.

## **Основные публикации по диссертационной работе**

### **Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ**

1. Пономарева, Е.И. Разработка рационального состава ахлоридного хлеба методом статистического моделирования / Е.И. Пономарева, А.Ю. Кривошеев, А.А. Журавлев, С.И. Лукина // Моде-

лирование, оптимизация и информационные технологии. – 2018. – Том 6. – № 1. – С. 199-212. (0,88 п.л.; лично соискателем – 0,2 п.л.).

2. Кривошеев, А.Ю. Выбор рационального состава ферментной композиции для производства ахлоридного хлеба / А. Ю. Кривошеев // Хлебопродукты. – 2018. – № 10. – С. 37-39. (0,19 п.л.; лично соискателем – 0,19 п.л.).

3. Пономарева, Е.И. Хлебные палочки повышенной пищевой ценности для ахлоридного питания / Е.И. Пономарева, А.Ю. Кривошеев, С.И. Лукина и др. // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – № 01(48). – С. 114-124. (0,875 п.л.; лично соискателем – 0,1 п.л.).

4. Пономарева, Е.И. Влияние ферментных композиций на показатели качества ахлоридных хлебных палочек / Е.И. Пономарева, А.Ю. Кривошеев, С.И. Лукина // Известия вузов. Пищевая технология. – 2018. – № 2-3. – С. 53-56. (0,25 п.л.; лично соискателем – 0,08 п.л.).

#### **Статья в базе Scopus**

5. Krivosheev, A.Yu. Modeling and optimization of dough recipe for breadsticks / A.Yu. Krivosheev, E.I. Ponomareva, A.A. Zhuravlev, S.I. Lukina<sup>1</sup>, N.N. Alekhina // Journal of Physics Conference Series 1015 (2018)032105. – 2018. – P. 1-5. (0,31 п.л.; лично соискателем – 0,06 п.л.).

#### **Статьи и материалы конференций**

6. Пономарева, Е.И. Влияние внесения льняной муки на показатели качества хлебных палочек / Е.И. Пономарева, Е.А. Габелко, А.Ю. Кривошеев // Матер. Междунар. науч.-практ. конф. «Новые технологии в промышленности, науке и образовании». – Оренбург, 2017. – С. 59-61. (0,19 п.л.; лично соискателем – 0,06 п.л.).

7. Пономарева, Е.И. Влияние муки из овсяных отрубей на пищевую ценность пшеничного хлеба / Е.И. Пономарева, С.И. Лукина, А.Ю. Кривошеев // Матер. Междунар. науч.-практ. конф. «Инновационные решения при производстве продуктов питания из растительного сырья». – Воронеж, 2017. – С. 105-108. (0,25 п.л.; лично соискателем – 0,08 п.л.).

8. Кривошеев, А.Ю. Влияние способов приготовления теста на показатели качества ахлоридного хлеба / А.Ю. Кривошеев, Е.И. Пономарева, С.И. Лукина // Матер. Междунар. науч.-практ.

конф. «Наука сегодня: проблемы и перспективы развития». – Вологда, 2017. – С. 59-61. (0,19 п.л.; лично соискателем – 0,06 п.л.).

9. Кривошеев, А.Ю. Влияние соли поваренной пищевой на показатели качества хлебных палочек / А.Ю. Кривошеев, Е.И. Пономарева, С.И. Лукина, Е.А. Габелко // Матер. V Междунар. науч.-практ. конф. «Приоритеты и научное обеспечение реализации государственной политики здорового питания в России». – Орел, 2017. – С. 55-59. (0,31 п.л.; лично соискателем – 0,08 п.л.).

10. Кривошеев, А.Ю. Влияние соли поваренной пищевой на структурно-механические свойства хлебных палочек / А.Ю. Кривошеев, Е.А. Габелко, Е.И. Пономарева, С.И. Лукина // Матер. докл. XIII Междунар. конф. «Хлебопекарное производство в России-2017». – Москва, 2017. – С. 71-73. (0,19 п.л.; лично соискателем – 0,05 п.л.).

11. Пономарева, Е.И. Антиоксидантная активность и гликемический индекс ахлоридного хлеба с нетрадиционными видами сырья / Е.И. Пономарева, А.Ю. Кривошеев, С.И. Лукина // Сб. статей междунар. науч.-практ. конф. «Трансляционная медицина». – Орел, 2017. – С. 485-490. (0,38 п.л.; лично соискателем – 0,13 п.л.).

12. Андреева, И.А. Свежая выпечка: быстро и вкусно / И.А. Андреева, А.Ю. Кривошеев // Хлебопекарный и кондитерский форум. – 2017. – № 33. – С. 38-39. (0,13 п.л.; лично соискателем – 0,06 п.л.).

13. Пономарева, Е.И. Влияние внесения масла из виноградных косточек на показатели качества хлебных палочек / Е.И. Пономарева, С.И. Лукина, Е.А. Габелко, А. Ю. Кривошеев // Матер. VI Междунар. науч.-техн. конф. «Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений, Воронеж: ВГУИТ, 2017. – С. 346-349. (0,25 п.л.; лично соискателем – 0,06 п.л.).

14. Пономарева, Е. И. Влияние нетрадиционных видов сырья на содержание ароматобразующих веществ в хлебе / Е.И. Пономарева, А.Ю. Кривошеев, С.И. Лукина // Матер. IV International scientific conference «Science, Technology and Life – 2017: Proceedings of articles the Czech Republic», December 24-25, 2017. - Karlovy Vary, Czech Republic - MCNIP LLC, Kirov, Russian Federation, 2018. – С. 89-91. (0,19 п.л.; лично соискателем – 0,06 п.л.).

15. Пономарева, Е.И. Исследование влияния нетрадиционных видов сырья на качество хлебных палочек / Е.И. Пономарева, А.Ю. Кривошеев, Е.А. Габелко // Сб. статей VII Междунар. науч.-техн. конф. «Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений». – Воронеж: ВГУИТ, 2018. – С. 131-135. (0,31 п.л.; лично соискателем – 0,1 п.л.).

16. Пономарева, Е.И. Оптимизация рецептурного состава хлебных палочек / Сб. статей VII Междунар. науч.-техн. конф. «Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений» // Е.И. Пономарева, А.Ю. Кривошеев, С.И. Лукина и др. – Воронеж: ВГУИТ, 2018. – С. 309-313. (0,25 п.л.; лично соискателем – 0,06 п.л.).

### **Изобретения**

Заявка на выдачу патента РФ № 2018111286 «Способ производства ахлоридных хлебных палочек» / Е.И. Пономарева, С.И. Лукина, Е.А. Габелко, А.Ю. Кривошеев (приоритет от 29.06.2018 г.)

---

Подписано в печать 10.2018.

Формат 60×84 1/16.

Усл. печ. л. 1.0

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