



БЕРЕЗИНА Наталья Александровна

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ
ПОЛИКОМПОЗИТНЫХ МУЧНЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ
РЖАНО-ПШЕНИЧНЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ
ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ**

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

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева».

Научный консультант:

доктор технических наук, профессор
кафедры «Технологии продуктов питания и организации ресторанного дела» ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева»
Корячкина Светлана Яковлевна

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор кафедры «Техники и технологии хлебопродуктов» ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

Росляков Юрий Федорович

доктор технических наук, профессор кафедры «Зерна, хлебопекарных и кондитерских технологий» ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Богатырева Татьяна Глебовна

доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Пономарева Елена Ивановна

Ведущая организация:

ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности»

Защита состоится «24» января 2020 года в 10 ч. 00 мин. на заседании Совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.183.05 при ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» по адресу: 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, д. 29, ауд. 212.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на официальном сайте ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» (<http://oreluniver.ru>).

Отзывы высылать по адресу: 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95.

Объявление о защите диссертации и автореферат диссертации размещены на официальном сайте ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» <http://oreluniver.ru> и в сети интернет на сайте Министерства образования и науки РФ: <http://vak.ed.gov.ru> «23» октября 2019 года.

Автореферат разослан «22» ноября 2019 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета, к.т.н., доцент



А.П. Симоненкова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В проекте «Основы государственной политики в области здорового питания населения Российской Федерации на период до 2025 года», а так же в «Концепции обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения путём развития функционального и специализированного хлебопечения в Российской Федерации до 2020 года» и в «Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года» целями государственной политики в области здорового питания провозглашены сохранение и укрепление здоровья населения, профилактика заболеваний, связанных с неправильным питанием. Успешная реализация поставленных в Стратегии задач зависит от обеспечения устойчивого развития пищевой и перерабатывающей промышленности на основе наукоемких подходов и инновационных решений. Одним из основных направлений в этой сфере является: «...создание на основе новейших достижений ... информатики, современных принципов пищевой комбинаторики качественно новых, импортозамещающих пищевых продуктов с направленным изменением состава и свойств».

Развитие данного направления на основе достижений мировой и отечественной науки в области производства пищевых продуктов направлено на повышение эффективности современных технологий глубокой переработки сырья, в том числе вторичных ресурсов с получением новых пищевых ингредиентов, обладающих функциональными свойствами и разработку продуктов питания, сбалансированных в соответствии с физиологическими потребностями человека. При этом новые продукты питания, особенно такие, как ржано-пшеничные хлебобулочные изделия, должны обладать, кроме повышенной пищевой ценности и функциональных свойств, органолептическими характеристиками, приемлемыми для большинства потребителей. Это показывает актуальность создания поликомпонентных смесей с заданными технологическими свойствами. Решение данной проблемы на современном уровне возможно путем применения компьютерных технологий для моделирования и оптимизации поликомпонентных смесей. Преимуществом компьютерного проектирования рецептурного состава смесей для хлебопечения является точная и быстрая оптимизация, учитывающая не только химический состав ингредиентов смеси, но и их технологические свойства.

Таким образом, моделирование поликомпонентных смесей для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с заданными технологическими свойствами и показателями пищевой адекватности с целью снижения заболеваний, имеющих алиментарные причины, для сохранения социальной и физической активности, продления активного долголетия является современным вызовом в области развития хлебопечения.

Работа проводилась в рамках проектов по приоритетным направлениям развития науки федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2014-2020 годы», при финансовой поддержке прикладных научных исследований Министерством образования и науки Российской Федерации в рамках реализации федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-

технологического комплекса России на 2014-2020 годы» по соглашению о предоставлении субсидии № 14.577.21.0256 от 26 сентября 2017 г. (уникальный идентификатор ПНИЭР RFMEFI57717X0256), в рамках гранта РФФИ № 16-37-00365 «Разработка математических, алгоритмических основ и реализация автоматизированной системы научных исследований для оптимизации аминокислотного состава белка мучной смеси» (2017 г.), поддержана грантом РФФИ № 15-29-01127 «Исследование принципов создания состава мучных смесей с заданным комплексом пищевой адекватности» (2019-2020 г.г).

Степень разработанности темы исследования.

Большой вклад в развитие технологий хлебобулочных изделий с ржаной мукой и научно-практического обоснования применения нетрадиционного сырья при их производстве внесли Р.Д. Поландова, Л.И. Кузнецова, А.П. Косован, С.Я. Корячкина и другие ученые. Научные изыскания в области получения продуктов с заданными свойствами на основе прогнозирования технологических характеристик сырья, рецептурных составов, свойств полуфабрикатов в хлебопекарном производстве представлены в работах Т.Н.Саниной, Н.М. Дерканосовой, Е.П. Мелешкиной, М.И. Лындиной, П.В. Медведева, А.С. Романова, В.Я. Черных.

Развитие технологий глубокой переработки вторичных ресурсов пищевых производств для получения новых видов пищевых ингредиентов, применения нетрадиционного сырья с богатым химическим составом для получения рецептурных смесей с заданными уровнем нутриентной адекватности и технологическими свойствами позволяет использовать наиболее общие научные результаты, полученные вышепредставленными учеными для создания мучных поликомпонитных смесей для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности.

Цель и задачи исследования. Цель исследований – научно-практическое обоснование и разработка поликомпонитных мучных смесей с заданными показателями нутриентной и технологической адекватности, основанных на применении формализованных методов оптимизации пищевой ценности ржано-пшеничных хлебобулочных изделий и подкислителей для их ускоренного производства за счет использования нового и нетрадиционного сырья для хлебопечения.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

1. анализ современных тенденций в направлении совершенствования ассортимента и технологий хлебобулочных изделий функционального назначения с ржаной мукой;
2. разработка методологического подхода проектирования поликомпонитных мучных смесей с заданным уровнем технологической адекватности для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности;
3. разработка научно-обоснованных технологий новых видов сырья из вторичных ресурсов (сахаросодержащих порошков из картофеля, порошков пищевых свекловичных) и полуфабрикатов из муки крупяных культур (заварок из муки ячменной, рисовой, гречневой, пшенной);
4. теоретическое и экспериментальное обоснование применения нового и нетрадиционного сырья для создания поликомпонитных мучных смесей для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности и подкислителей для их ускоренного производства;
5. определение математических зависимостей технологических свойств нетрадиционного сырья от его гранулометрического состава и рН-среды, поликом-

позитных мучных смесей от дозировки нетрадиционного сырья, а также качества ржано-пшеничных хлебобулочных изделий от состава мучных смесей;

6. разработка поликомпозитных смесей, рецептур и технологических решений для производства ржано-пшеничных хлебобулочных изделий из них, определение потребительских свойств и медико-биологических характеристик;

7. разработка технической документации на новые виды пищевого сырья и полуфабрикатов (сахаросодержащие порошки из картофеля, порошки пищевые свекловичные, заварки из муки крупяных культур), мучные поликомпозитные смеси повышенной пищевой ценности и хлебобулочные изделия из них;

8. расчет экономической эффективности новых видов пищевого сырья, поликомпозитных мучных смесей и ржано-пшеничных хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности с их использованием.

Научная концепция работы. Разработка научных и практических основ прогнозирования нутриентной адекватности и технофункционального потенциала поликомпозитных мучных смесей для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий, основанного на аналитической оценке химического состава и технологических свойств их отдельных компонентов.

Научная новизна. Диссертационная работа соответствует научной новизне в рамках пунктов 3, 4, 6, 8 паспорта специальности 05.18.01.

Сформулирована концепция нового перспективного направления получения поликомпозитных мучных смесей с заданными показателями нутриентной и технологической адекватности, доказана возможность получения из них ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с химическим составом, соответствующим основным физиологическим потребностям человека.

Впервые получены зависимости скорости разжижения и осахаривания нетоварного картофеля для получения новых сахаросодержащих продуктов, определены оптимальные режимы гидролиза картофельной массы под действием амило-глюкозидазы AMG 1100 BG по температуре, pH, содержанию сухих веществ и дозировке ферментного препарата.

Теоретически и экспериментально обоснованы оптимальные параметры кислотно-термического и экструзионного способа модификации сухой обессахаренной свекловичной стружки для получения новых источников пищевых волокон – порошков пищевых свекловичных.

Обоснована и экспериментально подтверждена возможность использования муки крупяных культур (ячменной, рисовой, гречневой и пшенной) для получения новых заварок для хлебобулочных изделий.

Расширены представления о технологических функциях нового и нетрадиционного сырья в составе мучных смесей для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий: сахаросодержащих порошков из картофеля, порошков пищевых свекловичных, заварок из муки крупяных культур, молока сухого обезжиренного, сыворотки молочной сухой, муки соевой и чечевичной, семян подсолнечника и кунжута, а также для подкислителей для ускоренного производства: сыворотки творожной нативной, концентрата квасного сусли, порошков брусники, клюквы, калины, рябины, яблока.

Выявлена высокая корреляционная зависимость между технологическими показателями мучных поликомпозитных смесей с новым и нетрадиционным сырьем и качеством хлебобулочных изделий из них. Установлена верхняя и уточнена

нижняя ограничительная норма числа падения для мучных поликомпонентных смесей с новым и нетрадиционным сырьем, обеспечивающая качество ржано-пшеничных хлебобулочных изделий не ниже стандартного – 200-240 с.

Сформулированы и реализованы методологические принципы создания разнообразного ассортимента поликомпонентных смесей для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с новым и нетрадиционным сырьем, оптимизированы их составы по содержанию незаменимых аминокислот, соотношению кальция, фосфора и магния, белков, жиров и углеводов, обоснованы технологические решения ускоренных технологий производства хлебобулочных изделий с применением подкислителей на основе сбалансированных композиций органических кислот, сыворотки молочной сухой, сыворотки творожной нативной, концентрата квасного сусле, порошков брусники, клюквы, калины, рябины, яблока.

Впервые проведена медико-биологическая оценка новых ржано-пшеничных хлебобулочных изделий из разработанных поликомпонентных смесей повышенной пищевой ценности с новым и нетрадиционным сырьем. Полученные данные показывают положительное влияние разработанных изделий на увеличение в крови содержания кальция, триглицеридов и липопротеидов высокой плотности, что будет способствовать профилактике заболеваний, имеющих алиментарные причины.

Новизна предлагаемых решений подтверждена 13 патентами РФ.

Практическая значимость работы. Практическая значимость работы заключается:

- в развитии основ проектирования поликомпонентных составов для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности с использованием возможностей современных вычислительных средств;
- в разработке и экспериментальном обосновании технологии новых видов сырья: сахаросодержащих порошков из картофеля, порошков пищевых свекловичных из вторичных ресурсов пищевых производств – нетоварного картофеля и сухой обессахаренной свекловичной стружки; разработке технологии использования муки крупяных культур (ячменной, рисовой, гречневой и пшеничной) для производства заварных ржано-пшеничных хлебобулочных изделий;
- в экспериментально-практическом обосновании технологических решений производства ржано-пшеничных хлебобулочных изделий из поликомпонентных мучных смесей с новым и нетрадиционным сырьем.

Реализация результатов работы. Разработана программа ЭВМ «Программное средство расчета и анализа оптимального состава поликомпонентной мучной смеси» (свидетельство о государственной регистрации № 2019619374)

Разработана и утверждена техническая документация: ТУ 9166-293-02069036-2012 «Порошок сахаросодержащий из картофеля», ТУ 9112-304-02069036-2014 на порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» и порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный, ТУ 9113-325-02069036 Сухие заварки «Крупяные», ТУ 9290-277-02069036-2013 Мука «Орловский богатырь», ТУ 9113-311-02069036-2014, Хлеб ржано-пшеничный «Орловский богатырь», ТУ 9113-316-02069036-2015 «Хлеб из смеси ржаной и пшеничной муки с порошками пищевыми свекловичными».

Опытно-промышленная апробация результатов исследований проводилась на предприятиях ЗАО «Сахарный комбинат «Колпнянский», ООО «Колпнянский

хлебозавод» (п.г.т. Колпна), ООО «Звягинский крахмальный завод» (п. Звягинки), ООО мини-пекарня «Юность» (п.г.т. Хомутово), ЗАО «Крахмал» (п. Шаблыкино).

Материалы выполненной работы используются в учебном процессе при чтении лекций и проведении лабораторно-практических занятий студентов по направлению «Продукты питания из растительного сырья» ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева». Проведенные исследования отмечены благодарственными грамотами от Орловского городского совета народных депутатов за вклад в развитие инновационной деятельности и популяризацию научно-технического творчества в городе Орле и Департамента образования Орловской области за значительный вклад в подготовку высококвалифицированных специалистов.

Положения, выносимые на защиту:

Методология и принципы проектирования поликомпонентных мучных смесей для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности на основе химического состава, технологических свойств нетрадиционного и нового сырья с целью создания продукции заданного нутриентного состава и высокого потребительского достоинства.

Теоретическое и экспериментальное обоснование разработанных технологий получения новых видов сырья из вторичных ресурсов пищевых производств и полуфабрикатов из муки крупяных культур, содержащих биологически ценные компоненты и обладающих высокими технологическими свойствами.

Научно-практическое обоснование выбора нового и нетрадиционного сырья для создания поликомпонентных мучных смесей с высокой пищевой ценностью и подкислителей для ускоренного производства ржано-пшеничных хлебобулочных изделий: сахаросодержащих порошков из картофеля, порошков пищевых свекловичных, завтраков из муки крупяных культур, молока сухого обезжиренного, сыворотки молочной сухой, сыворотки творожной нативной, концентрата квасного сула, порошков брусники, клюквы, калины, рябины, яблока.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований химического состава и технологических свойств сырья, мучных смесей и качества ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с их использованием.

Совокупность экспериментальных данных медико-биологических исследований влияния ржано-пшеничных хлебобулочных изделий из поликомпонентных мучных смесей повышенной пищевой ценности на организм животных и людей.

Степень достоверности результатов.

Достоверность полученных результатов, научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивалась применением современных методов теоретических и экспериментальных исследований, математических методов планирования и обработки экспериментальных данных, современных измерительных приборов, подтверждается совпадением результатов лабораторных и промышленных испытаний.

Апробация результатов исследований.

Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на всероссийских и международных конференциях, конвентах и конгрессах: «Потребительский рынок: качество и безопасность товаров и услуг», (г. Орел, 2007, 2009), «Нивы России», (Барнаул, 2000), «Стратегия развития индустрии гостеприимства и туризма», (Орел, 2005, 2011, 2016, 2018), «Приоритеты и научное обеспечение реализации государственной политики здорового питания в России», (Орел, 2006), «Аг-

рокомплекс-2006» (Уфа, 2006), «Современные проблемы техники и технологии пищевых производств» (Барнаул, 2006), «Конкурентоспособность предприятий меняющейся России» (Екатеринбург, 2007), «Инновации и бизнес» (Орел, 2007), «Инновационные направления в пищевой промышленности» (Пятигорск, 2009), «Функциональные продукты питания: ресурсосберегающие технологии переработки сельскохозяйственного сырья, гигиенические аспекты и безопасность» (Краснодар, 2009), «Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века» (Краснодар, 2009, 2011), «Инновационные технологии в пищевой промышленности» (Самара, 2009). «Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте – 2009» (Одесса, 2009), «Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания» (Челябинск, 2008), «Современное хлебопекарное производство: перспективы развития» (Екатеринбург, 2010, 2013, 2014, 2016), «Новое в технике и технологии пищевых производств» (Воронеж, 2010), «Инновационные направления в пищевых технологиях» (Пятигорск, 2010), «Современное хлебопечение - 2012», Москва, 2012, «Биотехнология. Взгляд в будущее» (Казань, 2012), «Инновационные направления в пищевых технологиях» (Пятигорск, 2012), «Фундаментальные и прикладные аспекты создания биосферосовместимых систем» (Орел, 2012), «Универсальная наука - региону» (Пятигорск, 2013), «Универсальная наука – региону» (Пятигорск, 2013). «Приоритеты и научное обеспечение реализации государственной политики здорового питания в России» (Орёл, 2013, 2017), «Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений» (Воронеж, 2014, 2015), «Технология и продукты здорового питания» (Саратов, 2014), «Техника и технологии продуктов питания» (Улан-Удэ, 2014), «Основные перспективы развития пищевой инженерии и гигиены питания» (Орел, 2015), «Наука – главный фактор инновационного прорыва в пищевой промышленности» (Москва, 2017), «Трансляционная медицина» (Орел, 2017) «Региональный рынок потребительских товаров: перспективы развития, качество и безопасность товаров, особенности подготовки кадров в условиях, развивающихся IT-технологий» (Тюмень, 2018), «Современные проблемы техники и технологии пищевых производств» (Барнаул, 2018), «Горизонты биотехнологии» (Орел, 2017, 2018).

Публикации результатов работы.

Основное содержание работы представлено в 119 научных трудах, в том числе 23 статьи в рецензируемых научных изданиях ВАК, 2 статьи, относящихся к базе данных Web Of Sciences, 4 монографии (из них 2 коллективные), 7 учебных и учебно-методических пособий (в том числе 2 с грифом УМО), получено 13 патентов РФ на изобретения.

Структура и объем диссертационной работы.

Диссертация состоит из введения, 7 глав: аналитического обзора литературы, объектов и методов исследований, результатов собственных исследований, выводов, списка использованных источников литературы и приложений. Основное содержание изложено на 307 страницах печатного текста, включает 102 таблицы, 68 рисунков; список литературы включает 500 источников, из которых 431 отечественных и 69 зарубежных авторов; 19 приложений. Общий объем диссертации составляет 461 страница.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении представлена актуальность исследования, степень разработанности темы исследования, сформулированы цель и задачи исследований, положения, выносимые на защиту, научная новизна, практическая значимость, реализация, апробация работы и обеспечение достоверности полученных результатов.

Глава 1 Анализ научно-технической информации по теме исследований. Проанализированы современные проблемы питания населения, связанные с изменением структуры качества пищи в целом, роли нутриентного состава массовых сортов хлебобулочных изделий в питании человека. Рассмотрены возможные причины снижения уровня потребления хлеба и направления развития технологий ржано-пшеничных хлебобулочных изделий функционального назначения. Приведена характеристика способов применения нетрадиционного сырья для выработки функциональных ржано-пшеничных хлебобулочных изделий. Осуществлен обзор и критический анализ существующих методов рецептурной оптимизации продуктов нового поколения с повышенной нутриентной адекватностью.

Глава 2 Организация эксперимента, объекты и методы исследований. Приведены объекты и методы исследований, структурная схема исследований (рисунки 1). Объектами исследования явились: мука ржаная хлебопекарная обдирная по ГОСТ Р 7045-2017, мука пшеничная хлебопекарная I сорта по ГОСТ Р 26574 - 2017, обессахаренная сухая свекловичная стружка по ГОСТ Р 54901-2012, свежий картофель по ГОСТ Р 51808-2013, порошок калины, рябины, клюквы, брусники, яблока ТУ 10.39.25-003-69275064-2017, мука ячменная по ТУ 9293-007-00932169-96, мука рисовая по ТУ 9293-002-43175543-03, мука гречневая по ТУ 9293-005-00932169-96, мука пшеничная по ТУ 9293-006-00932169-96, мука соевая по ГОСТ 3898-56, мука чечевичная по ТУ 9293-009-89751414-10, кунжут по ГОСТ 12095-76, подсолнечник по ТУ 9729-233-01597945-05, молоко сухое обезжиренное по ГОСТ 33629-2015, сыворотка молочная сухая по ГОСТ 33958-2016, концентрат квасного суслу по ГОСТ 28538-90, заварки из муки ячменной, рисовой, гречневой, пшеничной, картофельная масса, гидролизат картофельной массы, порошки сахаросодержащие из картофеля, порошки пищевые свекловичные.

Исследование технологических свойств сырья, его химического состава, физико-химических свойств полуфабрикатов, готовой продукции, показателей безопасности сырья и готовой продукции стандартными и общепринятыми методами проводились в лабораториях ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» на кафедрах технологии продуктов питания и организации ресторанного дела, промышленной химии и биотехнологии; в производственных лабораториях предприятий: ООО «Звягинского крахмального завода» (п. Звягинки), ОАО «Сахарного завода «Колпнянского», «Колпнянского хлебозавода» (п.г.т. Колпна), ООО мини-пекарни «Юность» (п.г.т. Хомутово), ЗАО «Крахмал» (п. Шаблыкино), а также в испытательных лабораториях БУЗ Орловской области «Детской поликлиники № 1», АНО «ТРЦ «Комбикорм» (г. Воронеж), ФГНУ «Центра химической и сельскохозяйственной радиологии» (г. Орёл), ФГБУ «Центральной научно-методической ветеринарной лаборатории», испытательного лабораторного центра ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Орловской области», инновационного научно-испытательного центра Орловского государственного аграрного университета.

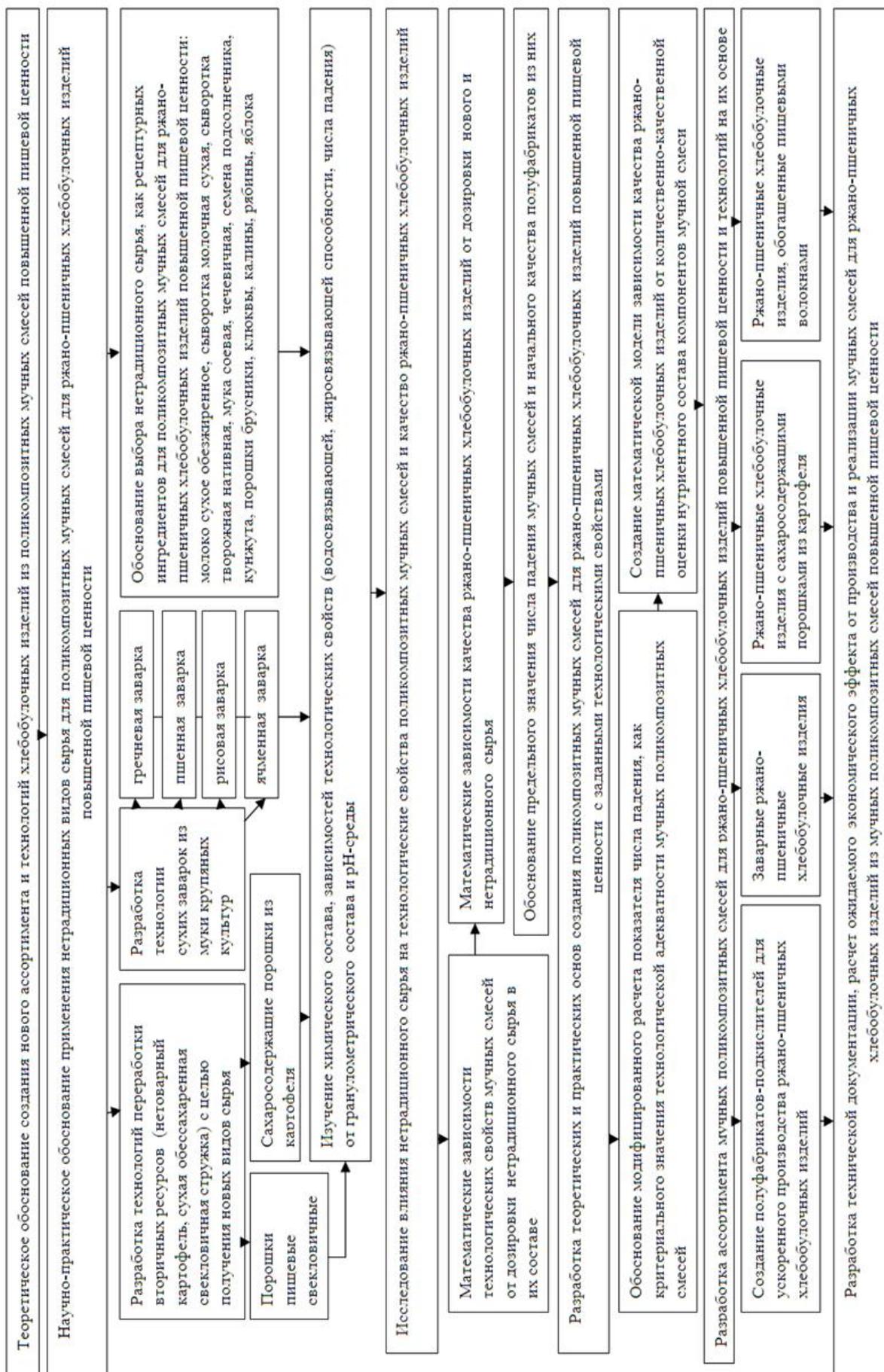


Рисунок 1 – Структурная схема исследований

Порошки пищевые свекловичные, сахаросодержащие продукты из картофеля и сухие заварки из муки крупяных культур получали в условиях лабораторий кафедры технологии продуктов питания и организации ресторанного дела и производственных условиях на ЗАО «Сахарный комбинат «Колпнянский», ООО «Звягинский крахмальный завод», ЗАО «Крахмалопродукты».

Глава 3 Обоснование применения нетрадиционных видов сырья для поликомпонентных мучных ржано-пшеничных смесей повышенной пищевой ценности. Целью данного этапа работы является разработка новых видов пищевых ингредиентов повышенной пищевой ценности из вторичных ресурсов пищевых производств (картофелекрахмального, свеклосахарного) – сахаросодержащих порошков из картофеля и порошков пищевых свекловичных, заварок из муки крупяных культур (ячменной, рисовой, гречневой и пшеничной). Обоснование их применения для создания поликомпонентных мучных смесей повышенной пищевой ценности в композициях с таким ценным в пищевом отношении сырьем, как сухая молочная сыворотка, сухое молоко, мука соевая, чечевичная, кунжут, подсолнечник. Осуществление научно обоснованной оценки технологического потенциала растительных порошков из брусники, клюквы, калины, рябины, яблока, сухой и нативной молочной сыворотки, концентрата квасного суслу для развития ускоренных (однофазных) технологий производства ржано-пшеничных хлебобулочных изделий.

Технологии получения сахаросодержащих продуктов из картофеля. Основаны на биохимической модификации нетоварного картофеля (поврежденный, мелкий) под действием ферментного препарата AMG 1100 BG. Исследованы зависимости скорости разжижения и осахаривания нетоварного картофеля в высокоосахаренный полуфабрикат (гидролизат картофеля) от технологических параметров модификации, на основании которых определены оптимальные режимы разжижения основного сырья путем гидротермической обработки и осахаривания: температура, pH, содержание сухих веществ в субстрате, дозировка ферментного препарата. Определены кинетические параметры процесса осахаривания: константа скорости реакции – $0,0089 (\% \cdot \text{ч})^{-2}$, скорость реакции – $1,1 \%/ \text{ч}$. Принципиальная схема получения сахаросодержащих порошков из картофеля приведена на рисунке 2.

Для дальнейшей переработки предложено разделение высокоосахаренного полуфабриката на сироп и пасту. Увеличение сроков хранения сиропа и пасты гидролизата картофельной массы целесообразно путем снижения их влажности. При этом, сироп уваривают до содержания сухих веществ не менее 50,0 %, а пасту – высушивают до массовой доли влаги не более 14,5 % с последующим измельчением до порошкообразного состояния. Это позволяет увеличить сроки хранения разработанных продуктов до 3 и 6 месяцев соответственно.

В связи с высокой длительностью сушки сахаросодержащей картофельной пасты – 7 часов, использована рециркуляционная сушка, предусматривающая добавление осушителей, снижающих начальную влажность высушиваемого продукта.

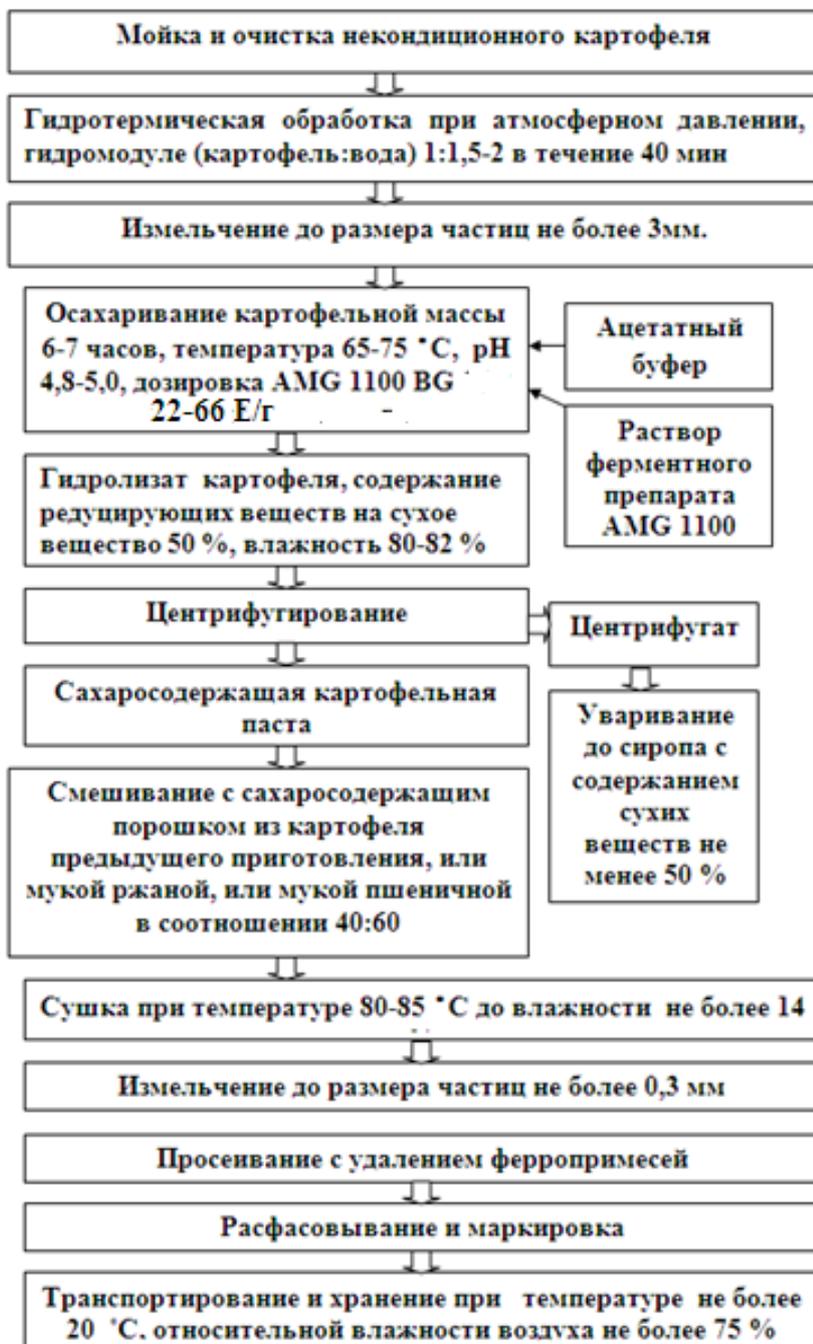


Рисунок 2 – Принципиальная схема получения сахаросодержащих порошков из картофеля

В качестве осушителей применены: сухой порошок предыдущего высушивания (СПК), или мука ржаная обдирная, или мука пшеничная первого сорта. Выбор муки обусловлен тем, что разрабатываемый продукт предполагается использовать в составе мучных поликомпонентных смесей. Данный прием высушивания позволил сократить продолжительность высушивания в 1,7-2 раза по сравнению с высушиванием сахаросодержащей картофельной пасты без осушителей, а также получить еще два вида сахаросодержащих продуктов – сахаросодержащий порошок из картофеля с ржаной мукой (СПКрж) и сахаросодержащий порошок с пшеничной мукой (СПКпш), отличающихся химическим составом и технологическими свойствами. На основании проведенных исследований были разработаны и утверждены ТУ 9166-293-02069036-2012

Порошок сахаросодержащий из картофеля, получены патенты РФ №№ 2214711, 2228638, 2467573, 2580137.

Технологии получения порошков пищевых свекловичных из сухой обессахаренной стружки сахарной свеклы. Основаны на кислотно-термической модификации сухой обессахаренной свекловичной стружки. Исследованы зависимости водосвязывающей и сорбционной способности, а также содержания пектиновых веществ от технологических параметров физико-химической модификации сухой обессахаренной свекловичной стружки, на основании которых определены оптимальные режимы получения порошка пищевого свекловичного: рН-среды, продолжительность гидролиза, температура. Принципиальная технологическая схема получения порошка пищевого свекловичного представлена на рисунке 3.

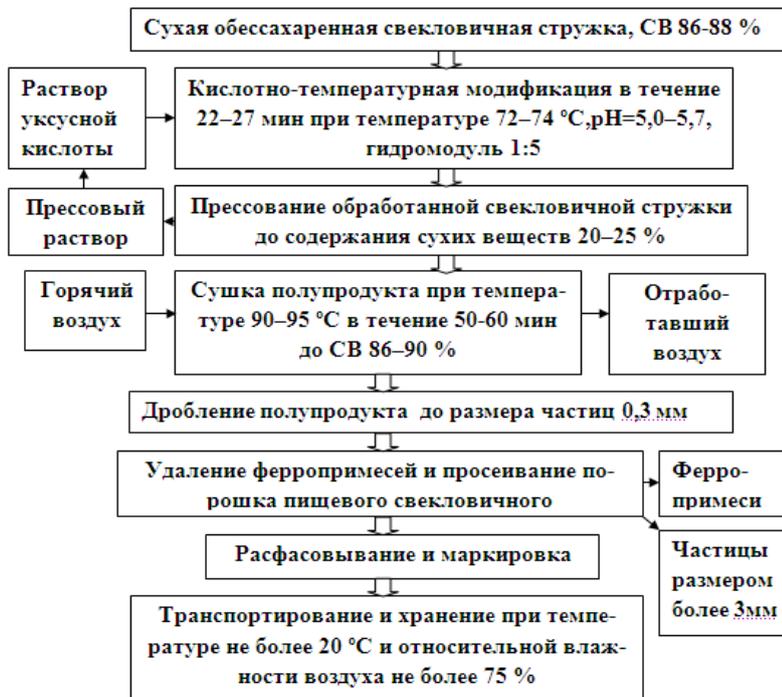


Рисунок 3 – Принципиальная технологическая схема получения порошка пищевого свекловичного



Рисунок 4 – Принципиальная технологическая схема получения порошка пищевого свекловичного экструдированного

Для моделирования водоудерживающей и сорбционной способности порошка пищевого свекловичного (далее ППС), полученного кислотно-термическим способом, его подвергли экструзионной обработке. Для обеспечения протекания процесса исследована возможность экструзии с использованием кукурузного крахмала в качестве структурообразователя.

Принципиальная технологическая схема производства порошка пищевого свекловичного экструдированного (далее ППСЭ) приведена на рисунке 4.

На основании проведенных исследований разработаны и утверждены ТУ 9112-304-02069036 Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» и Порошок пищевой свекловичный «Сахарные волокна» экструдированный. Новизна проведенных исследований подтверждается получением патента РФ № 2558224.

Технологии сухих завтраков из муки крупяных культур. Теоретическое и экспериментальное обоснование использования муки крупяных культур для заварных ржано-пшеничных хлебобулочных изделий позволило установить следующее. В муке ячменной, гречневой и пшеничной число падения выше, чем в ржаной обдирной муке в 4,8, 10,5 и 2,2 раза, в муке рисовой – ниже в 1,5 раза. Это подтверждает литературные данные о терморезистентности крахмалов муки из ячменя, гречки и пшеницы, что позволяет рекомендовать продукты переработки данных крупяных культур для снижения гликемического индекса хлебобулочных изделий. Данными амилографического исследования подтверждено, что крахмалы данного сырья более термостабильны, для их клейстеризации, разжижения и осахаривания требует-

ся более длительное время. Внесение ржаной обдирной муки, как доступного и дешевого источника амилолитических ферментов в некоторой степени ускоряет этот процесс и увеличивает разжижение клейстеризуемой массы. В заварке из муки рисовой происходит большее накопление сахаров, что положительно влияет на качество заварного хлеба при ее использовании.

Приготовление заварок из муки крупяных культур осуществляли, пользуясь в качестве опорной, классической технологией осахаренной заварки с применением ржаного ферментированного солода и ржаной обдирной муки в качестве источника ферментов. Продолжительность приготовления заварок из муки рисовой и пшенной было таким же, как из ржаной муки, из ячменной и гречневой – на 60 минут больше. Для получения заварок из муки крупяных культур, как ингредиента для сухих поликомпонентных смесей, их подвергали высушиванию конвективным способом до массовой доли влаги 15 % и измельчению. Разработаны ТУ 9113-325-02069036 Сухие заварки «Крупяные». Новизна полученных решений подтверждается получением патентов РФ на способы производства заварных хлебобулочных изделий: с заваркой из муки пшенной – № 2409954, с заваркой из муки гречневой – № 2430527, с заваркой из муки рисовой – № 2429622, на состав для производства заварки из муки ячменной – 2509465.

Обоснование применения нетрадиционного сырья с целью повышения пищевой ценности поликомпонентных мучных смесей для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий. Качественные показатели новых видов пищевого сырья приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1– Показатели качества сахаросодержащих продуктов из картофеля и порошков пищевых свекловичных

Наименование показателей	Значение показателей					
	сахаросодержащий порошок из картофеля, СПК	сахаросодержащий порошок из картофеля с ржаной мукой, СПК _{РЖ}	сахаросодержащий порошок из картофеля с пшеничной мукой, СПК _{ПШ}	сахаросодержащий сироп из картофеля, ССК	порошок пищевой свекловичный, ППС	порошок пищевой свекловичный экструдированный, ППСЭ
1	2	3	4	5	6	7
Массовая доля влаги, %	13,5±0,5	13,5±0,5	13,5±0,5	48,5±2,5	12±2	11±1
рН	5,0±0,2	5,2±0,2	5,2±0,2	5,0±0,2	5,75±0,25	5,25±0,25
Общий белок, %	9,2±0,02	9,1±0,02	12,4±0,02	-	4,2±0,1	2,1±0,1
Массовая доля редуцирующих сахаров, % на с.в.	50,0±0,5	27,0±0,5	27,0±0,5	49,5±0,5	5,3±0,5	5,35±0,5
Массовая доля крахмала, % на с.в.	16,0±0,5	43,8±0,5	41±0,5	-	-	41,5±0,5
Массовая доля липидов, % на с.в.	0,4±0,01	0,2±0,01	0,2±0,01	-	2,5±0,01	1,3±0,01
Зола, % на с.в.	2,8±0,01	1,6±0,01	1,5±0,01	0,7±0,01	2,2±0,05	1,2±0,05

1	2	3	4	5	6	7
Содержание макроэлементов, мг на с.в.						
кальций	24,4±0,01	19,1±0,01	22,5±0,01	-	68,2±0,01	47,5±0,01
фосфор	225±0,01	217±0,01	227±0,01	-	78±0,01	26,5±0,01
магний	98±0,01	75,2±0,01	65,6±0,01	-	29±0,01	53,0±0,01
Пищевые волокна, % в том числе:	7,5	4,8	4,4	-	73,1	37,4
холоцеллюлоза (целлюлоза+гемицеллюлоза)	5,6±0,01	3,6±0,01	3,2±0,01	1,2±0,01	45,5±0,5	29,5±1,5
лигнин, %	-	-	-	-	7,5±1,5	3,0±0,2
пектиновые вещества (водорастворимый пектин/протопектин), %	0,4/1,5	0,2/1,0	0,2/1,0	-	5,1/15,0	1,1/3,8
Энергетическая ценность, ккал/100 г	312	329	332	204	65	213
Водосвязывающая способность, см ³ /г	3,2±0,5	2,63±0,5	2,6±0,5	-	5,3±0,5	8,4±0,5
Водоудерживающая способность, см ³ /г	2,1 ±0,5	1,87±0,5	1,5±0,5	-	4,5±0,5	5,7±0,5
Степень набухания, %	68±5	95±5	79±5	-	150±5	120±5
Число падения, с	456±10	272±10	330±10	-	650±10	460±10

Определено, что сахаросодержащие продукты из картофеля содержат значительное количество водорастворимых углеводов – 27,0 % - 50,0 %, при этом содержание холоцеллюлозы составляет – 1,8 % - 7,6 %. Порошки пищевые свекловичные содержат в своем составе в основном нерастворимые и растворимые пищевые волокна: холоцеллюлоза – 29,5 % - 45,5 % лигнин – 3,0 % – 7,5 %, пектиновые вещества - 4,9 % - 20,1 %. Новые виды пищевого сырья обладают высоким технологическим потенциалом: водосвязывающая способность - 2,6-8,4 см³/г, водоудерживающая способность - 1,5-5,7 см³/г, степень набухания – 68 % - 120 %, число падения - 272-650 с.

Оценка медико-биологического эффекта данных видов пищевого сырья показала, что введение в рацион подопытных животных сахаросодержащего порошка из картофеля снижало уровень холестерина в сыворотке крови до 15 %, АСТ – до 4 %. Добавление к рациону порошка пищевого свекловичного экструдированного увеличивало содержание в сыворотке крови количества общего белка до 4,6 %, снижало уровень холестерина до 1,8 %, увеличивало содержание лактобактерий в кишечнике – в 1,8 раз. Определено, что внесение новых видов сырья в рацион питания подопытных животных не оказывает отрицательного воздействия на физиологические функции живого организма.

Данные расчета аминокислотного сора показали, что исследуемые новые виды сырья имеют высокие значения по дефицитным для хлебобулочных изделий аминокислотам – треонину и метионину+цистину.

Комплексная оценка качественных показателей сахаросодержащих продуктов из картофеля и порошков пищевых свекловичных позволила установить, что они могут входить в состав поликомпонентных мучных смесей для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий, как источник пищевых волокон, незаменимых аминокислот, а также участвовать в формировании технологических свойств мучной смеси, увеличивая ее водосвязывающую, водоудерживающую способности и число падения.

Таблица 2– Показатели качества сухих завтраков из муки ячменной, рисовой, гречневой и пшеничной

Наименование показателей	Значение показателей			
	Заварка из муки ячменной	Заварка из муки рисовой	Заварка из муки гречневой	Заварка из муки пшеничной
Массовая доля влаги, %	13,5±0,5	12,2±0,5	14,5±0,5	14,5±0,5
Титруемая кислотность, град	9,1±0,2	9,3±0,2	14,3±0,2	14,4±0,2
Общий белок, %	5,2±0,02	5,4±0,02	6,6±0,02	7,7±0,02
Массовая доля редуцирующих сахаров, % на с.в.	8,8±0,5	9,7±0,5	8,5±0,5	8,7±0,5
Крахмал, %	62,3±1,5	68,1±1,5	63,1±1,5	59,1±1,5
Массовая доля липидов, % на с.в.	1,2±0,01	1,1±0,01	3,2±0,01	3,2±0,01
Зола, % на с.в.	1,7±0,01	1,0±0,01	2,2±0,01	1,5±0,01
Содержание макроэлементов, мг/100 г:				
кальций	19,4±0,01	18,7±0,01	21,0±0,01	18,8±0,01
фосфор	219,0±0,01	131,0±0,01	271,0±0,01	232,0±0,01
магний	57,0±0,01	57,0±0,01	147,0±0,01	86,7±0,01
Холоцеллюлоза, %	6,9±0,01	1,3±0,01	1,9±0,01	5,1±0,01
Энергетическая ценность, ккал/100 г	325	353	350	340
Водосвязывающая способность, см ³ /г	7,6±0,1	3,3±0,1	4,7±0,1	6,8±0,1
Водоудерживающая способность, см ³ /г	6,7±0,1	2,9±0,1	3,9 ±0,1	5,7±0,1
Степень набухания, %	95±5	76±5	78±5	85±5
Число падения, с	442±10	62±10	999±10	310±10

Определено, что завтраки из муки крупяных культур содержат в основном углеводы: редуцирующие сахара и крахмал. Повышенная титруемая кислотность завтраков в хлебопекарных полуфабрикатах будет сокращать продолжительность технологического процесса. Установлено, что завтраки из муки ячменной и рисовой имеют вкус и запах, схожий с контрольной завтраком из ржаной муки, а завтраки из

муки гречневой и пшеничной сохраняют оттенки вкуса и запаха используемой для их получения муки, что будет оказывать влияние на органолептические показатели хлебобулочных изделий. Сухие заварки обладают высокими показателями водосвязывающей, водоудерживающей способности, а также (кроме рисовой) числа падения. В них обнаружено высокое содержание магния, незаменимых аминокислот, в том числе лимитирующих для хлебобулочных изделий: лизина, треонина и суммы серосодержащих аминокислот (метионин+цистин). Комплексная оценка заварок из муки крупяных культур показала, что в составе мучных поликомпонентных смесей для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий они могут служить источником незаменимых аминокислот, обогатить конечные продукты минеральными веществами, участвовать в формировании вкусоароматических характеристик конечного продукта.

Выбор остальных видов пищевого сырья для поликомпонентных мучных смесей (сухой молочной сыворотки, сухого молока, муки соевой, чечевичной, семян кунжута, подсолнечника) был основан, прежде всего, на их высокой пищевой ценности и доступности на рынке.

В поликомпонентных мучных смесях роль сухих молочных продуктов заключается в корректировании минерального состава, а именно в плане увеличения содержания кальция, а также повышении биологической ценности хлебобулочных изделий за счет внесения наиболее дефицитных аминокислот в их состав – лизина и треонина.

В муке соевой, чечевичной, кунжуте и подсолнечнике обнаружено высокое количество белка – в 1,2-4 раза превышающее количество белка в хлебопекарной муке. В кунжуте содержится значительное количество клетчатки – в 20-22 раза больше, чем в хлебопекарной муке. В соевой и чечевичной муке не обнаружено жира, в семенах кунжута и подсолнечника его содержится около 50 %, т.к. эти семена относятся к масличным культурам. Содержание кальция в кунжуте – более суточной рекомендуемой нормы. Исследуемые сырьевые ингредиенты имеют близкие значения водосвязывающей и водоудерживающей способностей. Максимальная степень набухания установлена у соевой муки. В ней же определено минимальное значение числа падения. Число падения муки чечевичной, измельченных семян подсолнечника и кунжута достаточно высокое, на уровне числа падения пшеничной хлебопекарной муки. Определено, что соевая мука имеет наиболее сбалансированный аминокислотный состав и обладает очень высокой биологической ценностью – 80,9 %. Наиболее высокий скор по лизину обнаружен в соевой и чечевичной муке. Чечевичная мука, семена кунжута и подсолнечника отличаются высоким скором по треонину, метионину+ цистину.

Оценка технологического потенциала сырья для подкислителей: сыворотки нативной и сухой, концентрата квасного сусла, порошков из брусники, клюквы, калины, рябины, яблока показала, что данные виды сырья обладают высокой кислотностью – 28-70 град, в их составе содержатся водорастворимые сахара – от 4,5 % до 45 %, что будет способствовать интенсификации технологического процесса, показывая целесообразность их применения для ускоренного производства хлебобулочных изделий с ржаной мукой.

Установление зависимостей технологических свойств сырьевых компонентов поликомпонентных смесей от гранулометрического состава и кислотно-щелочной среды (рН). Гранулометрический состав, а так же водосвязывающая

и жиросвязывающая способности сырья в значительной степени обуславливают структурно-механические свойства полуфабрикатов и готовой продукции.

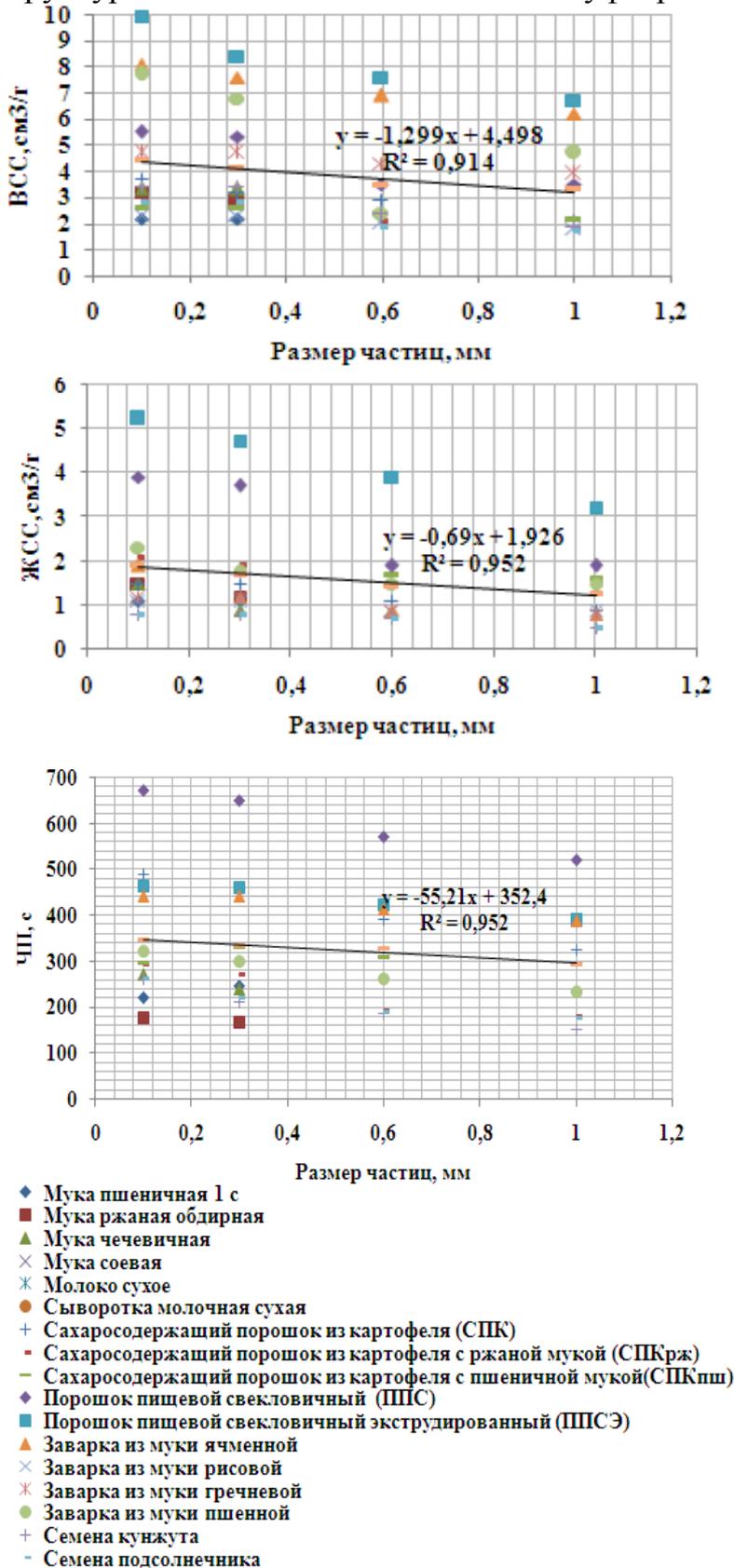


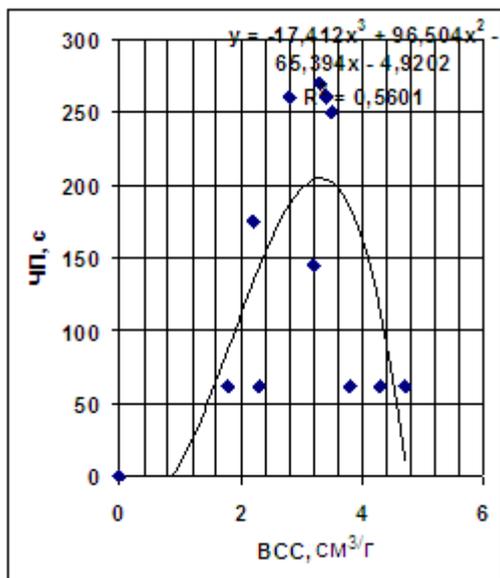
Рисунок 5 – Зависимость водосвязывающей, жиросвязывающей способности и числа падения от гранулометрического состава сырья для поликомпозиционных смесей

Графические зависимости влияния гранулометрического состава на водосвязывающую, жиросвязывающую способности и число падения сырьевых компонентов представлены на рисунке 5, водосвязывающую, жиросвязывающую способности и гранулометрического состава на число падения – на рисунке 6.

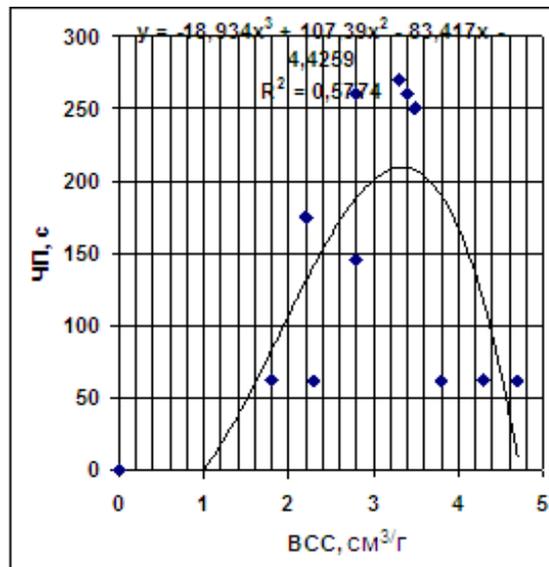
Установлено, что водосвязывающая и жиросвязывающая способности, а также число падения имеет обратную линейную зависимость от размера частиц сырья (рисунок 5).

Зависимость числа падения от водосвязывающей способности описывается линейными зависимостями для размера частиц 0,6 и 1 мм и более сложными (нелинейными) при уменьшении размера частиц (рисунок 6). Аналогичная зависимость обнаружена для жиросвязывающей способности сырьевых компонентов поликомпозиционных смесей.

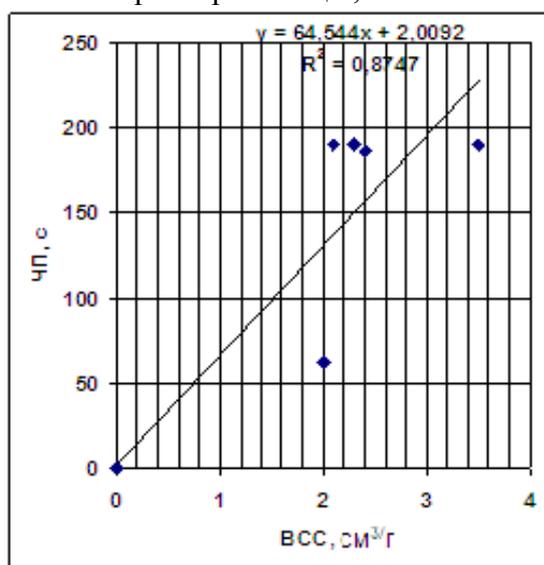
Анализ математических зависимостей технологических свойств пищевого сырья для поликомпозиционных смесей от его гранулометрического состава позволил установить, что в случае крупнодисперсного сырья, увеличение числа падения смеси будет свидетельствовать об увеличении данных показателей.



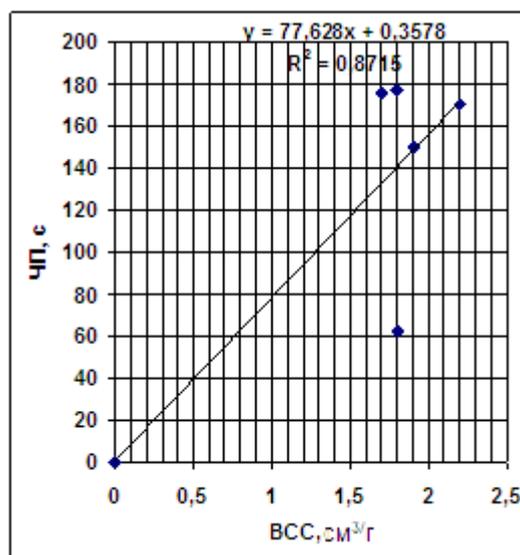
размер частиц 0,1 мм



размер частиц 0,3 мм



размер частиц 0,6 мм



размер частиц 1 мм

Рисунок 6 – Зависимость числа падения сырьевых компонентов от их водосвязывающей способности и гранулометрического состава

По показателю числа падения, с достаточной степенью достоверности можно судить об изменении показателей водосвязывающей и жиросвязывающей способности сырьевых компонентов: показатель число падения имеет статистически значимую тенденцию к увеличению при возрастании водосвязывающей и жиросвязывающей способности пищевых компонентов. Снижение рН-среды отрицательно влияет на водосвязывающую способность сырьевых компонентов, что обусловлено уплотнением структуры белковых компонентов и снижением их способности к водопоглощению, что будет влиять на снижение вязкости хлебопекарных полуфабрикатов в процессе брожения.

Таким образом, показатель числа падения сырьевых компонентов поликомпонентных смесей позволяет прогнозировать их технологический потенциал, формирующий качество полуфабрикатов и готовых изделий. Однако для уточнения роли этого показателя требуется оценка влияния внесения нетрадиционного сырья в состав мучной смеси на формирование технологических свойств мучных смесей,

выявление качественно-количественной силы их связи с потребительскими достоинствами готового хлеба.

Глава 4 Влияние нетрадиционных видов сырья на технологические свойства ржано-пшеничной муки и обоснование их рациональных дозировок. Целью данного этапа исследований является обоснование выбора технологического показателя качества ржано-пшеничной мучной смеси с нетрадиционным сырьем, позволяющего на стадии составления рецептурной композиции, гарантировать достаточное потребительское достоинство конечного продукта из нее и определение оптимальных начальных характеристик полуфабрикатов для ускоренного теплоприготовления.

Для этого в смесях заменяли 5 %, 10 % и 15 % ржано-пшеничной муки новым и нетрадиционным сырьем. В смесях определяли водосвязывающую способность и число падения, в готовых хлебобулочных изделиях – пористость и органолептические показатели. Приготовление хлебобулочных изделий осуществляли с использованием густой ржаной закваски, соли и прессованных дрожжей. Количество воды на замес определяли с учетом изменения водопоглотительной способности мучных смесей при внесении нетрадиционного сырья.

Анализ уравнений связи водосвязывающей способности и числа падения мучных смесей, а также пористости хлебобулочных изделий с нетрадиционным сырьем от дозировки вносимых компонентов показал, что свободные члены регрессионных уравнений имеют близкие значения к данным показателям ржано-пшеничной муки и хлеба без добавок – 3,0 см³/г, 206 с, 54,0 % соответственно. Это доказывает определяющее влияние основного сырья на формирование этих показателей. При этом коэффициенты уравнений показывают степень изменения технологических свойств ржано-пшеничной муки и хлебобулочных изделий в зависимости от вида вносимого нетрадиционного сырья. Данное обстоятельство позволяет использовать полученные эмпирические зависимости для проектирования и прогнозирования качества мучной смеси.

Установлена отрицательная линейная зависимость органолептических показателей ржано-пшеничных хлебобулочных изделий из мучных смесей при внесении муки чечевичной, муки соевой, молочных продуктов, порошка пищевого свекловичного (ППС), заварки из муки ячменной. Наиболее отрицательное влияние на органолептическое восприятие готовых изделий из мучных смесей с новым и нетрадиционным сырьем оказывает мука чечевичная и молоко сухое, имеющие значительные отрицательные размеры коэффициентов уравнений – 12 и 11. Внесение чечевичной муки придавало изделиям бобовый привкус, а высокие дозировки сухого молока делали мякиш липким, заминаемым, плохо разжевываемым.

Проведенные экспериментальные и аналитические исследования позволили установить максимальное количество нетрадиционного сырья в составе мучных смесей для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий, которое позволит получить конечный продукт с высокими значениями пористости и органолептических показателей: мука чечевичная – 5,0 %, мука соевая – 5,0 %, молоко сухое – 5,0%, сыворотка молочная сухая – 5,0 %, сахаросодержащие порошки из картофеля 11,0 % - 11,5 %, порошок пищевой свекловичный (ППС) – 5,0 %, порошок пищевой свекловичный экструдированный (ППСЭ) – 15,0 %, заварка из муки ячменной – 10,0%, рисовой – 5,0 %, гречневой – 10,8 %, пшеничной – 10,8 %, семена кунжута – 10,4 %, подсолнечника – 10,4 %. Полученные дозировки были использованы в дальнейших

расчетах при проектировании поликомпонентных мучных смесей повышенной пищевой ценности.

Определение корреляционной взаимосвязи качества ржано-пшеничных хлебобулочных изделий от технологических свойств компонентов мучных смесей и полуфабрикатов из них.

Определение величины эффекта воздействия технологических свойств мучных смесей на потребительские свойства ржано-пшеничных хлебобулочных изделий осуществлялось с применением статистических методов обработки и анализа данных. Установлено, что влияние числа падения на качество ржано-пшеничных хлебобулочных изделий из мучных смесей с нетрадиционным сырьем является более значимым, так как величина значения t-критерия для него более высокая – 6,5 по сравнению t-критерием для водосвязывающей способности – 2,3. Не обнаружена статистически значимая связь между показателями водосвязывающей способности, числа падения и органолептической оценкой качества хлебобулочных изделий, что не позволяет использовать результаты органолептической оценки для прогнозирования качества мучных смесей с нетрадиционным сырьем.

Для определения вида и типа регрессионной зависимости водосвязывающей способности и числа падения на показатель пористости, экспериментальные данные для этих показателей были аппроксимированы с помощью пакета анализа программы MSExcel. Наиболее адекватным уравнением связи пористости хлебобулочных изделий, является квадратичное уравнение зависимости пористости от числа падения мучных смесей, в котором все коэффициенты являются значимыми при доверительном уровне вероятности 0,05. В связи с этим данное уравнение использовано для анализа и прогноза качества ржано-пшеничных хлебобулочных изделий. Для графической интерпретации результатов анализа по данному уравнению была построена графическая зависимость показателя пористости хлебобулочных изделий от числа падения мучной смеси, приведенная на рисунке 7.

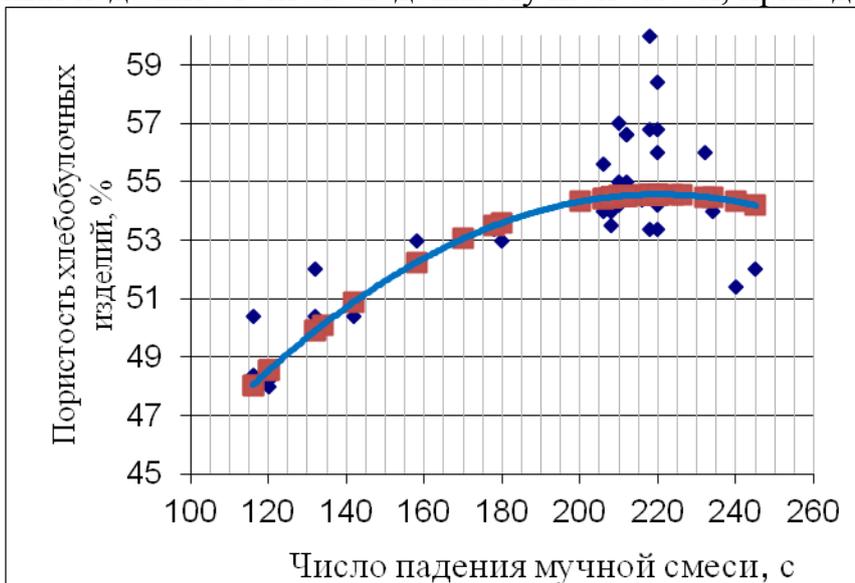


Рисунок 7 – Зависимость пористости ржано-пшеничных хлебобулочных изделий от числа падения мучных смесей

Представленный график показывает, что при показателе числа падения ниже 200 с качество ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с нетрадиционным сырьем достигает минимальных значений. При значениях от 200 до 240 с пористость хлебобулочных изделий имеет максимальные значения, что позволяет принять данный диапазон в качестве критериального, характеризующего качество

мучной смеси для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с нетрадиционным сырьем, позволяющим получить продукцию с высокими потребительскими свойствами. Полученные результаты коррелируют с данными, полученными на мо-

дельных опытах ржано-пшеничных смесей с ячменным солодом, представленными в работах Черных И.В., показывающими, что критической точкой, показателя числа падения ржано-пшеничной муки, обеспечивающей наилучшее качество готовых хлебобулочных изделий, является значение 200 ± 10 с.

Для определения оптимальных начальных характеристик полуфабрикатов для ускоренного тестоприготовления ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с помощью методов математического планирования эксперимента было исследовано влияние факторов: числа падения ржаной муки (X_1), содержания клейковины в пшеничной муке (X_2), количества ржаной муки в ржано-пшеничной смеси (X_3), массовой доли влаги в тесте (X_4) и его начальной кислотности (X_5) на продолжительность брожения, расстойки тестовых заготовок и пористость готовых хлебобулочных изделий. Тесто из модельных ржано-пшеничных мучных смесей готовили ускоренным способом с применением в качестве подкислителя лимонной кислоты. Дозировка прессованных дрожжей и поваренной соли была принята 2,0 % и 1,5 % соответственно.

Аналитическая оценка результатов математического моделирования показала, что на продолжительность брожения теста значимо влияет только один фактор – начальная кислотность теста (X_5), имеющий коэффициент с отрицательным знаком, показывающим, что продолжительность брожения теста сокращается при увеличении начальной кислотности, что коррелирует с литературными данными. На продолжительность расстойки также влияет начальная кислотность теста, чрезмерное увеличение которой будет увеличивать продолжительность расстойки, что обусловлено подавлением дрожжевой микрофлоры.

Регрессионная модель для пористости хлебобулочных изделий, приготовленных ускоренным способом, имеет вид:

$$Y = 66,7 - 6,13X_3 - 3,7X_4^2 + 2,66X_1X_3 + 3,44X_4X_5 \quad (1)$$

Установлено, что на пористость хлебобулочных изделий оказывают влияние следующие факторы: X_3 (количество ржаной муки в ржано-пшеничной смеси, %), X_4^2 , (массовая доля влаги в тесте, %), сочетание факторов X_1X_3 (число падения и количество ржаной муки в ржано-пшеничной смеси) и X_4X_5 (массовая доля влаги в тесте и начальная кислотность теста из ржано-пшеничной смеси).

Интересным является то, что математическая обработка показала незначимость такого фактора, как содержание клейковины в пшеничной муке, вносимой в ржано-пшеничную смесь. Это коррелирует с данными других исследователей, в которых показано, что клейковина в ржано-пшеничных смесях с долей ржаной муки 50 % не отмывается обычными способами. Это свидетельствует о том, что свойства теста из ржано-пшеничной муки в первую очередь обусловлены качеством ржаной муки в смеси.

Счет по модели (1) показал, что лучшие качественные показатели при ускоренном тестоприготовлении имеют хлебобулочные изделия из ржано-пшеничной муки с числом падения 220 с., приготовленные с массовой долей влаги в тесте 50 % и начальной кислотностью 7 градусов.

Глава 5 Разработка теоретических основ создания поликомпонентных смесей для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности с заданными технологическими свойствами. Принципы создания пищевой продукции с повышенной пищевой ценностью имеют в основе эталоны и критерии оптимизации качества пищи, базирующиеся на представлениях об этом в

соответствии с современным уровнем знаний биологии, медицины и науки о пище. Решение задачи оптимизации составов поликомпонентных пищевых продуктов, в том числе ржано-пшеничных хлебобулочных изделий, возможно с использованием показателей, которые могут быть описаны математически. Численные значения оптимальных для усвоения соотношений пищевых веществ, приведенные в формуле сбалансированного питания, дают возможность использовать их в качестве формальных критериев оптимизации при создании поликомпонентных смесей с заданными уровнями пищевой адекватности, в том числе с повышенной биологической ценностью, сбалансированным соотношением белков, жиров и углеводов, а также таких минеральных веществ, как кальций, фосфор и магний.

Однако, создание поликомпонентных смесей для хлебопечения, основанное только на аналитической комбинации количественно-качественной составляющей содержащихся в них нутриентов, имеет весьма существенное несовершенство, связанное с отсутствием гарантии получения конечного продукта достаточного потребительского достоинства. Это показывает практическую и научную значимость создания методологии проектирования поликомпонентных мучных смесей с заданным уровнем технологической адекватности для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности.

Принципы проектирования технологической адекватности поликомпонентных смесей для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий. При исследовании влияния технологических свойств нового и нетрадиционного сырья на свойства ржано-пшеничной муки и хлебобулочных изделий (глава 4) установлена высокая корреляционная зависимость между значениями числа падения смесей и качеством готовых изделий из них. Это показывает, что данный показатель может использоваться в качестве расчетного критерия технологической адекватности при составлении поликомпонентных смесей для ржано-пшеничного хлеба. Сравнительная аналитическая оценка существующих расчетных методов числа падения (по средневзвешенным значениям, эмпирической формуле, разработанной учеными МГУПП и формуле Пертена) показала, что расчет по эмпирической формуле Пертена, в которой учтены парциальные качества вносимых компонентов в смесь путем дополнительного введения в формулу для расчета эмпирических корреляционных зависимостей определенных ранее (глава 4), дает наиболее близкие к экспериментальным значениям числа падения мучных смесей с новым и нетрадиционным сырьем. Усовершенствованная формула расчета позволяет определить число падения хлебопекарной смеси из любого количества компонентов, что показывает ее универсальность в применении. Однако большое количество ингредиентов делает расчеты громоздкими и долгими, что показывает необходимость применения для этой цели современных вычислительных средств.

Методология разработки поликомпонентных смесей для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности. В основе методологического подхода количественно-качественной оценки нутриентного состава поликомпозиционной смеси был принят принцип выделения в качестве ключевой составляющей белковой компоненты смеси. Во многом это обусловлено тем, что белки, являясь эволюционно-обусловленной доминантой пищевого рациона, в целом определяют характер питания. В связи с этим, при формализации



Рисунок 8 – Алгоритм расчета состава поликомпонентной мучной смеси

задачи в качестве целевой функции была принята максимизация количества белка в проектируемой смеси и его биологическая ценность. Для раскрытия потенциала нетрадиционного сырья, вносимого в состав проектируемой хлебопекарной смеси, введены такие параметры, как соотношение белков и углеводов, минеральных веществ Ca:P:Mg и показатель числа падения. Алгоритм расчета состава поликомпонентной мучной смеси представлен на рисунке 8.

Характеристики компонентов, используемых при проектировании хлебопекарной смеси, должны определяться экспериментально или использоваться из заслуживающих доверия источников. Кроме того, должны быть известны или определены

максимально допустимые дозировки нетрадиционных компонентов в хлебопекарную смесь, которые не будут оказывать отрицательного влияния на физико-химические или органолептические показатели готового продукта.

В связи с многозадачностью поставленной цели проектирования мучной поликомпонентной смеси с нетрадиционным сырьем для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий было разработано программное обеспечение с гибким интерфейсом, позволяющее производить необходимые расчеты в соответствии с представленным теоретическим и практическим обоснованием, для создания хлебопекарных смесей повышенной пищевой ценности с заданными технологическими свойствами.

Глава 6 Разработка и оптимизация технологии производства ржано-пшеничных хлебобулочных изделий из поликомпонентных смесей повышенной пищевой ценности. Хлебобулочные изделия с ржаной мукой, являясь традиционным продуктом питания россиян, в настоящее время имеют устойчивую тенденцию к снижению потребления. В связи с этим, особую актуальность имеет расширение ассортимента такой продукции за счет использования поликомпонентных смесей повышенной пищевой ценности и применение новых технологий производства хлебобулочных изделий с ржаной мукой. В связи с этим, для соответствия современным реалиям развития хлебопечения, проведены исследования, посвященные разработке полуфабрикатов для ускоренного производства хлеба с ржаной мукой и применению их при производстве хлебобулочных изделий из мучных поликомпонентных смесей повышенной пищевой ценности, полученных расчетным методом.

Научно-практическое обоснование технологии ускоренного производства ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с применением органических кислот и прессованных дрожжей. Установлено, что однофазное приготовление ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с использованием органических кислот позволяет применять для этих целей уксусную, молочную, лимонную, янтарные кислоты, а также их смеси для получения продукции с достаточным физико-химическим достоинством. Дозировка кислот должна обеспечивать начальную кислотность теста, определенную ранее (глава 4), равную 7 град. Методами математического планирования эксперимента определена дозировка прессованных хлебопекарных дрожжей для ускоренного способа производства ржано-пшеничного хлеба, обеспечивающая его наилучшие качественные показатели – 2,2 % - 2,8 % к общей массе смеси. Однако, ржано-пшеничные хлебобулочные изделия, приготовленные только с использованием кислот и прессованных дрожжей, не обладают достаточными вкусовыми характеристиками, что обусловило дальнейшее развитие исследований направленных на получение подкислителей на основе органических кислот и других ингредиентов, способных формировать органолептическое восприятие ржано-пшеничных хлебобулочных изделий.

Разработка подкислителей для технологии ускоренного производства ржано-пшеничных хлебобулочных изделий из поликомпонентных мучных смесей повышенной пищевой ценности. В результате проведенных исследований с использованием симплекс-решетчатого планирования эксперимента были разработаны три вида подкислителей для ускоренного производства ржано-пшеничных хлебобулочных изделий:

1. С использованием смеси кислот (молочная, уксусная, винная, янтарная, лимонная и муравьиная), нативной молочной сыворотки и концентрата квасного сусла. Дозировка подкислителя - 12,8 % к массе мучной смеси.
2. Из смеси порошка брусники, сухой молочной сыворотки и лимонной кислоты. Дозировка подкислителя – 8,5 % к массе мучной смеси.
3. Из смеси порошка яблока, клюквы, рябины, калины и лимонной кислоты. Дозировка подкислителя 5 % к массе смеси.

Проводили сравнительную оценку качественных показателей ржано-пшеничных хлебобулочных изделий, приготовленных ускоренным способом с использованием только кислоты (или смеси кислот) и по классической технологии на густой ржаной закваске.

Установлено, что молочные продукты, концентрат квасного сусла и фруктово-ягодные порошки в составе подкислителей позволили улучшить вкус и запах конечного продукта за счет привнесения оттенков вкуса самих компонентов, а также наличия в них значительного количества сахаров, участвующих в реакции меланоидинообразования. Это повысило органолептическую оценку хлебобулочных изделий, выработанных ускоренным способом, и приблизило ее к образцу, приготовленному по классической технологии.

Рецептуры и технологии ржано-пшеничных хлебобулочных изделий на основе использования поликомпонентных мучных смесей повышенной пищевой ценности с заданными технологическими свойствами. В результате оптимизации состава поликомпонентных смесей для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с помощью программного обеспечения, алгоритм работы которого представлен на рисунке 8, было сгенерировано более 40 модельных смесей. После ана-

лиза расчетных данных было отобрано 9 смесей с показателем биологической ценности не менее 70 % со сбалансированным составом по основным макро- и микронутриентам. Кроме новых видов пищевых ингредиентов в их состав включены: сухая молочная сыворотка, сухое молоко, мука соевая, чечевичная, семена кунжута и подсолнечника. Приготовление хлебобулочных изделий из модельных смесей осуществляли ускоренным способом, по технологии, представленной выше с использованием подкислителей. Качественные показатели готовых изделий, приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели качества хлебобулочных изделий из мучных поликомпонентных смесей

Наименование показателя	Характеристика ржано-пшеничных хлебобулочных изделий								
	обогащенных пищевыми волокнами		с сахаросодержащими порошками из картофеля			заварных			
	ППС	ППСЭ	СПК	СПКрж	СПКпш	Заварка из муки ячменной	Заварка из муки рисовой	Заварка из муки гречневой	Заварка из муки пшеничной
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Массовая доля влаги, %	49,5±0,5	49,5±0,5	49,5±0,5	49,5±0,5	49,5±0,5	49,5±0,5	49,5±0,5	50,0±0,5	50,0±0,5
Удельный объем, г/см	1,7±0,1	1,8±0,1	1,7±0,1	1,8±0,1	1,8±0,1	1,4±0,1	1,4±0,1	1,5±0,1	1,5±0,1
Пористость, %	52,5±1,0	55,0±1,0	52,5±1,0	55,0±1,0	55,5±1,0	48,2±1,0	48,2±1,0	48,5±1,0	48,5±1,0
Кислотность, град	9,0±0,2	9,0±0,2	9,0±0,2	9,0±0,2	9,0±0,2	9,0±0,2	9,0±0,2	9,0±0,2	9,0±0,2
Выход, %	150,2	151,2	147,7	146,2	147,7	148,0	148,2	148,8	147,6
Орг.оценка, балл	70,5±2,0	65,0±2,0	70,5±2,0	65,0±2,0	70,5±2,0	72,0±2,0	72,0±2,0	71,5±2,0	69,5±2,0

Результаты определения переваримости хлебобулочных изделий из мучных поликомпонентных смесей *in vitro* представлены на рисунке 9. В качестве контрольного образца использовано хлебобулочное изделие из торговой сети – хлеб ржано-пшеничный «Спасский» по ТУ 1091451-006-48363077-2016 (АО «Орловский хлебокомбинат»). Установлено, что показатели переваримости опытных образцов выше, чем хлеба «Спасского», что обусловлено большим содержанием в них водорастворимых белков, лучше поддающихся расщеплению пищеварительными ферментами.

Произведен расчет содержания основных пищевых веществ в 100 г разработанных хлебобулочных изделий (таблица 4).

Таблица 4 – Химический состав 100 г хлебобулочных изделий из мучных поликомпонентных смесей

Наименование пищевых веществ	Хлеб ржано-пшеничный «Спасский»	Характеристика ржано-пшеничных хлебобулочных изделий								
		обогащенные пищевыми волокнами		с сахаросодержащими порошками из картофеля			заварные			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Белок, г/100 г	7,1	8,9	8,8	9,3	9,3	9,4	7,9	8,5	9,3	9,4
Липиды, г/100 г	2,7	5,2	4,2	4,7	4,6	4,8	5,5	6,8	5,4	6,2
Углеводы (моно-дисахариды+крахмал), г/100 г	43,0	33,5	35,2	35,5	35,2	35,6	36,2	34,5	33,8	33,5
Кальций, мг/100 г	18,3	100,3	105,7	95,8	106,3	111,6	101,0	114,3	138,7	121,2
Фосфор, мг/100 г	105,1	124,4	135,9	145,9	153,7	153,0	169,6	162,8	168,3	163,3
Магний, мг/100 г	41,7	52,4	59,2	62,0	60,8	65,0	60,3	67,5	82,6	73,9
Клетчатка, мг/100 г	0,2	3,1	1,7	1,2	0,9	0,9	1,1	0,9	0,9	1,0
Энергетическая ценность, ккал	214,5	221,1	218,2	226,4	224,3	228,1	230,8	238,1	225,8	232,3
Биологическая ценность, %	62,2	79,0	75,4	77,1	74,7	74,1	70,1	80,6	79,0	78,8

Расчет содержания основных пищевых веществ 100 г хлебобулочных изделий из мучных поликомпонентных смесей показывает, что содержание белка в них выше, чем у хлеба ржано-пшеничного «Спасского» на 0,3 % - 1,8 %, липидов – на 9,3 % - 12,1 %, количество углеводов снизилось на 8,1 % - 12,8 %, уровень пищевых волокон увеличился в 4,7-15,3 раза, количество кальция – в 5,5-6,6 раза, фосфора – в 1,2-1,6 раза, магния – в 11,4-2,0 раза.

При этом в разработанных хлебобулочных изделиях биологическая ценность повысилась на 8,1 % - 17,0 %, соотношение белков:жиров:углеводов находится в соотношении, соответствующем оптимальному усвоению этих пищевых веществ – 1,0:0,8:3,9-4,8, соотношение минеральных веществ – Ca:Mg:P соответствует 1:0,5-0,6:1,2-1,5. Расчеты показывают, что разработанные хлебобулочные изделия имеют максимально возможно сбалансированный состав.

Расчет уровня удовлетворения суточной потребности показал, что за счет употребления 250 г разработанных хлебобулочных изделий потребность в кальции, магнии и фосфоре удовлетворяется более 15 %. Пищевые волокна в норме более 15 % содержатся в хлебобулочных изделиях из поликомпонентных смесей с порошками пищевыми свекловичными и заваркой из муки ячменной. За счет разработанных хлебобулочных изделий нормы суточного удовлетворения в белках увеличиваются на 9,2 % - 47,7 % по сравнению контролем. На поликомпонентные мучные смеси получены патенты РФ №№2527298, 2533042, 2556895. Разработанные рецептуры могут быть адаптированы к технологическому процессу и оборудованию, установленному на хлебопекарных предприятиях и не требуют дополнительных затрат для своего производства.

В исследованиях *in vivo* определено, что хлебобулочные изделия из поликомпонентных смесей в рационе лабораторных животных увеличивают скорость обменных процессов. Введение в рацион 14 добровольцев нового вида хлеба из поликомпонентной смеси сбалансированного состава способствовало увеличению к концу исследования числа добровольцев с нормальным уровнем холестерина и ЛПНП, что свидетельствует о положительном влиянии систематического употребления разработанного сорта хлеба на липидный обмен. Оценка качества жизни с применением программы-опросника «Тест оценки качества жизни» (SF-36) позволил установить, что после введения в рацион нового хлеба отмечается тенденция к увеличению значений по всем показателям шкалы качества жизни. При этом для таких показателей, как физическое функционирование и психическое здоровье это увеличение достигает уровня достоверных различий, повышаясь к концу исследования соответственно на 17,5 % и 37,2 %. Полученные данные позволяют считать, что введение в рацион нового вида хлеба оказывает положительное влияние на психоэмоциональное состояние добровольцев, способствуя снижению депрессии, повышает уровень физического функционирования, который отражает степень влияния состояния здоровья на желание заниматься двигательной деятельностью.

Расчет конкурентоспособного потенциала ржано-пшеничных хлебобулочных изделий сбалансированного состава показал, что введение в рецептуры нетрадиционных видов сырья увеличивает затраты и соответственно себестоимость продукции на 5,2 % - 10,1 %. При этом, расчетный интегральный показатель конкурентоспособности составляет 1,1-1,88 за счет более высоких значений сводного индекса технических параметров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате комплексных исследований разработана научная концепция и методология создания поликомпонентных мучных смесей для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий, рецептур и ускоренных технологий их производства на основе аналитической оценки химического состава и технологических свойств нетрадиционного сырья путем применения формализованных методов оптимизации нутриентной и технологической адекватности с использованием компьютерных технологий.

Результаты выполненных работ представлены в следующих выводах:

1. На основе анализа современных проблем питания населения обозначены задачи, связанные с коррекцией пищевой ценности хлебобулочных изделий. Интенсивное развитие в России малых форм хлебопечения влечет за собой необходимость в адаптированных, ускоренных технологиях производства ржано-

пшеничных хлебобулочных изделий, которые удовлетворяются в основном за счет импортных мучных смесей и добавок. Путем решения современных вызовов, стоящих перед отечественным хлебопечением, является создание с целью повышения здоровья населения и импортозамещения собственных разработок поликомпонентных мучных смесей повышенной пищевой ценности и сухих полуфабрикатов – заварок и подкислителей для ускоренного производства.

2. Теоретически и экспериментально обоснованы режимы переработки вторичных сырьевых ресурсов (нетоварного картофеля и сухой обессахаренной свекловичной стружки) в новые виды пищевого сырья – сахаросодержащие порошки из картофеля и порошки пищевые свекловичные.

2.1 Исследованы зависимости скорости разжижения и осахаривания нетоварного картофеля в высокоосахаренный полуфабрикат от технологических параметров модификации, на основании которых определены оптимальные режимы разжижения путем гидротермической обработки в течение 40 минут и осахаривания: температура 65-77 °С, рН 4,8-5,0, содержание сухих веществ в субстрате 19,4 % - 25,0 %, дозировка ферментного препарата 22-66 Е/г. Применение рециркуляционной сушки высокоосахаренного полуфабриката с применением в качестве осушителей сахаросодержащего порошка из картофеля предыдущего приготовления, муки ржаной обдирной, муки пшеничной первого сорта позволило получить три вида сахаросодержащих продуктов из картофеля СПК, СПКрж, СПКпш.

2.2 Определены зависимости водосвязывающей и сорбционной способности, а также содержания пектиновых веществ от технологических параметров физико-химической модификации сухой обессахаренной свекловичной стружки, на основании которых установлены оптимальные режимы получения порошка пищевого свекловичного (ППС): рН-среды 5,0-5,6, продолжительность гидролиза 22-27 минут, температура 72-74 °С, сушка полупродукта при температуре 90-95 °С в течение 50-60 минут. Для моделирования водоудерживающей и сорбционной способности нового вида сырья определены оптимальные режимы экструзионной обработки ППС совместно с кукурузным крахмалом: соотношение кукурузного крахмала и ППС – 45:55, влажность смеси 20% - 25 %, температура 180±10 °С.

2.3 Исследовано влияние сахаросодержащих продуктов из картофеля и порошков пищевых свекловичных *in vivo*. Установлено, что введение в рацион подопытных животных сахаросодержащего порошка из картофеля снижает уровень холестерина в сыворотке крови до 15 %, АСТ – до 4 %. Добавление к рациону порошка пищевого свекловичного экструдированного увеличивает содержание в сыворотке крови количество общего белка до 4,6 %, снижает уровень холестерина до 1,8 %, увеличивает содержание лактобактерий в кишечнике – в 1,8 раз. Внесение новых видов сырья в рацион питания подопытных животных не оказывает отрицательного воздействия на физиологические функции живого организма.

2.4 Обосновано использование муки крупяных культур (ячменной, рисовой, гречневой и пшеничной) на основе анализа их амилографических показателей. Крахмалы данного сырья более термостабильны, для их клейстеризации, разжижения и осахаривания требуется более длительное время – на 30-60 минут больше, чем для ржаной обдирной муки. Для получения сухих полуфабрикатов для ускоренного производства заварки высушивают до влажности не более 15 % и измельчают.

3. Получены новые данные о химическом составе и технологических свойствах нетрадиционных видов пищевого сырья.

3.1 Комплексная их оценка показала, что сахаросодержащие порошки из картофеля, порошки пищевые свекловичные, заварки из муки крупяных культур, молоко сухое обезжиренное, сыворотка молочная сухая, мука соевая и чечевичная, семена подсолнечника и кунжута могут использоваться для улучшения минеральной ценности хлеба, корректировки соотношения белков и углеводов, повышения биологической ценности, содержания пищевых волокон, а также будут участвовать в формировании технологических свойств поликомпонентных мучных смесей (водосвязывающей, водоудерживающей способности и числа падения).

3.2 Оценка технологического потенциала сырья: сыворотки сухой, сыворотки творожной нативной, концентрата квасного сула, порошков брусники, клюквы, калины, рябины, яблока позволила установить, что данные виды сырья, обладая высокой кислотностью и содержанием водорастворимых углеводов, будут интенсифицировать технологический процесс, что показывает целесообразность их применения в составе подкислителей для ускоренного производства хлебобулочных изделий с ржаной мукой.

4. Установлено, что показатель числа падения сырьевых компонентов поликомпонентных смесей позволяет прогнозировать их технологический потенциал, формирующий качество полуфабрикатов и готовых изделий. Выявлена высокая корреляционная связь между числом падения поликомпонентных мучных смесей с разной дозировкой нетрадиционного сырья и качеством хлебобулочных изделий из них. Определено критериальное значение числа падения мучных смесей с нетрадиционным сырьем, равное 200-240 с, которое позволяет получить ржано-пшеничные хлебобулочные изделия с наиболее высокими качественными показателями.

5. В основе методологического подхода количественно-качественной оптимизации нутриентного состава поликомпонентной мучной смеси принято выделение в качестве ключевой составляющей белковой компоненты смеси, а для раскрытия потенциала нетрадиционного сырья, вносимого в состав проектируемой смеси, использованы такие параметры, как соотношение белков и углеводов, минеральных веществ Са:Р:Мг и показатель числа падения. Реализация представленного подхода осуществлена с помощью программного обеспечения.

6. Реализованы методологические принципы создания разнообразного ассортимента поликомпонентных смесей для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с нетрадиционным сырьем (обогащенных пищевыми волокнами, с сахаросодержащими порошками из картофеля, заварных), рецептур на их основе и технологических решений с применением подкислителей сбалансированного состава для ускоренного производства. Установлено, что биологическая ценность разработанных хлебобулочных изделий выше на 8,1 % - 17,0 %, соотношение белков:жиров:углеводов соответствует 1,0:0,8:3,9-4,8, кальций:магний:фосфор— 1:0,5-0,6:1,2-1,5. При этом, по кальцию, фосфору, магнию суточная потребность человека удовлетворяется более чем на 15 % при этом уровень суточного удовлетворения в белках увеличивается на 9,2 % - 47,7 % по сравнению с контролем. Пищевые волокна в норме более 15 % содержатся в хлебобулочных изделиях из поликомпонентных смесей с порошками пищевыми свекловичными и заваркой из муки ячменной.

7. Разработаны и утверждены 3 комплекта технической документации на новые виды сырья (сахаросодержащие продукты из картофеля, порошки пищевые

свекловичные, заварки сухие крупяные), а также 3 – на мучные смеси и хлебобулочные изделия с нетрадиционным сырьем, проведена промышленная апробация.

8. За счет более высоких значений сводного индекса технических параметров расчетный интегральный показатель конкурентоспособности разработанных поликомпозиционных смесей повышенной пищевой ценности и ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с их использованием составляет 1,1-1,88.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНО В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК

1. Корячкина, С.Я. Определение конкурентоспособности хлебобулочных изделий / С.Я. Корячкина, **Н.А. Березина** // Хлебопродукты, №7 – 2007 – С. 62.

2. Березина, Н.А. Исследование влияния пшеничной муки на качество заварных хлебобулочных изделий / **Н.А. Березина** // Хлебопродукты – 2010 – №5– С.35-37.

3. Березина, Н.А. Рисовая мука в производстве заварных ржано-пшеничных хлебобулочных изделий / **Н.А. Березина**, С.Я. Корячкина // Хлебопечение России. – 2011. – № 4. – С. 18-19.

4. Березина, Н.А. Оптимизация состава готовой мучной смеси для заварных ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с рисовой заваркой / **Н.А. Березина**, С.Я. Корячкина, // Хлебопечение России. – 2011. – № 6. – С. 30-32.

5. Березина, Н.А. Исследование влияния вторичного сырья на качество хлебобулочных изделий из смеси ржаной и пшеничной муки / **Н.А. Березина** // Хлебопродукты. – 2011 – № 10. – С. 44-45.

6. Березина, Н.А. Сахаросодержащая паста из картофеля / **Н.А. Березина** // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2011. – №10 – С.56-57

7. Березина, Н.А. Использование гречневой муки при производстве заварных хлебобулочных изделий / **Н.А. Березина** // Хлебопродукты. – 2012. – №1. – С.52-54.

8. Березина, Н.А. Применение ячменной муки для повышения качества хлебобулочных изделий / **Н.А. Березина** // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2012. – №1. – С. 57-62.

9. Березина, Н.А. Моделирование состава готовых мучных смесей для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий методом симплекс-решетчатого планирования / **Н.А. Березина** // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2012.– №2. – С. 18-24

10. Березина, Н.А. Моделирование состава готовой мучной смеси для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий / **Н.А. Березина**, И.В. Губина // Хлебопродукты – 2012 - №2. - С.44-46.

11. Березина, Н.А. Моделирование состава мучных смесей для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий, обогащенных пищевыми волокнами / **Н.А. Березина**, Н.В. Мазалова // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2013. – № 1 – С.30-37.

12. Мазалова Н.В. Исследование влияния нетрадиционного сырья в составе мучных смесей для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий / Н.В. Мазалова, **Н.А. Березина**, Т.Н. Егорочкина // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2013. – № 1 – С.7-15

13. Березина, Н.А. Оптимизация способа получения сахаросодержащего сырья из картофеля / *Н.А. Березина*, И.В. Матвеева, А.М. Орлова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств», 2013. – №2. [Электронный ресурс]: <http://www.processes.ihbt.ifmo.ru>

14. Березина, Н.А. Исследование влияния нетрадиционного сырья в составе мучных смесей для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий / *Н.А. Березина*, С.Я. Корячкина, Н.В. Зайцев // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов, Орел: ГУ-УНПК. – 2013. – № 1 – С.7-15

15. Березина, Н.А. Применение сахаросодержащего сырья из картофеля при производстве хлебобулочных изделий / *Н.А. Березина*, С.Я. Корячкина, А.М. Орлова // Хлебопродукты, 2013 – №5 – С.45-47

16. Березина, Н.А. Моделирование состава мучной смеси для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий / *Н.А. Березина*, С.Я. Корячкина, А.М. Орлова // Хлебопродукты, 2013 – №6 – С.45-48

17. Березина, Н.А. Получение пищевых волокон из вторичного сырья / *Н.А. Березина*, Н.В. Мазалова, А.В. Тарасова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств», 2014. – No1. [Эл. ресурс <http://www.proc.ihbt.ru>]

18. Березина, Н.А. Исследование влияния способов приготовления на качество заварных хлебобулочных изделий / *Н.А. Березина*, Я.В. Борисенко, Е.С. Курзюкова // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов, 2014, №1. – С 3-13

19. Орлова, А.М. Обогащенный сахаросодержащий порошок из картофеля / А.М. Орлова, *Н.А. Березина*, // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов, Орел: ГУ-УНПК. – 2015. – № 2 (31) – С.12-15

20. Артемов, А.В. Моделирование состава многокомпонентных смесей повышенной биологической ценности для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий на основе разработки и использования автоматизированной системы научных исследований / А.В. Артемов, *Н.А. Березина* // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2015. - №3 (31). - С. 8-14.

21. Березина, Н.А. Мучная смесь для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с сахаросодержащим порошком из картофеля / *Н.А. Березина*, А.М. Орлова // Хлебопродукты. – 2015. - №9. – С. 60-62

22. Березина, Н.А. Моделирование состава поликомпонентных мучных смесей с заданными показателями пищевой адекватности / *Н.А. Березина*, А.В. Артемов, Б.И. Чуев // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств», 2016. – №3. [Электронный ресурс]: <http://www.processes.ihbt.ifmo.ru>

23. Орлова, А.М. Сахаросодержащие продукты из картофеля – новый сырьевой компонент для безопасных продуктов питания / А.М. Орлова, *Н.А. Березина* // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – №1(48). – 2018. – С.24-28

Статьи в журналах, относящихся к базе данных WebOfSciences

24. Berezina, N. A., Use of a Simplex Method with an Artificial basis in Modeling of Flour Mixtures for Bakery Products// N. Berezina, A. Artemov, I. Nikitin, I. Zavalishin // (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 2017, vol. 8, no. 12, pp. 338-344.

25. Berezina, N The Method of Computer-Aided Design of a Bread Composition with Regard to Biomedical Requirements // N. Berezina, A.Artemov, I. Nikitin, A.Budnik // (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 2019, vol. 10, no. 5, pp. 137-143

Патенты РФ.

26. Пат. №2228638 Российская Федерация, A21D8/02. Способ производства хлеба из ржаной и пшеничной муки [Текст] / С.Я. Корячкина, **Н.А. Березина**; заявитель и патентообладатель Орловский государственный технический университет – № 2002108464; заявл. 03.04.2002; опубл. 20.05.04. – 8 с.

27. Пат. №2409954 Российская Федерация, A21D8/02, A21D13/04. Способ производства заварных хлебобулочных изделий [Текст] / С.Я. Корячкина, **Н.А. Березина**; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс» – № 2009129692; заявл. 03.08.2009; опубл. 27.01.11. – 10 с.

28. Пат. №2429622 Российская Федерация, A21D8/02, A21D13/04. Способ производства заварного хлеба [Текст] / **Н.А. Березина**, А.С. Хомяков; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс» – № 2010111214; заявл. 23.03.2010; опубл. 27.09.11. – 10 с.

29. Пат. №2430527 Российская Федерация, A21D8/02, A21D13/04. Способ производства заварного хлеба [Текст] / **Н.А. Березина**, Е.В. Горбачева, А.С. Хомяков; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс» – № 2010112175; заявл. 29.03.2010; опубл. 10.10.11. – 8 с.

30. Пат. №2467573 Российская Федерация, A21D8/02, A21D2/00. Способ производства хлеба из смеси муки ржаной и пшеничной [Текст] / **Н.А. Березина**; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс» – № 2011108778; заявл. 09.03.2011; опубл. 27.11.12. – 11 с.

31. Пат. №2480010 Российская Федерация, A21D8/02, A21D2/00. Способ производства заварных хлебобулочных изделий из смеси муки ржаной и пшеничной [Текст] / **Н.А. Березина**; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс» – № 2011122134; заявл. 31.05.2011; опубл. 27.04.13. – 8 с.

32. Пат. №2509465 Российская Федерация, A21D8/02. Состав заварки для производства хлебобулочных изделий [Текст] / **Н.А. Березина**; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс» – № 2012114337; заявл. 11.04.2012; опубл. 20.03.14. – 4 с.

33. Пат. №2527298 Российская Федерация, А21D8/02. Состав для производства хлебобулочных изделий из смеси ржаной и пшеничной муки [Текст] / **Н.А. Березина**, О.В. Жданова; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс» – № 2012137635; заявл. 27.08.2014; опубл. 08.08.14. – 4 с.

34. Пат. №2533042 Российская Федерация, А21D8/02. Состав для производства ржано-пшеничных хлебобулочных изделий [Текст] / **Н.А. Березина**; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс» – № 2013113019; заявл. 20.11.2014; опубл. 16.09.14. – 4 с.

35. Пат. №2556895 Российская Федерация, А21D8/02 Состав для производства хлебобулочных изделий [Текст] / **Н.А. Березина**; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс» – № 2014110289; заявл. 18.03.2014; опубл. 19.06.15. – 4 с.

36. Пат. №255822 Российская Федерация, А23L 1/308. Способ получения экструдированных пищевых волокон [Текст] / **Н.А. Березина**, Н.В. Мазалова; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс» – № 2014110289; заявл. 14.04.2014; опубл. 01.06.15. – 10 с.

37. Пат. №2580137 Российская Федерация, А21D8/02 Способ производства хлеба с добавлением сахаросодержащего порошка из картофеля [Текст] / **Н.А. Березина**, А.М. Орлова; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс» – № 2014110289; заявл. 10.12.2014 ; опубл. 10.03.16. – 10 с.

Монографии

38. Корячкина, С.Я. Н.А. Инновационные технологии хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий: монография / [С.Я. Корячкина, **Н.А. Березина**, Ю.В. Гончаров и др.]; под редакцией д-ра техн. наук, проф. С.Я. Корячкиной. – Орел: ФГОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», 2011. – С. 117-194.

39. Березина, Н.А. Исследование влияния пшеничной муки на качество заварных хлебобулочных изделий [Текст] / **Н.А. Березина** // Совершенствование технологий хлебобулочных, кондитерских и макаронных изделий функционального назначения: монография / под ред. д-ра техн. наук, проф. С.Я. Корячкиной. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК» – 2012. – С. 5-19.

40. Березина, Н.А. Расширение ассортимента и повышение качества ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с сахаросодержащими добавками / **Н.А. Березина** // Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК» – 2012. – 232 с.

41. Березина, Н.А. Применение муки крупяных культур при производстве заварных хлебобулочных изделий / **Н.А. Березина**, С.Я. Корячкина // Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК». – 2012. – 231 с.

