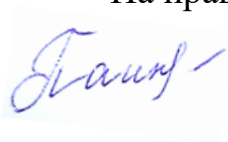
На правах рукописи



Панкратьева Наталья Анатольевна

РАЗРАБОТКА ХЛЕБА ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ И ЕГО ТОВАРОВЕДНАЯ ОЦЕНКА

Специальность 05.18.15 –
Технология и товароведение пищевых продуктов
функционального и специализированного назначения
и общественного питания

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Екатеринбург – 2020

Работа выполнена на кафедре технологии питания
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Уральский государственный экономический университет»

Научный руководитель: **Заворохина Наталия Валерьевна** (Россия), доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии питания ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

Официальные оппоненты: **Медведев Павел Викторович** (Россия), доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии пищевых производств ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»

Марков Александр Сергеевич (Россия), кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания из растительного сырья ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет»

Защита диссертации состоится 18 декабря 2020 г. в 15:00 на заседании диссертационного совета Д 212.287.02 при ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет» по адресу: 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», зал диссертационных советов (ауд. 150).

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет». Автореферат размещен на официальном сайте ВАК при Минобрнауки России: https://vak.minobrnauki.gov.ru и на сайте ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»: http://science.usue.ru.

Автореферат разослан «____» октября 2020 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент О. В. Феофилактова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Согласно Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г., утвержденной распоряжением Правительства РФ от 29 июня 2016 г. № 1364-р, разработка способов, направленных на улучшение качества, сохранение свежести, микробиологической устойчивости хлебобулочных изделий, является приоритетным направлением пищевой промышленности.

На сегодняшний день, по данным Министерства сельского хозяйства и АПК, в Свердловской области насчитывается 1 158 отдаленных или труднодоступных поселений с населением от 1 до 1 080 чел. Такие поселения не имеют своих пекарен, продукты туда доставляются 2–3 раза в месяц либо торговля ведется по системе «автолавка на колесах». Также в Свердловской области имеются населенные пункты, которые ежегодно в период паводка подвержены затоплениям – это крупные города Ирбит, Артемовский, пос. Белоярский и др. В чрезвычайных ситуациях хлеб с повышенным сроком хранения является необходимым ресурсом для жизнеобеспечения населения. На основании вышесказанного разработка рецептуры хлеба из пшеничной муки (далее – ХПМ) со сроком годности не менее семи суток с сохранением потребительских характеристик представляется актуальной и своевременной задачей, что и определило цель дальнейших исследований.

Степень разработанности темы. Проблеме сохранения свежести хлебобулочных изделий, роли ферментных препаратов, пищевых добавок и упаковывания, обработке хлеба инфракрасным излучением посвящены работы таких ученых, как Л.Я. Ауэрман, Т.Г. Богатырева, В.В. Бирюков, В.А. Гольдаде, А.Ф. Горячева, Н.И. Давыденко, Л.Г. Ермош, И.М. Жаркова, Р.В. Кузминский, Ф.М. Кветный, П.И. Кудинов, Т.Г. Колупаева, Н.В. Лабутина, Н.В. Лейберова, И.И. Лющинская, А.С. Марков, И.В. Матвеева, П.В. Медведев, Н.В. Науменко, А.С. Неверов, Л.П. Нилова, Т.В. Першакова, Л.С. Пинчук, И.А. Попадич, Л.И. Пучкова, Р.Д. Поландова, В.С. Потавина, И.П. Петраш, А.С. Романов, Р.М. Рахимберлина, Г.Н. Слабыня, Н.Н. Типсина, Т.Г. Тулякова, Л.С. Черная, И.Н. Щеблыкин, Т.Б. Цыганова, И.Ю. Ухарцева, A. Williams, G. Pullen, J. Hamelman, R.C. Hoseney и др. Предложенные учеными технологические приемы, методы, добавки для сохранения свежести хлеба были направлены на ингибирование картофельной болезни (КБХ) и плесневения хлеба либо на улучшение реологических свойств мякиша. Вместе с тем требуется расширение современных исследований, направленных на комплексное сохранение потребительских характеристик хлеба длительного хранения, чем обусловлена актуальность диссертационного исследования.

Цели и задачи работы

Целью исследования являлась разработка хлеба длительного хранения из пшеничной муки, сохраняющего высокие потребительские характеристики в течение всего срока годности.

В соответствии с поставленной целью определены следующие *задачи* исследования:

– систематизировать литературные данные отечественных и зарубежных источников, патентные данные по теме исследования;

– провести мониторинг качества хлебобулочных изделий, представленных в торговых предприятиях г. Екатеринбурга;

– предложить методику для определения степени зараженности пшеничной муки картофельной болезнью хлеба;

– разработать описательную балльную шкалу степени зараженности пшеничной муки КБХ, учитывающую взаимосвязь органолептического и инструментального методов анализа;

– разработать рецептуру комплексной добавки для ингибирования КБХ, изучить динамику показателей качества ХПМ с комплексной добавкой в процессе длительного хранения, установить регламентируемые показатели, условия и сроки хранения;

– исследовать влияние амилозы в пшеничной муке на процесс черствения ХПМ;

– разработать технологию микронизации бетулина; исследовать влияние наносуспензии бетулина в сочетании с эмульгаторами на срок хранения ХПМ. Разработать рецептуру ХПМ с наносуспензией бетулина, установить регламентируемые показатели, условия и сроки хранения ХПМ, разработать НТД, провести опытно-промышленную апробацию.

Научная новизна. Диссертационная работа содержит элементы научной новизны, соответствующие п. 5 и 9 Паспорта специальности ВАК РФ 05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов функционального и специализированного назначения и общественного питания.

1. Разработана экспресс-методика колориметрического определения зараженности пшеничной муки спорами *Bac. subtilis* по содержанию в ней эритродекстринов, дающих красно-бурое окрашивание при взаимодействии с раствором йода (*п. 9 Паспорта специальности ВАК РФ 05.08.15*).

2. Впервые предложена и научно обоснована описательная дегустационная балльная шкала степени зараженности картофельной болезнью хлеба, основанная на корреляции описательных органолептических характеристик ХПМ разной степени зараженности и КОЕ/см³ с делением на градации качества (*п. 9 Паспорта специальности ВАК РФ 05.08.15*).

3. Впервые исследован синергизм бетулина, низина и аскорбиновой кислоты при их совместном использовании для ингибирования КБХ. Определено, что внесение комплексной добавки, содержащей 0,015 % низина, 0,01 % бетулина, 0,003 % аскорбиновой кислоты к массе муки, является оптимальным для ингибирования КБХ и роста плесневых грибов с сохранением требуемых потребительских характеристик ХПМ в течение 10 сут (*п. 5 Паспорта специальности ВАК РФ 05.08.15*).

4. Установлено, что снижение количества амилозы с 32,5 до 12,5 % оказывает прямое влияние на сохранение свежести ХПМ до 5 сут, но не

является эффективным для ингибирования КБХ (*п. 5 Паспорта специальности ВАК РФ 05.08.15*).

5. Научно обоснована методика получения стабильной наносуспензии бетулина, включающая его перевод в водорастворимое состояние, введение эмульгаторов, повышающих седиментационную устойчивость суспензии. Исследовано влияние наносуспензии бетулина с эмульгаторами различной природы на ингибирование КБХ и увеличение срока годности ХПМ (*п. 5 Паспорта специальности ВАК РФ 05.08.15*).

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы заключается в научном обосновании разработки способов производства ХПМ длительного срока хранения. Практическая значимость работы подтверждается актами внедрения. Результаты мониторинга качества хлебобулочных изделий использованы Администрацией г. Екатеринбурга в виде практических рекомендаций в рамках стратегического проекта «Производство качественных продовольственных товаров – здоровый образ жизни горожан».

Разработанный экспресс-метод определения степени зараженности пшеничной муки спорами *Bac. subtilis* используется в ООО «Багет». Разработанная описательная шкала экспресс-оценки зараженности хлеба КБХ используется ООО Центр «Дегустатор» (г. Екатеринбург), ООО «Багет» (г. Челябинск).

Разработаны рецептура, ТУ 10.61.24-010-02069214-2019 «Комплексная добавка для хлеба длительного хранения «Бетуларин» и ТИ 10.61.24-010-02069214 «Технологическая инструкция по изготовлению комплексной добавки «Бетуларин» для хлеба длительного хранения; рецептура, ТУ 10.72.19-009-02069214-2019 «Хлеб длительного хранения «Хлебушко» и ТИ 10.72.19-009-02069214 «Технологическая инструкция по изготовлению хлеба длительного хранения «Хлебушко». Новизна технических решений подтверждена патентом РФ № 2723520 «Способ подавления картофельной болезни и плесневения». Комплексная добавка «Бетуларин» и наносуспензия бетулина внедрены в производство на предприятии ООО «Багет» (г. Челябинск).

Результаты работы используются в учебном процессе на кафедре технологии питания ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет» при проведении лекционных и практических занятий, а также при выполнении выпускных квалификационных работ бакалавров и магистров по направлению подготовки «Технология продукции и организация общественного питания».

Методология и методы исследования. При решении поставленных задач применяли общепринятые стандартные и специальные методы исследований: органолептические, физико-химические, микробиологические, и статистические. Исследования проводились в 3–5-кратной повторности.

Положения, выносимые на защиту:

1) обоснование целесообразности разработки ХПМ длительного хранения;

2) способы увеличения сроков годности пшеничного хлеба, в том числе при использовании (варианты):

– комплексной добавки на основе бетулина, низина и аскорбиновой кислоты;

– пшеничной муки с пониженным содержанием амилозы;

– высокодисперсной наносуспезии бетулина; и их сравнительная оценка;

3) технология получения высокодисперсной наносуспензии бетулина;

4) описательная дегустационная шкала экспресс-оценки зараженности хлеба КБХ и ее корреляция с инструментальным методом.

5) рецептуры и технология изготовления ХПМ длительного хранения.

Степень достоверности результатов подтверждается проведением экспериментов в многократной повторности с применением стандартных и специальных современных методов исследований, статистической обработкой данных результатов эксперимента с использованием пакета компьютерных программ Microsoft Excel и Statistica 7.0.

Апробация результатов исследования. Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на конференциях международного и всероссийского уровня: Всероссийская научно-практическая конференция «Прикладные аспекты инноваций в биотехнологии» (Бийск, 2017); всероссийская научно-практическая конференция «Инновационные технологии в пищевой промышленности и общественном питании» (Екатеринбург, 2017); международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы пищевой промышленности и общественного питания» (Екатеринбург, 2018 г.); I Национальная научно-техническая конференция с международным участием «Инновационные и ресурсосберегающие технологии продуктов питания» (Астрахань, 2018); II Всероссийская научно-практическая конференция «Прикладные аспекты инноваций в биотехнологии» (Бийск, 2018); VII Международная научно-практическая конференция «Региональный рынок потребительских товаров: перспективы развития, качество и безопасность товаров, особенности подготовки кадров в условиях развивающихся ИТ-технологиях» (Тюмень, 2018); XV Международная научно-практическая конференция «Пища. Экология. Качество» (Новосибирск, 2018); международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы пищевой промышленности и общественного питания» (Екатеринбург, 2019); всероссийская молодежная научно-практическая конференция: «Молодежь – науке – X. Актуальные проблемы туризма, гостеприимства, общественного питания и технического сервиса» (Сочи, 2019); VIII Международный форум молодых ученых «Молодежь в науке и предпринимательстве (Гомель, 2019); международная научная конференция «Пятый технологический уклад: перспективы развития и модернизации агропромышленного комплекса России» (Омск, 2019).

Публикации. Основные положения диссертации отражены в 23 публикациях, в том числе в 5 статьях в рецензируемых изданиях, рекомен-

дованных ВАК РФ, 4 статьях в изданиях, индексируемых в международной базе данных Web of Science; получен 1 патент на изобретение.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, в том числе аналитического обзора научно-технической и патентно-информационной литературы, результатов собственных исследований и их анализа, выводов, списка литературы и 11 приложений. Основное содержание изложено на 151 странице и включает 51 таблицу и 15 рисунков, 255 литературных источников отечественных и зарубежных авторов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Общая схема работы представлена на рисунке 1 и состоит из четырех взаимосвязанных этапов.

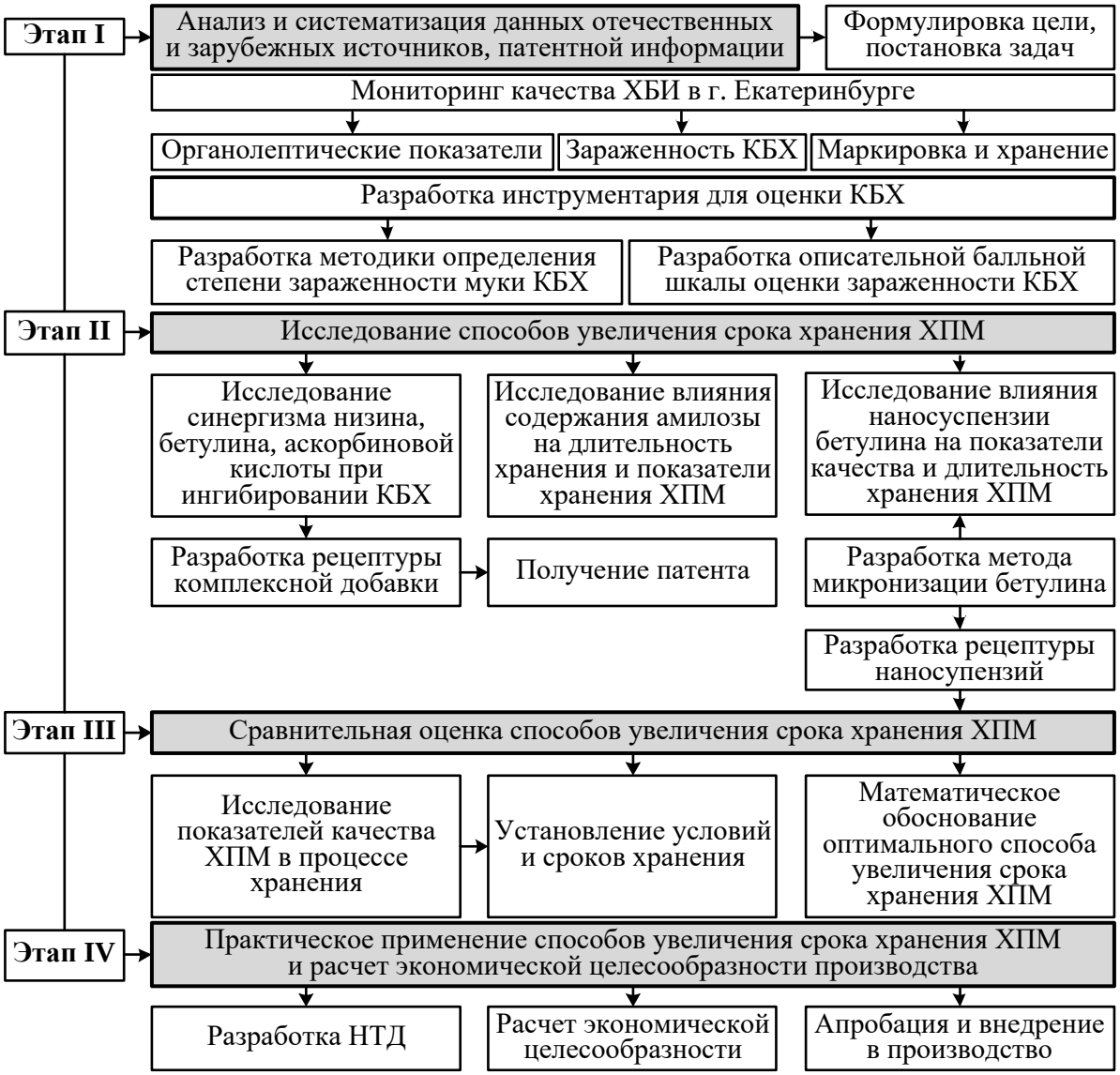


Рисунок 1 – Общая схема исследований

На *первом этапе* исследований проведен анализ и систематизация научно-технической литературы и патентной информации по теме исследования, проведен мониторинг качества хлебобулочных изделий в г. Екатеринбурге, разработан инструментарий оценки КБХ.

Второй этап посвящен исследованиям способов увеличения сроков годности ХПМ. Исследован эффект синергизма низина, бетулина и аскорбиновой кислоты при ингибировании КБХ. Определено влияние содержания амилозы в муке на черствение и длительность хранения ХПМ. Разработан метод микронизации бетулина в сочетании с эмульгаторами. Получена наносуспензия бетулина (НСБ), доказана ее эффективность в производстве ХПМ для продления его срока годности.

На *третьем этапе* проведена сравнительная оценка предложенных способов по увеличению срока годности ХПМ.

На *четвертом этапе* проведен расчет экономической целесообразности производства ХПМ длительного хранения, разработана нормативно-техническая документация. Проведена апробация и внедрение в производство ХПМ длительного хранения.

Во **введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость работы.

В **первой главе** представлен обзор литературы по теме исследования.

Во **второй главе** изложены организация работы, объекты и методы исследования.

В **третьей главе** приведены данные мониторинга качества ХБИ, приведенного совместно с Комитетом по товарному рынку Администрации г. Екатеринбурга в рамках реализации стратегического проекта «Производство качественных продовольственных товаров – здоровый образ жизни горожан».

В качестве объектов мониторинга выбраны наиболее популярные у потребителей ХБИ: хлеб «Чусовской», ХПМ, батон «Подмосковный». Мониторинг охватил 13 магазинов, в том числе магазины международных торговых сетей («Метро», «Ашан») – 2; федеральных торговых сетей («Магнит», «Пятерочка», «О'кей») – 3; региональных торговых сетей («Кировский», «Звездный», «Мегамарт») – 3; местных торговых сетей («Пикник», «Елисей», ТКЦ «Чкаловский») – 3; несетевые предприятия торговли («Олес», «А-продукт») – 2. Выявлено, что местные производители представлены в меньшем объеме, чем производители других регионов (рисунок 2).

На рисунке 3 представлена структура местных производителей ХБИ. Лидерами являются три компании, формирующие 83 % рынка местной хлебобулочной продукции – «Смак» (35 %), «Всеслав» (35 %) и «Реж-хлеб» (13 %). Что касается региональных производителей, то продукция из Челябинской области занимает 42 %, продукция из Пермского края – 58 %.

Анализ условий хранения ХБИ на объектах торговли показал, что практически во всех магазинах условия соответствуют требованиям норма-

тивных документов. Выявлено лишь два случая превышения температуры в торговом зале в III квартале 2017 г. Не выявлено нарушений при анализе информации на ценниках. Маркировка всех объектов исследования соответствует требованиям ТР ТС 022/2011.

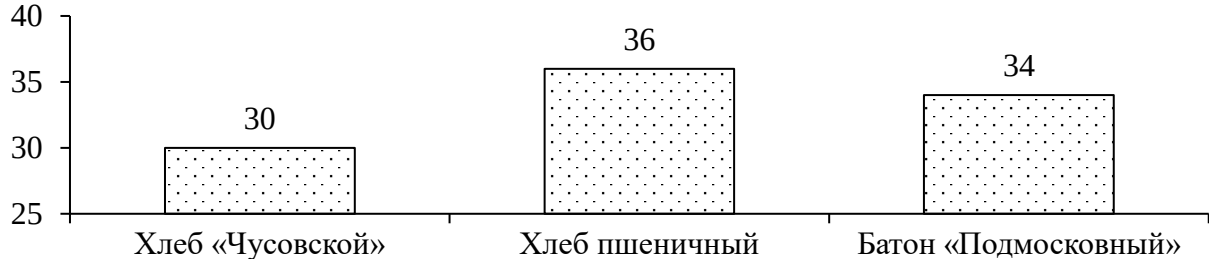


Рисунок 2 – Представленность производителей ХБИ в торговых предприятиях в 2017 г., %

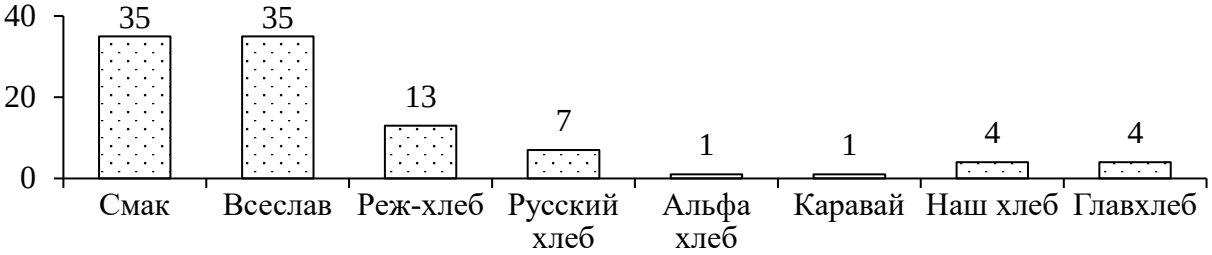


Рисунок 3 – Структура местных производителей ХБИ, представленных в торговых предприятиях (в среднем за 2017 г.), %

При товароведной оценке органолептических показателей ХПМ оценивали внешний вид (форму и поверхность), состояние мякиша, (пропеченность, промес, пористость), вкус и запах по ГОСТ 5667-65. Наличие КБХ в объектах исследования за время мониторинга было подтверждено трижды – в I, II, IV кварталах 2017 г., что потребовало разработки новой экспресс-методики для оценки степени зараженности хлеба КБХ.

В **четвертой главе** предложен экспресс-метод количественной оценки зараженности пшеничной муки *Bac. subtilis*.

При разработке методики оценки зараженности пшеничной муки спорами картофельной палочки ставили два условия: экспрессность (возможность получения результата в течение не более 6 ч), достоверность результатов, возможность как качественной так и количественной регистрации зараженности.

Методика включает несколько этапов.

Первый этап включал получение градуировочного графика содержания эритродекстринов в зараженной пшеничной муке. Количество *Bac. subtilis* в вытяжке определяли при помощи стандартов мутности 0,5; 1; 2; 3 по шкале McFarland. Далее готовили контроль, для чего навеску здоровой пшеничной муки массой 5 г количественно переносили в мерную колбу и дистиллированной водой с температурой 30 °С доводили до 100 см³. Затем смесь экстрагировали при активном перемешивании (3000 $с^{-1}$) магнитной

мешалкой в течение 10 мин, фильтровали, к 5 см³ фильтрата приливали 5 см³ 0,005 н. раствор йода и определяли оптическую плотность на ФЭК-56М при длине волны 660 и 530 нм, кювета 5 мм. Аналогично готовили образцы для построения градуировочной шкалы: вместо дистиллированной воды вносили растворы *Bac. subtilis*, соответствующие стандарту мутности 0,5; 5; 1; 2; 3; 4. Содержание декстринов рассчитывали по формулам.

Второй этап включал определение количества *Bac. subtilis* в зараженной пшеничной муке, используемой для дальнейших исследований, а также для товарных образцов муки. Образцы для определения оптической плотности/содержания эритродекстринов готовили аналогично контролю. Затем рассчитывали содержание эритродекстринов и по градуировосному графику определяли содержание *Bac. subtilis*. Предложенная методика обладает рядом преимуществ и может применяться для экспресс-обнаружения количества *Bac. subtilis* в зараженной пшеничной муке с целью прогнозирования возникновения КБХ.

Разработана описательная балльная шкала степени зараженности ХПМ картофельной болезнью, включающая характеристики разных степеней зараженности, сопоставленные с количественным содержанием *Bac. subtilis* в ХПМ и распределенные по степени зараженности ХПМ. Согласно разработанной описательной балльной дегустационной шкале ХПМ можно отнести к стандартному при сумме баллов при органолептической оценке не менее 15, что соответствует содержанию *Bac. subtilis* не более $2 \cdot 10^2$ КОЕ/см³.

Предложены три способа, направленные на решение данной задачи.

1. ***Разработка рецептуры комплексной добавки для подавления картофельной болезни хлеба и увеличения срока хранения ХПМ***

В соответствии с целью исследований была поставлена задача разработки комплексной добавки с применением бетулина, увеличивающей срок годности хлеба, подавляющей КБХ и плесневение, положительно влияющей на технологические параметры при производстве ХПМ.

Поставленная задача определила состав комплексной добавки – низин, бетулин и аскорбиновая кислота в качестве вспомогательной добавки, улучшающей качество клейковины. Количество вносимых ингредиентов определено в соответствии с действующими санитарными нормами в следующих вариантах: 1) низин 0,003 % + бетулин 0,003 %; 2) низин 0,005 % + бетулин 0,015 %; 3) низин 0,01 % + бетулин 0,03 %.

Тестируемую культуру *Bac. subtilis* вносили в колбы с исследуемыми образцами. Затем высеивали 1 см³ на стерильный МПА с глюкозой, инкубировали образцы при температуре 37−38 °С. По истечении 2 сут проводили визуальный осмотр посевов и микроскопировали выросшие колонии микроорганизмов.

Далее исследовали совместное действие низина и бетулина на рост плесневых грибов по ГОСТ 10444.12-88 и наличие признаков КБХ по разработанной балльной шкале после инкубирования посевов в течение 2 и 3 сут.

Использование низина и бетулина совместно повышает их эффективность за счет синергизма: бетулин ингибирует КБХ, низин ингибирует развитие плесневых грибов.

С учетом результатов предыдущих исследований было принято решение провести пробные лабораторные выпечки, используя варианты внесения добавок (таблица 1).

Таблица 1 – Исследуемые варианты состава комплексной добавки, %мас

Ингредиент	Образец		
	1	2	3
Низин	0,003	0,015	0,03
Бетулин	0,005	0,01	0,02
Аскорбиновая кислота	0,003		

Контрольные образцы добавок не содержали.

Для исследования влияния комплексной добавки на ингибирование КБХ, тесто обсеменяли споровыми бактериями *Bac. subtilis*. Выпеченные изделия инкубировали при температуре 37−38 °С в термостате в течение 72 ч, затем анализировали органолептические показатели и производили посев 1 см³ настоя мякиша на МПА с глюкозой. Посевы инкубировали одни сутки при 37−38 °С.

В ХПМ, содержащем варианты комплексных добавок, обсемененность составила $5{,}0 \cdot 10^5$ спор/г хлеба против $5{,}8 \cdot 10^7$ спор/г хлеба в контрольном образце. Добавление комплексной добавки вызывало снижение обсемененности хлеба спорами *Bac. subtilis* в 116 раз по сравнению с контролем.

Для установления срока годности ХПМ с вариантами комплексной добавки образцы выпеченного хлеба из пшеничной муки закладывали на хранение, аналогично готовили и закладывали контрольные образцы ХПМ. Образцы хранили при температуре (22 ± 2) °С. Визуальный анализ проводили каждые сутки, анализ физико-химических показателей – на 1; 3; 5; 7 и 10 сут. Результаты исследований представлены на рисунке 4.

Определено, что внесение комплексной добавки, содержащей 0,015 % низина, 0,01 % бетулина, 0,003 % аскорбиновой кислоты к массе муки, является оптимальным для ингибирования КБХ и роста плесневых грибов с сохранением требуемых потребительских характеристик в течение 10 сут. Начальные признаки плесневения и КБХ обнаружились в контрольных образцах ХПМ на 5 сут хранения.

Состав разработанной комплексной добавки «Бетуларин» включает 54 % низина, 35 % бетулина, 11 % аскорбиновой кислоты; добавка вносится в количестве 0,028% от массы муки. На способ подавления КБХ и плесневения при помощи комплексной добавки «Бетуларин» получен патент РФ № 2723520.

Разработана технология производства комплексной добавки «Бетуларин», оптимизированная для использования на хлебопекарных предприятиях.

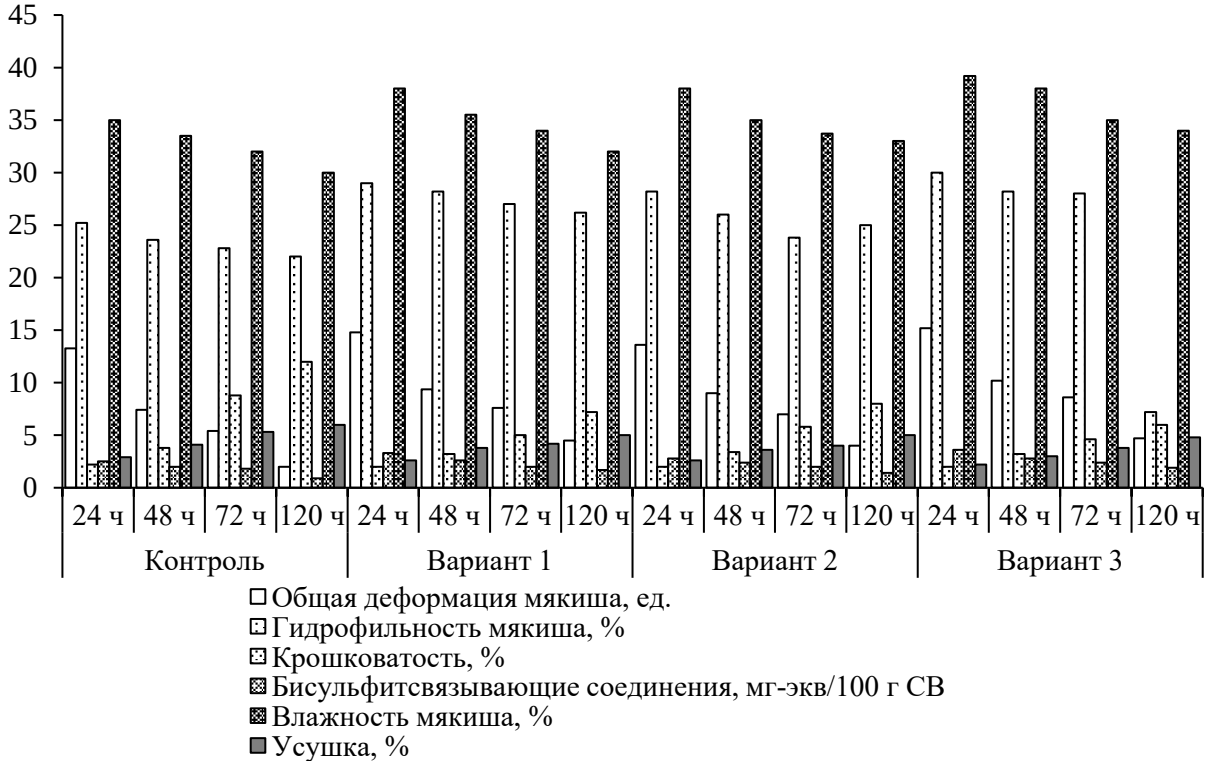


Рисунок 4 – Изменения физико-химических показателей
в процессе хранения ХПМ с комплексной добавкой в сравнении с контролем

Разработаны ТУ и ТИ 10.61.24-010-02069214-2019 «Комплексная добавка для хлеба «Бетуларин», а также «Технологическая инструкция по производству хлеба из пшеничной муки с добавкой «Бетуларин». Разработанная добавка применяется на предприятии пищевой промышленности ООО «Багет».

2. ***Разработка рецептуры ХПМ длительного хранения с использованием наносуспензии бетулина***

Основной причиной малого использования бетулина в России является его нерастворимость в воде, что ограничивает возможности технологов пищевой промышленности. Для этого разработали способ и рецептуру получения стабильной НСБ, удобной для использования при выпекании хлеба. Исследования проводили совместно с канд. хим. наук А. В. Бюлером.

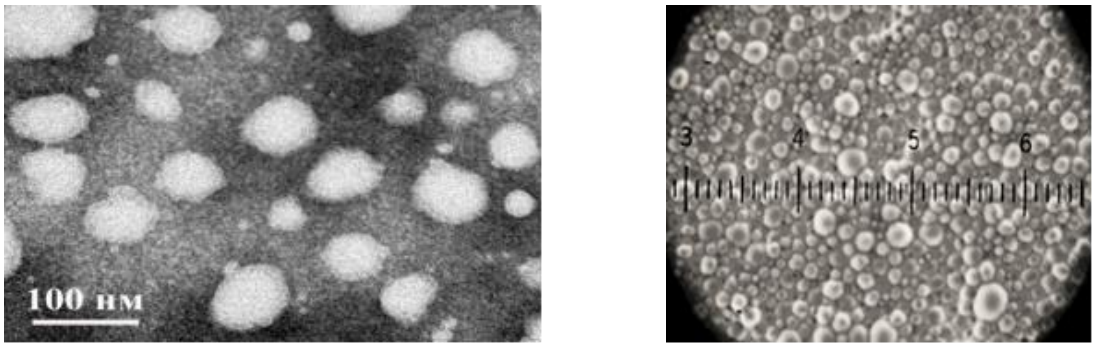
Разработка технологии получения высокодисперсной наносуспензии бетулина. Использовали конденсационный способ получения НСБ, основанный на добавлении раствора бетулина в растворитель, который хорошо смешивается с дисперсионной средой при интенсивном механическом перемешивании с помощью электромешалок и роторно-пульсационного аппарата. Эмульгаторы вносили во время процесса стабилизации фазы смешивания для образования однородной устойчивой суспензии.

Было подготовлено четыре варианта модельных образцов суспензии со стабилизаторами (эмульгаторами), разрешенными к использованию при производстве пищевых продуктов: сорбитан моностеарат (Е491), стероил-2-лактилат кальция (Е482), эфиры полиглицеридов жирных кислот (Е475),

лецитин (Е322). Технологическая схема получения НСБ конденсационным методом приведена на рисунке 5.

Рисунок 5 – Схема получения НСБ конденсационным методом

Суспензию бетулина наноскопировали (рисунок 6).



а *б*

Рисунок 6 – Фотографии НСБ с увеличением ×2000 (*а*) и ×1000 (*б*) (микроскоп оптический поляризационный «Полар 3»)

Из рисунка 6 видно, что получена однородная гетерогенная аморфно-структурная наносуспензия с размером частиц от 50 до 100 нм.

В таблице 2 приведен состав НСБ.

Таблица 2 – Состав наносуспензии бетулина, %мас

Ингредиент	Содержание, %мас
Вода	93,37
Спирт этиловый ректификованный пищевой «Люкс», 95 %	1,99
Бетулин, ООО «Древит», 94,7 %	0,50
Эмульгатор (стабилизатор)	0,99
Глицерин дистилированный марки ПК-94 для фармакопейной и пищевой промышленности по ГОСТ 6824-96	2,98
Хлорид натрия по ГОСТ 4233-77	0,17
Итого	*100,00*

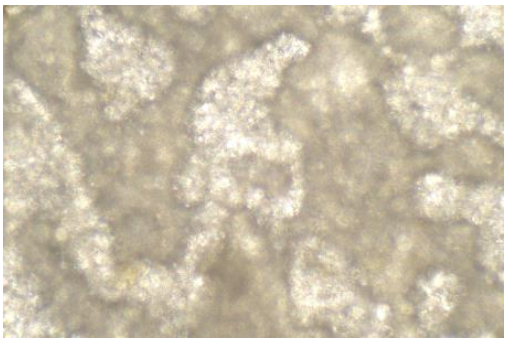
Согласно испытаниям, полученные образцы НСБ 2; 3; 4 могут храниться при температуре не ниже 0 °С и не выше 20 °С в течение 24 мес. Физико-химические показатели НСБ приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Регламентируемые физико-химические показатели НСБ

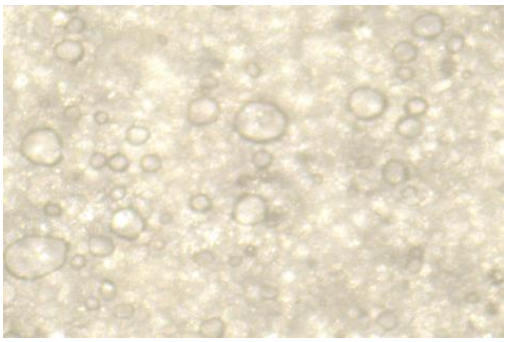
Показатель качества	Значение
pH	6–7
Молярная концентрация нанообъектов, ммоль/дм³, не менее	0,1
Средний размер нанообъектов, содержащихся в наносуспензии, мкм, не более	100
Коллоидная стабильность	Стабильна
Плотность при температуре (20 ± 0,5) °С, г/см³	1,1–1,2

Исследование влияния вариантов наносуспензии бетулина на качество хлеба из пшеничной муки. Объектами исследования служили образцы теста и хлеба из пшеничной муки высшего сорта, с добавлением НСБ в количестве от 0,5 до 2,5 % к массе муки с эмульгаторами стеароил-2-лактилат кальция (образец 1), эфиры полиглицеридов жирных кислот (образец 2), лецитин (образец 3). Контроль добавок не содержал.

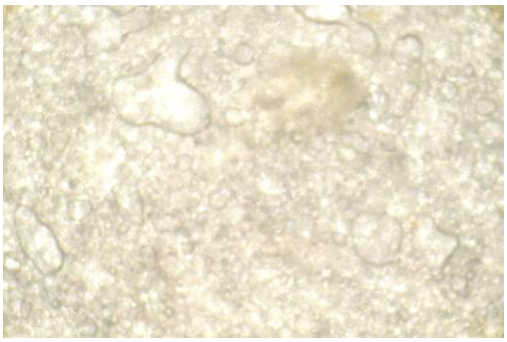
Тесто с добавлением НСБ (образцы 1 и 3) при замесе более пластичное и эластичное, с хорошо развитой клейковиной. Микроструктуру теста оценивали на микроскопе оптическом поляризационном «Полар 3» (рисунок 7).



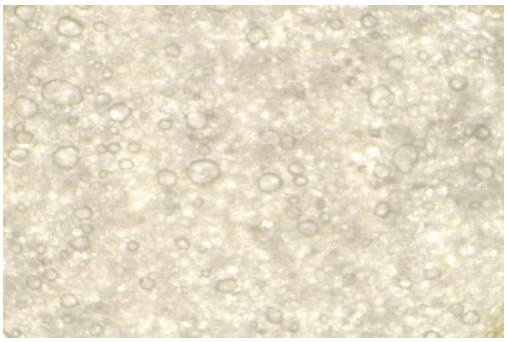
Контроль



НСБ + стеароил-2-лактилат кальция (образец 1)



НСБ + эфиры полиглицеридов жирных кислот (образец 2)



НСБ + лецитин (образец 3)

Рисунок 7 – Микроструктура теста с НСБ (варианты)

На рисунке видно, что в опытном образце с лецитином (образец 3) белковая матрица развитая, наиболее равномерно распределены зерна крахмала, пузырьки воздуха. В таблице 4 приведены реологические, физико-химические и органолептические показатели лучших образцов ХПМ с НСБ.

Таблица 4 – Результаты исследований образцов ХПМ с НСБ, $n = 3$

Показатель	Опытные образцы хлеба			
	Контроль	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Пористость мякиша, %	73,0 ± 1,0	76,0 ± 1,0	74,0 ± 1,0	77,8 ± 1,0
Удельный объем см³/г	3,40 ± 0,2	3,85 ± 0,2	3,62 ± 0,2	4,40 ± 0,2
Формоустойчивость (*H/D*)	0,45 ± 0,1	0,48 ± 0,1	0,46 ± 0,1	0,52 ± 0,1
Влажность мякиша, %	41,0 ± 0,5	42,0 ± 0,5	42,0 ± 0,5	42,5 ± 0,5
Кислотность, град	2,5 ± 0,2	2,5 ± 0,2	2,2 ± 0,2	2,6 ± 0,2
$\Delta h_{пласт}$	12,2 ± 0,1	12,8 ± 0,5	13,6 ± 0,6	14,2 ± 0,2
$\Delta h_{упр}$	5,0 ± 0,2	5,8 ± 0,5	6,2 ± 0,22	7,2 ± 0,4

Выявлено, что внесение НСБ способствовало повышению газообразования и сокращало время максимального подъема теста для образца 1 на 27 мин, для образца 2 – на 34, для образца 3 – на 37 мин по сравнению с контрольным образцом, при этом газоудерживающая способность теста не изменялась. Установлен положительный эффект от применения НСБ по всем показателям. Оптимальными характеристиками обладал образец хлеба с использованием НСБ с лецитином (вариант 3).

Исследование показателей качества ХПМ с НСБ в процессе хранения. Опытные образцы ХПМ с тремя вариантами НСБ закладывали на хранение и оценивали качество хлеба по органолептическим и физико-химическим показателям. Срок хранения в 10 сут устанавливали по МУК 4.2.1847-04 с коэффициентом запаса 1,3. Образцы хлеба хранили в полиэтиленовой упаковке при температуре (22 ± 2) °С, фиксируя изменения показателей качества. Данные исследований представлены на рисунке 8.

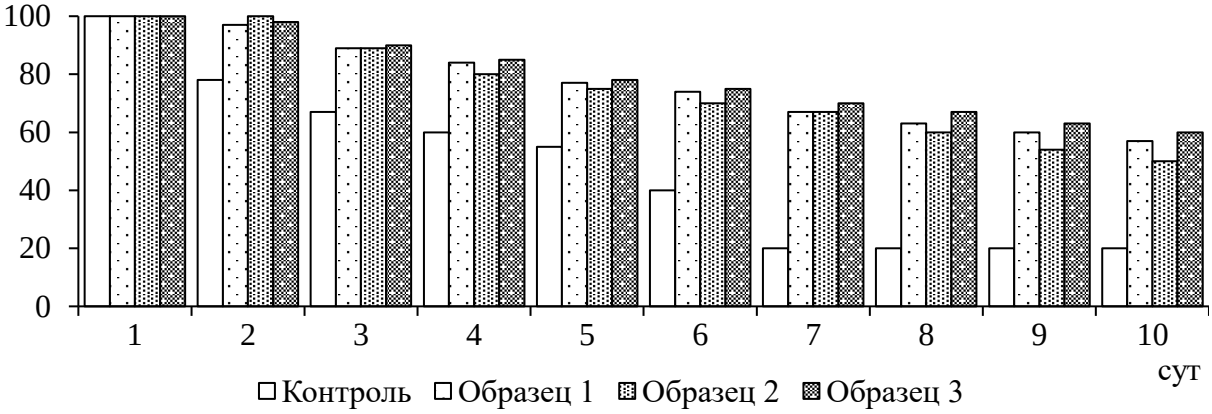


Рисунок 8 – Свежесть исследуемых образцов в процессе хранения в сравнении с контрольным образцом, балл

Определено, что во всех опытных образцах с НСБ сохраняется стабильная устойчивость к заболеванию КБХ в провокационных условиях при

37 °С в течение 72 ч. Наилучшими показателями при хранении обладал образец ХПМ с НСБ и лецитином. Таким образом, внесение НСБ эффективно для подавления КБХ. По результатам анализа динамики хранения ХПМ с НСБ и лецитином разработана НТД для ХПМ «Хлебушко», определен срок хранения 7 сут. Способ повышения срока годности с применением НСБ апробирован в ООО «Багет» (г. Челябинск).

3. ***Исследование влияния амилозы на процесс черствения хлеба в процессе его хранения***

Одним из эффективных средств улучшения качества хлеба и ХБИ, а также замедления процесса черствения является использование в рецептурах ХБИ waxy-сорта пшеничной муки, объединяющего три неактивных нуль-аллеля, что приводит к полному блокированию синтеза фермента GBSS (granule-bound starch synthase) и амилозы.

Для моделирования рецептуры ХПМ длительного хранения составляли смесь из муки пшеничной хлебопекарной I сорта и муки из waxy-сорта пшеницы в соотношениях 85:15; 75:25; 60:40, 50:50. Контроль готовили из 100 % пшеничной муки I сорта. Содержание амилозы в контрольном и опытных образцах определяли стандартным фотоколориметрическим методом с использованием градуировочного графика по ГОСТ ISO 6647-1-2015; растворы сравнения готовили по методике, приведенной в указанном стандарте. С помощью градуировочного графика определили содержание амилозы в смеси в образцах муки (таблица 5).

Таблица 5 – Содержание амилозы в образцах муки (n = 3, p = 0,005)

Показатель	Соотношение муки пшеничной хлебопекарной I сорта и waxy-сорта				
	Контроль	Образец 1 85:15	Образец 2 75:25	Образец 3 60:40	Образец 4 50:50
Доля амилозы, %	32,5 ± 0,5	27,5 ± 0,5	22,0 ± 0,9	15,5 ± 0,5	12,5 ± 0,7

Установлено, что замена в рецептуре ХПМ на муку из waxy-сортов пшеницы улучшает потребительские характеристики хлеба.

Данные о влиянии амилозы на общую деформацию мякиша (сжимаемость) пшеничного хлеба в процессе хранения представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Общая деформация мякиша пшеничного хлеба, полученного из муки с разным содержанием амилозы, в процессе хранения (n = 3, p = 0,2)

Содержание амилозы в муке, %	Общая деформация мякиша (сжимаемость), мм				
	1 сут	3 сут	5 сут	7 сут	10 сут
32,5	14,23	10,21	3,14	3,10	2,87
27,5	14,23	10,21	3,14	3,10	2,87
22,0	13,97	10,01	2,98	2,90	2,87
15,5	13,87	11,12	5,40	5,11	4,76
12,5	14,30	12,20	9,21	9,01	8,74

Результаты исследования показывают, что на 10 сут хранения ХПМ с содержанием амилозы 12,5 % общая деформация мякиша не превышала 40 %,

такой хлеб можно считать свежим. Изменение органолептических показателей качества образца 4 в процессе хранения представлено на рисунке 9.

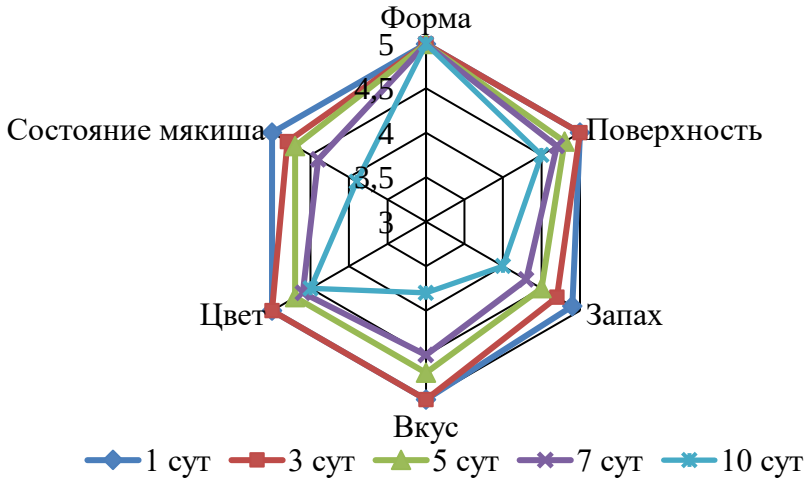


Рисунок 9 – Профилограмма изменения органолептических показателей ХПМ в процессе хранения

Из рисунка 9 видно, что основные изменения затрагивают такие показатели, как вкус и запах, состояние мякиша. Вкус и запах становятся менее выраженными вследствие снижения содержания карбонильных соединений (альдегиды и кетоны) в целом хлебе, причем особенно интенсивно – в корке хлеба.

Исследовали изменение показателей качества хлеба при хранении в полиэтиленовой упаковке при температуре (22 ± 2) °С. Снижение содержания амилозы до 12,5 % в муке для изготовления ХПМ позволяет сохранить его свежесть до 10 сут, но не является эффективным способом для ингибирования КБХ. По результатам анализа показателей качества ХПМ с пониженным содержанием амилозы (12,5 %) определен срок хранения ХПМ – 5 сут.

Оценка эффективности предложенных способов увеличения срока годности хлеба из пшеничной муки. Была проанализирована результативность применения разработанных способов увеличения срока годности ХПМ по заданным критериям: потребительские (органолептические, физико-химические, безопасности), эффективность ингибирования КБХ, срок годности после применения разработанного способа, увеличение себестоимости ХПМ. Для оценки каждого из показателей была разработана 3-балльная шкала, где каждому из критериев даны описательные характеристики, соотвествующие 0−3 баллам. Экспертная оценка разработанных способов увеличения срока хранения ХПМ показала, что оптимальными являются – внесение комплексной добавки «Бетуларин» (16 баллов) и внесение наносуспензии бетулина (16 баллов), тогда как внесение муки с низким содержанием амилозы оценено экспертами в 9 баллов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные научные результаты обобщены в следующих выводах.

1. В результате мониторинга выявлено, что рынок хлебобулочной продукции г. Екатеринбурга формируют три предприятия (доля 83 %): «Смак», «Всеслав» и «Реж-хлеб». Определено, что представленность местных производителей хлеба в международных торговых сетях ниже, чем в региональных и федеральных. Товароведная оценка органолептических показателей выявила несоответствие образцов по показателям «запах» и «вкус» (от 7,7 до 15,4 %), у 5 % образцов выявлены признаки поражения КБХ в хлебе из пшеничной муки.

2. К преимуществам усовершенствованного метода определения КБХ относятся экспрессность и возможность как качественного, так и количественного определения *Bac. subtilis* в муке с целью прогнозирования возникновения КБХ в ХПМ.

3. Разработанная описательная балльная шкала оценки степени зараженности пшеничного хлеба картофельной болезнью, включающая описательные характеристики и оценку КОЕ/г в пробе каждого уровня, позволяет прогнозировать возможный срок хранения хлеба и степень зараженности исходной муки.

4. Доказано, что применение комплексной добавки «Бетуларин», содержащей 0,015 % низина, 0,01 % бетулина, 0,003 % аскорбиновой кислоты, вызывало снижение обсемененности хлеба спорами *Bac. subtilis* в 116 раз по сравнению с контролем. Разработана технология производства комплексной добавки «Бетуларин» для использования на хлебопекарных предприятиях, при этом добавка вносится в количестве 100 г на 100 кг муки вместе с водой при замешивании теста вместе с раствором соли и дрожжей.

5. Образцы ХПМ, приготовленные из пшеничной муки с низким содержанием амилозы, характеризовались небольшим изменением общей деформации, на 10 сут хранения хлеба общая деформация мякиша достигла 39 %, при этом ингибирования КБХ у ХПМ из зараженной муки не происходило.

6. Предложена методика получения высокодисперсной наносуспензии бетулина, в состав которой входят этиловый спирт (1,99 %), бетулин (0,5 %), эмульгатор (0,99 %), хлорид натрия (0,17 %), глицерин пищевой (2,98 %). Дозировка наносуспензии в количестве 2 % к массе муки соответствует рекомендуемой суточной дозе бетулина и сохраняет стабильную устойчивость к КБХ в провокационных условиях в течение 72 ч. Установлен положительный эффект от применения суспензии бетулина по всем показателям: выявлено повышение прочностных характеристик теста и увеличение объема изделий, положительное изменение реологических свойств мякиша, формирование более тонкостенной и мелкопористой структуры образцов ХПМ. Наилучший положительный эффект установлен от применения наносуспензии бетулина в комплексе с лецитином.

ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в изданиях, входящих в Перечень ведущих рецензируемых научных изданий ВАК

1. **Панкратьева, Н.А.** Разработка рецептур мучных изделий с увеличенным сроком хранения и повышенной пищевой ценностью / Н.А. Панкратьева, Н.В. Заворохина, М.Н. Школьникова [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2018. – № 4 (139). – С. 191–196.

2. Заворохина, Н.В. Мониторинг качества хлебобулочных изделий в городе Екатеринбурге в 2016–2017 гг. / Н.В. Заворохина, **Н.А. Панкратьева** // Хлебопродукты. – 2018. – № 5. – С. 48–51.

3. Заворохина, Н.В. Влияние наносуспензии бетулина на качество и длительность хранения пшеничного хлеба / Н.В. Заворохина, А.В. Бюлер, **Н.А. Панкратьева** // Современная наука и инновации. – 2019. – № 4. – С. 137–145.

4. Leiberova, N.V. Amylose quantity influence on the wheat bread quality indicators wile storage / N.V. Leiberova, **N.A. Pankratyeva**. – DOI 10.29141/2500-1922-2019-4-2-9 // Индустрия питания. – 2019. – Т. 4, № 2.– С. 65–69.

5. Лейберова, Н.В. Влияние содержания амилозы в пшеничной муке на процесс черствения и показатели качества хлеба в процессе хранения / Н.В. Лейберова, **Н.А. Панкратьева**, Н.В. Заворохина, О.В. Чугунова. – DOI 10.36107/spfp.2019.156 // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2019. – № 2. – С. 93–101.

Публикации в изданиях, индексируемых в международных наукометрических базах данных

6. Zavorokhina, N. New technologies for the production of wheat bread long-term storage under the conditions of new industrialization / N. Zavorokhina, **N. Pankratieva**, N. Goncharova. – DOI 10.2991/sicni-18.2019.13 // Proceedings of the 2nd International Scientific conference on New Industrialization: Global, national, regional dimension (SICNI 2018). – Atlantis Press, 2019. – P. 62–65. – (Advances in Social Science, Education and Humanities Research; vol. 240).

7. Zavorokhina, N.V. Improving the preservation methods of quality characteristics during long-term storage of bread / N.V. Zavorohina, **N.A. Pankratieva**, N.A. Goncharova. – DOI 10.2991/assehr.k.200113.197 // Proceedings of the International Scientific Conference on The Fifth Technological Order: Prospects for the Development and Modernization of the Russian Agro-Industrial Sector (TFTS 2019). – Atlantis Press, 2019. – P. 330–332. – (Advances in Social Science, Education and Humanities Research; vol. 393).

8. Zavorokhina, N. Scientific support for innovative development of wheat bread long-term storage production / N. Zavorohina, **N. Pankratieva**, N. Goncharova. – DOI 10.1051/e3sconf/202017603021 // International Scientific and Practical Conference “From Inertia to Develop: Research and Innovation Support to

Agriculture” (IDSISA 2020). – EDP Sciences, 2020. – (E3S Web of Conferences; vol. 176). – URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2020/36/e3sconf_idsisa2020_03021.pdf.

9. Zavorokhina, N. Betulin nanosuspension as a promising raw material for the production of long-term storage bread / N. Zavorokhina, **N. Pankratieva**, N. Goncharova. – DOI 10.1088/1755-1315/548/8/082017 // Proceedings of the III International Conference on Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies (AGRITECH-III-2020). – IOP Publishing, 2020. – (IOP Conference Series: Earth and Environmental Science; vol. 548). – URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/548/8/082017/pdf.

Статьи в других журналах, сборниках материалов конференций

10. **Панкратьева Н.А.** Исследование влияния продуктов переработки расторопши на качество хлеба / Н.А. Панкратьева // Современное хлебопекарное производство: перспективы развития : материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. – Екатеринбург : Изд-во УрГЭУ, 2013. – С. 37–41.

11. **Панкратьева, Н.А.** Моделирование рецептуры хлеба с повышенной пищевой ценностью и улучшенными реологическими свойствами / Н.А. Панкратьева, Н.В. Заворохина // АПК России. – 2017. – Т. 24, № 5. – С. 1227–1233.

12. **Панкратьева, Н.А.** Использование нетрадиционного сырья для повышения сохраняемости хлебобулочных изделий / Н.А. Панкратьева, Н.В. Заворохина // Пища. Экология. Качество : труды XIV Междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск : Золотой колос, 2017. – С. 87–93.

13. **Панкратьева, Н.А.** Применение растительных компонентов для повышения биологической ценности хлеба / Н.А. Панкратьева // Прикладные аспекты инноваций в биотехнологии : материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Бийск : Изд-во АлтГТУ, 2017. – С. 205–208.

14. **Панкратьева, Н.А.** Комплексная добавка для подавления картофельной болезни и плесневения хлеба. / Н.А. Панкратьева // Товароведно-технологические аспекты повышения качества и конкурентоспособности продукции : сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск : СибУПК, 2018. – С. 79–84.

15. **Панкратьева, Н.А.** Применение добавок, направленных на подавление картофельной болезни и плесневение хлеба / Н.А. Панкратьева, Н.В. Заворохина // Инновационные и ресурсосберегающие технологии продуктов питания : материалы I Нац. науч.-техн. конф. с междунар. участием. – Астрахань : Изд-во АГТУ, 2018. – 1 CD-ROM.

16. Заворохина, Н.В. Разработка рецептур хлеба цельнозернового на закваске / Н.В. Заворохина, **Н.А. Панкратьева** // Прикладные аспекты инноваций в биотехнологии : материалы II Всерос. науч.-практ. конф. – Бийск : Изд-во АлтГТУ, 2018. – С. 64–66.

17. Заворохина, Н.В. Рынок хлебобулочных изделий в городе Екатеринбурге / Н.В. Заворохина, **Н.А. Панкратьева** // Региональный рынок

потребительских товаров: перспективы развития, качество и безопасность товаров, особенности подготовки кадров в условиях развивающихся IT-технологий : материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. – Тюмень : ТИУ, 2018. – С. 25–30.

18. Заворохина, Н.В. Экспресс-метод определения степени зараженности хлеба картофельной болезнью / Н.В. Заворохина, **Н.А. Панкратьева** // Актуальные проблемы пищевой промышленности и общественного питания : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург : Изд-во УрГЭУ, 2018. – С. 27−30.

19. **Панкратьева, Н.А.** Влияние пропионовокислой закваски и средства «Фадона» на развитие картофельной болезни хлеба / Н.А. Панкратьева, Н.В. Заворохина // Пища. Экология. Качество : труды XV Междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск–Москва : Перо, 2018. – С. 456–460.

20. Заворохина, Н.В. Современные подходы к разработке способов производства пшеничного хлеба длительного хранения / Н.В. Заворохина, **Н.А. Панкратьева** // Молодежь в науке и предпринимательстве : сб. науч. ст. VIII Междунар. форума молодых ученых. – Гомель : Белорус. торг.-экон. ун-т потреб. кооперации, 2019. – С. 383–387.

21. **Панкратьева, Н.А.** Влияние содержания амилозы в крахмале муки на черствение хлеба / Н.А. Панкратьева, В.М. Мехонцева // Актуальные проблемы пищевой промышленности и общественного питания : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург : Изд-во УрГЭУ, 2019. – С. 117–121.

22. Кондратьева, А.В. Актуальные способы продления срока годности хлеба / А.В. Кондратьева, **Н.А. Панкратьева**, Н.В. Заворохина // Молодежь – науке – X. Актуальные проблемы туризма, гостеприимства, общественного питания и технического сервиса : материалы молодежной науч.-практ. конф. – Сочи : СГУ, 2019. – С. 112–117.

23. **Панкратьева, Н.А.** Методы повышения биодоступности бетулина / Н.А. Панкратьева, А.В. Бюлер // Инновационные технологии в пищевой промышленности и общественном питании : материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург : Изд-во УрГЭУ, 2020. – С. 115–118.

Патенты

24. Патент № 2723520 Российская Федерация, МПК A21D 2/08. Способ подавления картофельной болезни и плесневения хлеба : № 2723520/13; заявл. 10.01.2019 ; опубл. 11.06.2020 / **Панкратьева Н.А.**, Заворохина Н.В., Чугунова О.В. – 4 с.

Подписано в печать 09.10.2020.
Формат 60 × 84 $^{1}/_{16}$. Гарнитура Таймс. Бумага офсетная. Печать плоская.
Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ

Отпечатано с готового оригинал-макета в подразделении оперативной полиграфии
Уральского государственного экономического университета
620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45