Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

На правах рукописи

Панкратьева Наталья Анатольевна

РАЗРАБОТКА ХЛЕБА ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ И ЕГО ТОВАРОВЕДНАЯ ОЦЕНКА

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

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

Научный руководитель:
доктор технических наук, доцент
Наталия Валерьевна Заворохина

Екатеринбург – 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ХЛЕБА ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ 11
1.1 Обоснование актуальности разработки хлеба длительного хранения из муки пшеничной 11
1.2 Систематизация основных проблем при производстве хлеба длительного хранения, связанных с низким качеством пшеничной муки 17
1.4 Отечественный и зарубежный опыт ингибирования картофельной болезни хлеба из пшеничной муки 31
1.5 Методы повышения биодоступности бетулина как компонента, способствующего увеличению срока годности хлеба из пшеничной муки 38
Заключение по главе 1 41

ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ 43
2.1 Организация эксперимента 43
2.2 Объекты и материалы исследования 45
2.3 Методы исследования 47

ГЛАВА 3. МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ В Г. ЕКАТЕРИНБУРГЕ В 2016–2017 ГГ. 56
3.1 Инструментарий проведения мониторинга качества хлебобулочных изделий в рамках реализации стратегического проекта «Производство качественных продовольственных товаров – здоровый образ жизни горожан» .. 56
3.2 Результаты мониторинга качества хлебобулочных изделий в рамках реализации стратегического проекта «Производство качественных продовольственных товаров – здоровый образ жизни горожан» 59
3.2 Результаты лабораторного исследования показателей качества хлеба из пшеничной муки ведущих производителей, представленных на рынке г. Екатеринбурга в 2016–2017 гг. 64
Заключение по главе 3 68

ГЛАВА 4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ХЛЕБА ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ ИЗ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ 69
4.1 Разработка инструментария оценки степени зараженности хлеба из пшеничной муки картофельной болезнью 69
4.2 Разработка экспресс-метода количественной оценки зараженности пшеничной муки спорами *Bac. subtilis* 70
4.3 Разработка описательной балльной шкалы для оценки степени зараженности хлеба из пшеничной муки картофельной болезнью 75

4.4 Разработка рецептуры хлеба длительного хранения из пшеничной муки с комплексной добавкой «Бетуларин» 78
4.4.1 Разработка рецептуры комплексной добавки «Бетуларин» и исследование ее влияния на хлебопекарные свойства пшеничной муки 78
4.4.2 Изучение динамики показателей качества хлеба из пшеничной муки с комплексной добавкой «Бетуларин» в процессе хранения 82
4.4.3 Разработка рецептуры хлеба длительного хранения «Жито» и его товароведная оценка 89
4.5 Разработка рецептуры хлеба длительного хранения из пшеничной муки с использованием наносуспензии бетулина 90
4.5.1 Разработка технологии получения наносуспензии бетулина конденсационным методом 90
4.5.2 Установление регламентируемых показателей качества наносуспензии бетулина 96
4.5.3 Исследование влияния эмульгаторов в составе наносуспензии бетулина на качество хлеба из пшеничной муки 99
4.5.4 Исследование динамики показателей качества при хранении хлеба из пшеничной муки с наносуспензией бетулина 104
4.5.5 Разработка рецептуры хлеба длительного хранения «Хлебушко» и его товароведная оценка 107
4.6 Изучение влияния амилозы пшеничной муки на процесс черствения хлеба в процессе его хранения 109
4.6.1 Изучение влияния амилозы пшеничной муки на процесс черствения хлеба в процессе его хранения 111
4.6.2 Оценка влияния содержания амилозы на развитие картофельной болезни хлеба из пшеничной муки во время хранения 117
4.7 Сравнительная оценка предложенных способов увеличения срока годности хлеба из муки пшеничной 118

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 122

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 124

Приложение А – Опросный лист для проведения мониторинга качества хлебобулочных изделий в рамках реализации стратегического проекта «Производство качественных продовольственных товаров – здоровый образ жизни горожан» 152
Приложение Б – Технические условия ТУ 10.61.24-010-02069214-2019 «Комплексная добавка для хлеба „Бетуларин“» 154
Приложение В – Технологическая инструкция ТИ 10.61.24-010-02069214-2019 «Комплексная добавка для хлеба „Бетуларин“» 155
Приложение Г – Технические условия ТУ 10.72.19-02069214-009-2019 «Хлеб длительного хранения „Хлебушко“ из пшеничной муки первого сорта» 156

Приложение Д – Технологическая инструкция ТИ 10.72.19-02069214-009-2019 «Хлеб длительного хранения „Хлебушко“ из пшеничной муки первого сорта» 157
Приложение Е – Патент РФ № 2723520 «Способ подавления картофельной болезни и плесневения» 158
Приложение Ж – Акты внедрения результатов диссертационных исследований в ООО «Багет» (г. Челябинск) 159
Приложение И – Технические условия ТУ 10.72.11-012-02069214-2019 «Хлеб из пшеничной муки „Жито“ длительного хранения» 160
Приложение К – Технологическая инструкция ТИ 10.72.11-012-02069214 «Хлеб из пшеничной муки „Жито“ длительного хранения 161
Приложение Л – Акт о внедрении результатов диссертационных исследований в ООО Центр «Дегустатор» (г. Екатеринбург) 162
Приложение М – Акт о внедрении результатов диссертационных исследований на кафедре технологии питания ФГБОУ ВО «УрГЭУ» 163

ВВЕДЕНИЕ

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 человек. 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. Рахимбер-

лина, 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 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 (КБХ);

– 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 колометрического 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 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 XP 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 г.); 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, рекомендованных ВАК РФ, 4 статьях в изданиях, индексируемых в международной базе данных Web of Science; 1 статье в издании RSCI; 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.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ХЛЕБА ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ

1.1 Обоснование актуальности разработки хлеба длительного хранения из муки пшеничной

В Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г. отмечено, что «потребление пищевой продукции с низкими потребительскими свойствами является причиной снижения качества жизни и развития ряда заболеваний населения, в том числе за счет необоснованно высокой калорийности пищевой продукции, сниженной пищевой ценности, избыточного потребления насыщенных жиров, дефицита микронутриентов и пищевых волокон» [182; 190; 223].

Годовой объем выработки хлебобулочных изделий в России составляет 7,5 млн т хлебопекарной продукции, в том числе: около 80 % массовых сортов хлеба из пшеничной, ржаной муки или их смеси; 20 % – булочные, сдобные, сухарные, бараночные и диетические хлебобулочные изделия [9; 103; 146].

По данным Росстата, производство хлебобулочных изделий в стране всеми производителями, включая индивидуальных, достигает 7 212,7 тыс. т, что составляет около 52 кг на человека в год (141 г в сутки) [72; 165; 194].

Статистика не оценивает отклонения показателя от рациональных норм потребления. Причины необъяснимого и устойчивого снижения производства не изучаются, но они имеются во всех округах. Разработанные Институтом питания РАМН нормы потребления хлеба в стране удовлетворяются, согласно отчетности, лишь на 40 %, а источники покрытия разницы остаются невыясненными [104].

Наблюдается экономически неоправданная тенденция снижения выработки ХПМ на хлебозаводах и увеличения объемов производства в торговых сетях, особенно у индивидуальных производителей. Удельный вес поставок хлеба от

хлебозаводов снизился на 72 %, в то же время увеличивается объем поставок от малых предприятий до 16,7 %, составив 1 207 тыс. т [146]. Подобная ситуация влияет на ассортиментную и ценовую политику во многих регионах.

Уменьшение объемов выпуска хлеба хлебозаводами (в течение одного года на 264 тыс. т, или на 4,8 %) ведет к снижению рентабельности производства, убыткам и даже прекращению деятельности некоторых предприятий.

Свердловская область – один из наиболее перспективных регионов Российской Федерации, с высоким уровнем коммерческой, культурной и социальной активности. Регион демонстрирует сильный и стабильный экономический рост и входит в первую десятку регионов Российской Федерации по большинству основных показателей социально-экономического развития. Производство хлеба длительного хранения и кондитерских изделий в Свердловской области является основой для формирования агропродовольственного рынка и обеспечивает продовольственную безопасность региона. Эта продукция полностью отвечает внутренним потребностям региона с точки зрения производства и ассортимента выпускаемой продукции при одновременной переработке отечественного сырья.

По данным Свердловскстата, за восемь месяцев 2018 г. объем производства хлебобулочных изделий недлительного хранения на Среднем Урале составил 82,1 тыс. т (93,3 % к аналогичному периоду предыдущего года). Объем хлеба и булочек длительного хранения вырос на 0,3 %, составив 4,3 тыс. т. В настоящее время объем выпуска и ассортимент хлебобулочных изделий достаточно широки для того, чтобы удовлетворить спрос населения.

Производство хлебобулочных изделий в Свердловской области осуществляют 35 крупных и средних хлебопекарных предприятий, 26 предприятий Свердловского областного Союза потребительских обществ, около 200 мини-пекарен, а также мини-производства в крупных торговых сетях и предприятиях общественного питания.

В основном производители выпускают традиционные хлебобулочные изделия, такие как хлеб и хлебобулочные изделия из пшеничной муки, из смеси пшеничной и ржаной муки, из ржаной муки. Но также некоторые предприятия расши-

ряют свою линейку и выпускают нетрадиционные виды хлеба, такие как хлеба зарубежных стран, а также хлеба с многокомпонентным составом, например, зерновые хлеба или хлеба, обогащенные витаминным и минеральным комплексом.

При производстве хлебобулочных изделий предприятия-производители особое внимание уделяют выпуску продукции с полезными свойствами. Эти продукты имеют большое значение для полноценного и здорового питания. Они удовлетворяют не только физиологические потребности человека, но и выполняют профилактические и лечебные функции: активизируют защитные силы организма, нормализуют обмен веществ.

Производственные мощности хлебопекарных предприятий используются не более чем на 40 %. Наблюдаемая в последние годы тенденция снижения объемов производства хлеба обусловлена рядом факторов. С одной стороны, имеет место изменение потребительских предпочтений, а с другой – часть хлебного рынка области в настоящее время занята производителями из соседних областей, что составляет около 13 % от общего объема рынка [194].

В таблице 1 представлены данные Росстата за 2019 г. по индексу производства хлебобулочных изделий [165; 194].

Таблица 1 – Индекс производства хлебобулочных изделий в Свердловской области за отчетный месяц к соответствующему месяцу предыдущего года

Показатель	Декабрь 2018 г.	Январь 2019 г.	Февраль 2019 г.	Март 2019 г.	Апрель 2019 г.	Май 2019 г.	Июнь 2019 г.	Июль 2019 г.	Август 2019 г.
Индекс производства хлебобулочных изделий	117,6	103,1	105,7	105,8	101,4	106,3	99,2	94,6	90,5
Примечание – Составлено автором по: [133].									

Из приведенных данных видно, что в начале года наблюдается рост производства хлебобулочных изделий, а в летний период – снижение. При этом индекс производства снизился по сравнению с предыдущим годом на 3−5 %.

В соответствии с задачами исследования систематизированы данные об основных производителях пшеничного хлеба: АО «Смак»; ЕМУП «Всеслав»;

АО «Тагилхлеб; МУП «Краснотурьинский хлебокомбинат»; ООО «Главхлеб», в состав которого входят «Нижнетуринский хлебокомбинат», «Карпинский хлебокомбинат», «Качканарский хлебокомбинат» [222]; ООО «Артинский хлебокомбинат»; АО «Режевской хлебокомбинат» («Реж-хлеб»); ООО «Ирбитский хлебозавод»; ОАО «Березовский хлебокомбинат»; ООО «Верхнесалдинский хлебокомбинат»; ОАО «Каменск-Уральский Хлебокомбинат»; ООО «Наш Хлеб»; ООО «Первоуральский хлебокомбинат»; ОАО «Сухоложский хлебокомбинат»; ООО «Сысертский хлебокомбинат»; ООО «Старый хлебозавод».

Проанализирован перечень производителей пшеничного хлеба с увеличенным сроком годности (3–5 сут): 1) АО «Смак» (хлеб пшеничный «Тостовый»; хлеб пшеничный тостовый «Олимпия», хлеб пшеничный «Европейский»; хлеб пшеничный «Деревенский» [176]); 2) АО «Тагилхлеб» (хлеб пшеничный «Тостовый»; хлеб бездрожжевой «Утренний» [183]); 3) ЕМУП «Всеслав» (хлеб тостовый «Всеслав», хлеб «Уральский новый» формовой (срок годности – 4 сут), хлеб «Пражский» подовый (срок годности – 5 сут) [69]).

Исходя из проведенного исследования, пшеничный хлеб со сроком годности 5 сут производят только два предприятия – АО «Смак» и ЕМУП «Всеслав». ХПМ со сроком годности более 5 сут в г. Екатеринбурге и Свердловской области не производится [76].

В настоящее время объем производства хлеба со сроком годности 3–5 сут в России превышает в семь раз объем производства хлеба, который хранится длительное время.

Производство хлебобулочных изделий длительного хранения является одной из тенденций современного хлебопечения, направленной на решение проблемы продовольственной безопасности страны, в том числе бесперебойного обеспечения хлебом населения, проживающего на территориях с суровыми климатическими условиями, а также в условиях кризисных и аварийных ситуаций. Кроме того, в связи с вступлением в силу Федерального закона от 28 ноября 2018 г. № 446-ФЗ «О внесении изменений в статью 5 ФЗ „О развитии сельского хозяйства“ и Федеральный закон „Об основах государственного регулирования торговой деятельно-

сти в Российской Федерации“» хозяйствующие субъекты, осуществляющие торговую деятельность по продаже продовольственных товаров посредством организации торговой сети, и хозяйствующие субъекты, осуществляющие поставки продовольственных товаров в торговые сети, не могут заключать договоры, содержащие условия о возврате продовольственных товаров, непроданных по истечении определенного срока, на которые установлен срок годности до 30 сут включительно, что значительно влияет на конкурентоспособность предприятий в целом [127].

Установлено, что субъектам, осуществляющим торговую деятельность по продаже продовольственных товаров посредством организации торговой сети, и субъектам, осуществляющим поставки продовольственных товаров в торговые сети, запрещается возмещение расходов, связанных с утилизацией или уничтожением непроданных продовольственных товаров.

Указанным субъектам также запрещается навязывать контрагенту условия о возврате поставщику продовольственных товаров, таких товаров, на которые установлен срок годности свыше 30 сут, за исключением ряда случаев, если возврат таких товаров допускается или предусмотрен российским законодательством.

Кроме того, стороны не должны заключать между собой договор, со-держащий условие о возврате хозяйствующему субъекту, осуществившему поставки продовольственных товаров, таких товаров, на которые установлен срок годности до 30 сут включительно, либо о замене таких товаров на такие же товары, либо о возмещении их стоимости, за исключением ряда случаев, если иное допускается или предусмотрено российским законодательством.

Предусматривается, что условия заключенных договоров поставки продовольственных товаров и иных договоров, регулируемых Федеральным законом от 28 декабря 2009 г. № 381-ФЗ «Об основах государственного регулирования торговой деятельности в Российской Федерации», должны быть приведены в соответствие с внесенными изменениями в течение 180 дн. со дня вступления в силу настоящего Федерального закона.

С принятием Федерального закона от 28 ноября 2018 г. № 446-ФЗ ассортиментный перечень по Свердловской области мало изменился: в основном

производители стали увеличивать сроки годности своей продукции и налаживать логистику.

Для крупных хлебозаводов (АО «Смак», АО «Тагилхлеб», ОАО «Хлеб», АО «Главхлеб»), работающих по долгосрочным договорам и строгим условиям с крупными торговыми сетями, данный закон вызвал незначительные изменения в объемах производства (продажи) хлебобулочных изделий. В основном закон повлиял на малые предприятия (пекарни) и небольшие магазины с короткими сроками реализации хлебобулочных изделий.

Разработка пшеничного хлеба с длительным сроком годности позволит увеличить объемы поставки, сокращая расходы на ежедневную транспортировку.

В соответствии с принятой Правительством страны Стратегией развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 г. [131] предстоит создать в короткие сроки условия для модернизации производства, сформулировать новый технологический уклад и обеспечить внедрение современных и эффективных разработок.

В настоящее время на территории страны действует ГОСТ Р 56631-2015 «Изделия хлебобулочные из пшеничной хлебопекарной муки. Общие технические условия», в соответствии с которым хлебобулочные изделия из пшеничной муки длительного хранения – это изделия со сроком годности 5 сут и более. Однако без внесения добавок различного принципа действия добиться продолжительных сроков хранения достаточно сложно [56; 62]. Для отдаленных регионов, таких как ЯНАО или ХМАО, необходимо производить хлеб с более длительным сроком годности, чем 5 сут, так как хлеб необходимо не только доставить на места реализации, но и реализовать в течение нескольких суток.

По данным Министерства агропромышленного комплекса и продовольствия Свердловской области, в регионе сегодня функционируют более 500 автолавок. Не все они имеют социальную значимость, некоторые действуют в крупных городах, ведут торговлю от лица заводов. Деятельность автолавок регулирует постановление Правительства РФ от 19 января 1998 г. № 55 «Об утверждении Правил продажи отдельных видов товаров», в котором указаны в том числе и правила хранения

товаров. В остальном требования к автолавкам такие же, как и к стационарным торговым точкам.

Актуальным является вопрос увеличения выпуска хлебобулочных изделий длительного хранения для снабжения населения, военных и приравненных к ним потребителей, находящихся в отдаленных и труднодоступных районах. Хлеб, предназначенный для длительного хранения, необходим для населения труднодоступных районов Свердловской области, участников экспедиций, работников лесозаготовок, геологических партий и т. д. Учитывая постоянный спрос на такие изделия, необходимо разрабатывать новые подходы к их созданию.

1.2 Систематизация основных проблем при производстве хлеба длительного хранения, связанных с низким качеством пшеничной муки

Российская хлебопекарная отрасль является очень эффективным и динамично развивающимся сельскохозяйственным сектором. Основной задачей хлебопекарной промышленности является производство продуктов, максимально удовлетворяющих запросы потребителей. Однако различия в типах и сортах пшеницы, погодных, климатических и агротехнических условиях выращивания и уборки, условиях хранения и технологических процессах переработки зерна определяют различное качество муки и, следовательно, конечного продукта, в том числе ХПМ длительного хранения.

В хлебопекарной промышленности существуют разные способы улучшения качества готовой продукции, в том числе технологические методы, такие как оптимальная механическая обработка теста во время замеса, настройка параметров расстойки, брожения и выпекания, а также введение специальных добавок – улучшителей для различных функциональных целей. Известно, что введение монодобавок позволяет устранить только узкоспециализированные дефекты, но основное сырье – мука, поставляемая на предприятия, как правило, имеет ряд недостатков. На

рисунке 1 систематизированы основные дефекты хлебобулочных изделий, обусловленные низким качеством муки, и причины их возникновения.

Дефекты хлеба	**Причины возникновения дефектов хлеба**
Посторонний запах или привкус	Повышение температуры вследствие физиологических процессов и плохой теплопроводности
Хруст на зубах при разжевывании	Наличие в муке минеральных примесей
Бледная корка хлеба, малый удельный объем	Низкая газо- и сахарообразующая способность муки
Мякиш плотный, липкий, заминающийся, более темного цвета, чем обычно, пористость крупная, неравномерная. Корка интенсивно окрашена. Вкус хлеба сладковатый, солоделый. Форма подового хлеба расплывчатая	Мука смолота из проросшего зерна и обладает повышенной амилолитической и протеолитической активностью. В муке и хлебе содержится много водорастворимых веществ, в том числе декстринов
	Мука смолота из морозобойного зерна и отличается повышенной активностью амилолитических ферментов и низким содержанием короткорвущейся или даже крошковатой клейковины
Хлеб с плотным мякишем, малого объема, с малоразвитой толстостенной пористостью. Цвет корки бледный	Мука из зерна, подвергшегося сушке при недопустимо высоких температурах. Активность ферментов понижена. Содержание клейковины низкое
	Свежесмолотая, несозревшая мука, без стадии отлежки
Пониженный объем хлеба. Мякиш хлеба неэластичный, цвет мякиша – серый. Расплывчатая форма подового хлеба. Верхняя корка иногда покрыта мелкими неглубокими трещинами	Мука смолота из зерна, пораженного клопом-черепашкой, в ней повышена активность протеолитических ферментов. Клейковина липкая, неэластичная, при отлежке ее свойства ухудшаются. Низкая водопоглотительная и газоудерживающая способности муки
Потемнение мякиша при условии переработки муки с нормальным цветом и белизной	Большое содержание тирозина в муке и повышенная активность фермента тирозиназы (полифенолоксидазы)
Хлеб с признаками заболевания КБХ. Сначала ощущается неприятный запах, по мере хранения хлеба запах усиливается. Мякиш хлеба при разрезании сильно прилипает к ножу	Споры картофельной палочки *Bacillus subtilis* попадают на зерно из почвы и, несмотря на тщательную очистку, переходят с мукой в хлеб, выживая в процессе выпечки

Рисунок 1 – Основные причины снижения качества муки и причины их возникновения

Причиной возникновения дефектов в муке может быть использование недоброкачественного зерна, нарушение технологии изготовления, несоблюдение режимов и сроков хранения. Основными являются дефекты органолептических и физико-химических показателей и дефекты микробиологического характера муки [70; 220; 5; 71].

В результате этого теоретически и научно обосновано введение комплексных улучшителей для выпечки (КХУ), которые влияют на углеводно-амилазный и белково-протеиназный комплекс муки.

Рассмотрим наиболее эффективные улучшители муки, применяемые в хлебопекарной промышленности (таблица 2).

Таблица 2 – Ассортимент улучшителей пшеничной муки с указанием действующего вещества, используемых в России [33; 84; 89; 107; 108; 110]

Торговое название улучшителя (наименование действующего вещества)	Дозировка, %	Характеристика улучшителя, декларируемая изготовителем
«Новамил 1500 MG» (очищенная мальтогенная α-амилаза)	0,006−0,06	Ингибируется ферментами ксиланазой и α-амилазой, улучшает качество, увеличивает срок хранения. Действует на крахмал муки, замедляя его ретроградацию. Способствует образованию сахаров с низким молекулярным весом и детоксинов, которые замедляют процесс черствения хлеба
«Амилоризин П10Х», «Амилосубтилин Г10Х» (глюкоамилаза очищенная)	0,001−0,002	Амилолитические ферментные препараты с активной α-амилазой, глюкоамилазой. Повышают содержание сбраживаемых сахаров в тесте, что приводит к интенсификации процесса созревания полуфабрикатов, увеличивается объем хлебобулочных изделий, улучшается структура их пористости, мякиш становится более нежным, улучшаются вкус и аромат хлеба, корка приобретает более интенсивную окраску и глянец
Аскорбиновая кислота	0,003–0,001	Снижает липкость теста, повышает его стабильность при брожении, улучшает свойства клейковины и увеличивает объем готовых изделий
Ферментный препарат «Глюзим Моно 10000 BG» (глюкозооксидаза)	0,002−0,005	
Ферментный препарат «Липопан 50 BG» или «Липопан Ф» (липаза)	0,001−0,005	
«Стабилин» (карбонат кальция, фосфат кальция)	1,0−2,0	Укрепляет клейковину, улучшает реологические свойства, уменьшает расплываемость подовых изделий, увеличивает объем

Продолжение таблицы 2

Торговое название улучшителя (наименование действующего вещества)	Дозировка, %	Характеристика улучшителя, декларируемая изготовителем
Ферментный препарат «Фунгамил 2500 BG» (α-амилаза)	0,0002−0,001	Улучшает осахаривающую способность муки с пониженной автолитической активностью. Улучшает структуру мякиша, увеличивает объем готовых изделий, обеспечивает продление сроков сохранения свежести
Ферментный препарат «Пентопан 500 BG» (геммицеллюлаза)	0,003−0,006	
Ферментный препарат «Пентопан Моно BG» (грибная ксиланаза)	0,0005−0,003	
Смесь препаратов α-амилазы и ксиланазы «Фунгамил Супер АХ» (смесь α-амилазы и ксиланазы)	0,005−0,012	Повышает газообразование в тесте, обеспечивает интенсификацию технологического процесса за счет синергетического эффекта амилазы и ксиланазы
«Баргус Пауэр 4170700» (эмульгаторы моно- и дисахариды жирных кислот, стеароил-2-лактилат натрия)	2,0−3,0	Обеспечивает продление свежести и увеличение объема хлеба из пшеничной муки
«Фадона» (комбинация солей кальция)	0,1−0,3	Подавляет *Bacillus subtilis* и предотвращает КБХ
«Антишим» (пропионат кальция)	0,2−0,5	Предотвращает развитие плесени, замедляет процесс брожения теста
«Мажимикс с синей этикеткой» (эмульгаторы, аскорбиновая кислота, грибковые амилазы и гемицеллюлазы)	0,5−1,0	Для производства высококачественных батонов, тостового хлеба и других изделий, а также специализирован для изготовления замороженных изделий из пшеничной муки. Повышает устойчивость тестовых заготовок при расстойке, позволяет получать батоны и другую продукцию, отличающуюся большим объемом, ровной и золотистой корочкой, исключительной мягкостью и связностью мякиша. Отбеливает мякиш, способствует устранению его крошения при резке и продлевает срок хранения готовой продукции
«Винер Ноте» (растительный жир, сухая молочная сыворотка, декстроза)	1,5−3,0	Увеличивает срок сохранения свежести в несколько раз. Придает тесту эластичность, значительно улучшает вкус изделий, сокращает расход сахара, жира и яиц

Таким образом, использование сложных многокомпонентных улучшителей, содержащих в оптимальных пропорциях многочисленные добавки различной природы и принципа действия позволяет одновременно воздействовать на основные компоненты муки, повышать эффективность каждого компонента улучшителя

благодаря синергизму их действия и, следовательно, сокращать потребление и упрощать способы их использования.

Обзор существующих технологических решений, направленных на увеличение срока годности хлеба из пшеничной муки

Сохранение свежести хлеба. Свежесть хлебобулочных изделий является одним из главных потребительских свойств. Поэтому в последние годы все чаще проводятся работы по сохранению свежести хлебобулочных изделий. Осуществляется поиск мероприятий по рациональному хранению хлеба. Эти мероприятия следует проводить на всех этапах приготовления.

Изменение свежести хлеба при хранении является результатом сложных физико-химических, коллоидных и биохимических процессов – изменений в углеводах и белках, а также потери влаги [13; 15].

Крахмал играет главную роль в процессе черствения хлеба. В 1902 г. Л. Линде установил, что при хранении хлеба происходит снижение растворимости крахмала его мякиша. Он ввел понятие ретроградации крахмала, как переход из аморфного состояния в кристаллическое при его старении.

Крахмальные гранулы состоят из двух типов молекул: амилозы и амилопектина. У пшеницы содержание амилозы колеблется в пределах от 20 до 25 %, амилопектина – от 75 до 80 %. Причем в высших сортах пшеничной муки крахмала содержится больше, чем в низших. Связано это с неравномерным распределением крахмала и белка в эндосперме зерновки и особенностями технологического процесса переработки зерна в муку. Набухание сопровождается гидратацией макромолекул амилозы и амилопектина, ослаблением и разрушением водородных связей между ними. Амилоза образует в горячей воде гидратированные мицеллы, но со временем ретроградирует (осаждается) в виде труднорастворимого геля [196; 238]. Ретроградация амилозы протекает в несколько стадий: вначале произвольно скрученные спирали амилозных цепей вытягиваются, после этого теряют гидратную оболочку и располагаются одна после другой. Между гидроксильными группами, расположенными на близком расстоянии, возникают водородные связи. Связывание, таким образом, большого числа молекул приводит к образованию

видимых хлопьев. Объяснить ретроградацию можно неустойчивостью крахмальных полисахаридов в растворе, особенно амилозы. Амилопектин ретроградирует медленнее и в меньшей степени, чем амилоза [227; 231; 237].

Амилоза содержится внутри крахмальных зерен, а амилопектин образует их наружную оболочку. В связи с этим молекулы амилопектина более устойчивы к набуханию в воде и химическим воздействиям.

При взаимодействии крахмала и воды происходит растворение амилозы и набухание амилопектина. Амилопектин в горячей воде способен образовывать клейстер, основной характеристикой которого является вязкость; амилоза при растворении не способна влиять на вязкость и давать клейстерные растворы.

Коллоидные процессы, происходящие при выпечке, приводят к получению готовых (выпеченных) изделий, имеющих пористую структуру, мягкий упругий мякиш. При хранении мякиш теряет свою изначальную структуру, становясь более жестким, черствым, в некоторых случаях рассыпчатым – это происходит вследствие потери кинетической энергии и усилением энергии связи. Процесс, направленный в обратную сторону (освежение хлеба), восстанавливает упругость и мягкость хлебного мякиша, связи между крахмалом, белками и водой должны быть ослабленными [202, 203]

Повышение температуры сдерживает процесс ретроградации. Концентрация амилозы способствует увеличению данного процесса: чем выше вязкость, тем сильнее ретроградация [92].

На качество хлеба и сохранение его свежести влияет также содержание белка в пшеничной муке. В результате повышения содержания белковых веществ в хлебе, как установлено рядом исследователей, черствение его при хранении замедляется. Мягкость мякиша при этом не находится в прямой зависимости от содержания белка в хлебе [11; 12].

К методам, способствующим сохранению свежести хлеба, можно отнести:

– применение сырья и способов приготовления теста, способствующих улучшению качества хлеба;

– регулирование качества хлеба путем применения улучшителей;

– подбор оптимального режима выпечки хлеба;

– применение рационального режима хранения хлеба;

– упаковка в различные виды бумаг и пленочные материалы.

Из пшеничной муки высокого качества с большим содержанием клейковины получают хлебобулочные изделия, которые хорошо сохраняют свежесть. Добавление белка делает структуру мякиша такого хлеба более прочной, гидратационные связи при этом усиливаются, что затормаживает потерю влаги при хранении хлеба [7; 114].

Внесение поваренной соли способствует повышению температуры клейстеризации крахмала, т. е. улучшает состояние мякиша, сохраняя его свежесть. Внесение сахара также способствует увеличению сроков хранения хлеба, замедлению ретроградации крахмала. Жир вводится в хлебобулочные изделия для повышения их пищевой ценности, улучшения качества и удлинения срока сохранения свежести изделий. Для замедления черствения хлеба применяют олигосахариды, выделенные из зерновой патоки. К ним относятся глюкоза, мальтоза, декстрины и продукты с более длинной цепочкой. Срок сохранения свежести хлеба увеличивается при добавлении глюкозы и мальтозы.

Применяют также молочную сыворотку. Внесение молочной сыворотки в крахмальный студень замедляет процесс его старения [221].

Применение ферментных препаратов также способствует улучшению свойств муки, готового хлеба.

Ферменты – вещества, способные ускорять реакции, происходящие в хлебном тесте. Они вырабатываются в малом количестве, однако из-за высокой активности могут вызывать изменения в массе теста. Каждый фермент действует по-разному. Общая характеристика всех ферментов – высокая чувствительность к температуре и среде. Однако индивидуально для каждого фермента существуют особые условия температуры и реакции среды, при которых фермент проявляет активность или разрушается (таблица 3).

Таблица 3 – Основные функции ферментов в хлебном тесте

Фермент	Основная функция
Липаза	Сохраняет муку в свежем состоянии в течение длительного времени или при неблагоприятных условиях хранения. Расщепляет жир, имеющийся в муке, на свободные жирные кислоты, с которыми связано появление в муке постороннего или прогорклого запаха
Протеаза	Способствует размягчению клейковины
α-амилаза	Регулирует уровень ферментативной активности в тесте. Разрушает крахмал до декстринов
β-амилаза	Способствует образованию сахара мальтозы. Замедляет черствение хлеба
р-амилаза	Гидролизует крахмал и декстрины. Во время брожения теста осахаривает часть крахмала (механически поврежденные зерна) с образованием мальтозы. Действует на амилозу, превращая ее в мальтозу. При воздействии на амилопектин отщепляет мальтозу только от свободных концов глюкозидных цепочек, вызывая гидролиз
Гемицеллюлаза	С помощью частичного разрушения пентозанов в муке смягчает тесто. Уменьшение количества воды означает, что удалять из теста при выпечке необходимо меньшее ее количество
Пуллуланаза	Корректирует хлебопекарные свойства муки
Изоамилаза	Корректирует хлебопекарные свойства муки
Мальтогенная амилаза	Гидролизует крахмал до мальтозы и мальтоолигосахаридов
Липоксигеназа	Окисляет жирные ненасыщенные кислоты муки в присутствии кислорода до пероксидов (перекисей), которые способствуют увеличению силы муки при ее хранении
О-дифенолоксидаза	Окисляет фенолы в хиноны, которые, конденсируясь, превращаются в меланины. Меланины вызывают потемнение теста и мякиша хлеба при переработке некоторых партий муки

На сохранение свежести хлеба также влияет технологический процесс выпечки. Длительность, вентиляция камеры, влажность – важные параметры, ведь хлеб с недостаточно пропеченным мякишем черствеет быстрее (таблица 4).

Таблица 4 – Технологические методы, способствующие сохранению свежести хлеба

Метод	Причина использования
Опарный способ изготовления теста	В опарах создаются оптимальные условия для воздействия на крахмал ферментов муки. В процессе жизнедеятельности микроорганизмы брожения выделяют протеолитические ферменты, которые воздействуют на клейковину, и кислоты. В условиях повышенной кислотности, помимо ферментативного гидролиза, протекает кислотный гидролиз, что усиливает степень воздействия на крахмал. В итоге получаются изделия с повышенной мягкостью и меньшей склонностью к черствению

Продолжение таблицы 4

Метод	Причина использования
Приготовление заварок	Заварки могут быть осахаренными и неосахаренными. Заваривание приводит к денатурации белков клейковины и уменьшению объема готового изделия, поэтому не следует вносить избыточное количество заварки либо следует компенсировать потери внесением клейковины
Приготовление заквасок	Высокая кислотность ввиду использования заквасок способствует дополнительному воздействию на крахмал, при этом защищая хлеб от микробиологического воздействия
Температура и время брожения	Использование холодных технологий целесообразнее с точки зрения повышения качества хлеба. Возможно использование холодных опар с длительным брожением, холодных расстоек, более длительного брожения после замеса при пониженных температурах. Кроме продления сроков хранения, решится проблема с крошливостью мякиша, которая напрямую связана с крахмалом

Увеличение срока годности хлеба. При хранении ухудшаются потребительские свойства хлебобулочных изделий: снижается сжимаемость и эластичность мякиша, возрастает его крошливость, вкус и аромат становятся менее выраженными. Однако эти изменения являются не причиной, а следствием процессов, протекающих при хранении хлеба, происходящих главным образом в углеводах и белках.

В процессе выпечки хлеба крахмал частично клейстеризуется, поглощая при этом воду, выделяемую коагулируемыми белковыми веществами, при выпечке хлеба [11; 12; 13; 88; 143; 144; 190; 223]. Вследствие этого крахмал переходит из исходного кристаллического в измененное аморфное состояние. При хранении выпеченного хлеба в его мякише происходит ретроградация крахмала, т. е. частичный обратный переход крахмала в кристаллическое состояние, приближающееся к тому, в котором крахмал был в тесте до выпечки. При этом структура крахмала уплотняется, уменьшается его растворимость и происходит частичное выделение влаги, поглощенной при клейстеризации.

Одним из эффективных средств улучшения качества хлеба и хлебобулочных изделий, а также замедления процесса черствения является использование в рецептурах хлебобулочных изделий пшеничной муки из waxy-сортов пшеницы, объединяющем три неактивных нуль-аллеля, что приводит к полному блокированию синтеза фермента гранулосвязанной крахмалсинтазы (granule-bound starch synthase,

GBSS) и амилозы. В этом случае крахмал состоит только из амилопектина. Пшеница с одним или двумя нуль-аллелями имеет частично блокированный синтез амилозы и называется «частично вакси» (partial-waxy) [166; 226].

Следует отметить, что мука, полученная из waxy-сортов пшеницы, в чистом виде не подходит для выпечки хлебобулочных изделий. Хлеб, полученный из такой муки, имеет низкий удельный объем, липкую структуру мякиша. Объясняется это снижением такого важного для качества хлеба показателя, как число падения, или индекс Хакберга. У waxy-пшеницы этот показатель колеблется в пределах от 67 до 80 с, что является достаточно низким значением. Для мягких сортов пшеницы число падения варьирует в пределах от 350 до 400 с [136; 227]. Соответственно, при уменьшении индекса вязкости и амилазы происходит повышение активности амилолитических ферментов зрелого зерна пшеницы.

Хлебопекарная промышленность традиционно опиралась на использование физических методов для расширения ассортимента хлеба с увеличенным сроком годности при хранении, таких как ультрафиолетовое (УФ), инфракрасное (ИК), СВЧ-нагрев.

Ультрафиолет является мощным антибактериальным средством, при этом наиболее эффективной длиной волны является 260 нм. Ультрафиолетовый свет используется для контроля появления спор плесени на хлебе.

Прямое УФ-облучение поверхностей завернутых хлебобулочных изделий позволяет увеличить срок их годности. Тем не менее стоит упомянуть плохую проникающую способность и трудность для обработки продукта с несколькими поверхностями, так как споры плесени могут присутствовать в стенках воздушных ячеек внутри хлеба и их поверхности защищены от облучения [232].

СВЧ-нагрев позволяет быстро и равномерно нагревать буханки хлеба без большой разницы температуры между поверхностью и окружающей средой. Однако применение этого способа ограничено тем, что он может вызвать конденсацию, которая может отрицательно повлиять на внешний вид продукта [12].

ИК-обработка также может использоваться для уничтожения спор плесени, не ухудшая качество и внешний вид продукта или целостность упаковки [12]. Среди недостатков метода стоит отметить достаточно высокую стоимость.

В качестве альтернативы можно использовать химические консерванты. Слабые органические кислоты (например, пропионовая и сорбиновая кислота) используются для подавления роста нежелательных микроорганизмов и, следовательно, продления срока годности хлеба.

Тем не менее на их применение были установлены ограничения в рамках Европейского союза и в настоящее время их действие регулируется постановлением Европейского парламента и Совета Европы о пищевых добавках № 1333/2008 от 16 декабря 2008 г. [129].

Доказано, что калиевые, натриевые или кальциевые соли пропионовой и сорбиновой кислот являются наиболее распространенными и наиболее часто используются, так как хорошо растворимы в воде, чем соответствующие коррозионные кислоты [240]. Для сорбата установлены предельные значения 0,2−0,3 %, он редко используется в хлебопечении из-за негативного влияния на объем хлеба [248].

Добавление этилового спирта для консервации ХПМ является еще одним традиционным методом, при этом этанол предпочтительнее других химических веществ. Концентрация этанола в диапазоне от 0,2 до 12 % увеличивает срок годности хлеба [231]. Кроме того, обработка поверхности хлеба этанолом (0,5 %) способствует повышению эффекта использования сорбата и пропионата [233]. Итальянские ученые Э. Берни и Н. Скарамуцца [217] изучали потенциал этанола для подавления *Chrysonilia sitophila*, более известной как «красная хлебная плесень», и *Hyphopichia burtonii*, также известной как «меловая плесень», на упакованном и нарезанном хлебе при очень низкой (0,8 %) и средней (2,0 %) концентрации этанола. Не существует ограничений к использованию этанола в качестве пищевого консерванта, хотя его присутствие обязательно должно быть указано на этикетках. Этанол служит эффективным дополнительным барьером для подавления роста грибков в хлебе и (или) хлебобулочных изделиях в целом. Использование этанола в упаковке пищевых продуктов регулируется регламентом ЕС 2011/10 [20].

В Соединенных Штатах этанол считается безопасным для человека (имеет статус GRAS) в качестве пищевого ингредиента. Т. Лабуза и У. Брин [236] сообщают об использовании Ethicap – пищевого спирта, адсорбированного на порошке диоксида кремния и содержащегося в пакетике, составленном из сополимера бумаги и этилвинилацетата. Полимер выделяет пары этанола в концентрации 0,5−2,5 % (v/v), которые действуют как противомикробное средство при конденсации на поверхности пищи. Ваниль и другие соединения используются для маскировки спирта. Ethicap имеет несколько преимуществ: во-первых, пары этанола могут быть получены без распыления раствора этанола непосредственно на продукты перед упаковкой; во-вторых, саше можно удобно удалить из упаковок и выбросить в конце срока хранения; в-третьих, низкую стоимость.

В СССР использовался способ консервирования хлеба этанолом со сроком хранения до 6 мес. (ГОСТ 12582-67 «Хлеб ржаной простой и ржано-пшеничный простой для длительного хранения, консервированный спиртом. Технические условия»).

Франке и его коллеги в 2002 г. [230] изучили использование Ethicap в упаковке предварительно испеченных булочек (aw = 0,95). Они обнаружили, что упаковка в гамма-стерильные полиэтиленовые пакеты с Ethicap задерживает рост плесени в течение 13 сут при комнатной температуре. Ранее в 1990 г. Смит и его коллеги также отмечали, что генераторы паров этанола были эффективны в борьбе с 10 видами плесневых грибов, включая виды *Aspergillus* и *Penicillium,* и 15 видами бактерий, включая сальмонеллы, стафилококки и кишечную палочку [243]. Кукуцис и коллеги в 2004 г. [246] оценили излучатели «вода – этанол» (WE) и «фисташковое масло – этанол» (ME) для контроля роста микроорганизмов в хлебобулочных изделиях с высокой влажностью и высоким pH. Кроме предотвращения или снижения порчи хлеба, этанол эффективен против черствения хлеба, так как он действует как пластификатор белкового каркаса хлебного мякиша [247].

Однако применение любых консервантов неэффективно при повышенном обсеменении продуктов различными микроорганизмами или плохом санитарном состоянии предприятия.

В прошлом хлеб с длительным сроком хранения получали с использованием традиционного длительного процесса брожения – закваски. Хлебопекарная промышленность недавно начала пересматривать этот традиционный метод ферментации как возможность заменить химические консерванты. Закваска является устоявшейся формой биосохранения пищевых продуктов, и роль, которую она играет качестве биоагента и ингибитора порчи хлеба, научно исследована и освещена [71].

Закваска позволяет замедлить скорость черствения, защитить хлеб от порчи, а также способствует продлению срок годности хлеба [71; 229; 252; 255]. Однако применение лабораторно-ферментированной закваски само по себе позволяет добиться лишь невысокого консервирующего действия. Было обнаружено, что подкисление через брожение закваски ингибирует эндоспору, прорастание и рост *Bacillus spp.* [33]. Тем не менее снижение pH и подкисление, которое обычно связано с производством молочной и уксусной кислот, могут продлить срок годности хлеба только в ограниченной степени и (или) либо не влияют на ингибирование плесени [235].

Одним из эффективных способов продления срока годности ХПМ является «активная и интеллектуальная упаковка» (согласно терминологии Европейского союза). Активная упаковка – это упаковка, предназначенная для продления срока годности упакованных пищевых продуктов или для поддержания и (или) улучшения их состояния путем высвобождения или поглощения вещества, поступающие в пищу или из ее окружения [216].

Наряду с интеллектуальной упаковкой, активная упаковка относится к инновационным упаковочным системам, которые взаимодействуют с пищевыми продуктами, а не являются только пассивным барьером, защищающим и сохраняющим упакованные пищевые продукты от физических, химических и биологических воздействий. Существуют различные типы активных упаковочных систем, в том числе поглощающие и высвобождающие системы [216]. Первые удаляют нежелательные соединения, такие как кислород, из окружающей среды упаковки, в то время как последние выделяют соединения, такие как антиоксиданты, консерванты и анти-

микробные препараты, в упакованные пищевые продукты или в головное пространство упаковки [216].

Поглотители и высвобождатели могут быть выполнены в виде пакетика, этикетки или пленки. Пакетики обычно помещаются в свободном виде в головке упаковки – свободном пространстве, а этикетки закрепляются в крышке. Включение в упаковку поглотителя кислорода, который увеличивает скорость черствения хлеба, а также способствует окислению липидов, было использовано как в хлебобулочных и кондитерских изделиях, так и в готовых продуктах, например бутербродах и пицце [216].

В то же время удаление кислорода из упаковки с помощью вакуумной технологии не подходит для хлебобулочных изделий, так как вакуумная упаковка эвакуирует бóльшую часть кислорода, присутствующего в пакете, до уровня менее 1 %. При этом кислород удаляется также из внутренних пор хлеба, что вызывает ухудшение органолептических характеристик ХПМ, также утрачивается мягкость мякиша [216].

Использование активной упаковки имеет также ряд недостатков, связанных с тем, что пористая структура хлеба не позволяет полностью исключить кислород, и он может сохраняться в пищевой упаковке, накапливаться с течением времени до уровня, достаточного для поддержания роста плесени [216].

В 1998 г. Берензон и Сагуф [237] исследовали влияние поглотителей кислорода на окисление липидов в сухарях военного пайка при различных температурах хранения (например, 15; 25 и 35 °С) в течение 52 недель. П. Нильсен и Р. Риос [241] исследовали влияние поглотителей кислорода на снижение вредных организмов, таких как *Penicillium commune* и *P. roqueforti*. Они также заметили, что *A. flavus* и *Endomyces fibuliger* сохранялись при уровне кислорода 0,03 %. Однако сочетание поглотителей кислорода с эфирными маслами из горчицы (*Brassica spp.*), корицы (*Cinnamomum spp.*), чеснока (*Allium sativum*) и гвоздики (*Syzygium aromaticum*) были признаны эффективными [238].

Противомикробная активная упаковка является наиболее распространенной активной упаковочной системой, которая высвобождает антимикробные агенты,

проникающие на поверхность пищи (где преобладает рост микроорганизмов), подавляя или замедляя рост микроорганизмов и порчу. Основные задачи противомикробной активной упаковочной системы: обеспечение безопасности, поддержание качества и продление срока годности; таким образом, антимикробная упаковка может играть важную роль в обеспечении безопасности пищевых продуктов.

В систему упаковки могут быть включены несколько противомикробных агентов, а именно химические вещества: антимикробные препараты, антиоксиданты, биотехнологические продукты, антимикробные полимеры, природные антимикробные препараты и газ. Наиболее часто используются органические кислоты, фунгициды, спирты и антибиотики [216; 226].

Антибиотики могут также использоваться в качестве противомикробных препаратов, но они не одобрены для антимикробных функций, и их применение также спорно из-за возникновения эффекта резистентности.

К сожалению, ни одно антимикробное средство эффективно не действует против всех видов порчи и патогенных микроорганизмов микрофлоры. Как следствие, свойства микроорганизма, такие как потребность в кислороде (аэробы и анаэробы), состав клеточной стенки (грамположительная и грамотрицательная), стадия роста (споры и вегетативные клетки), оптимальная температура для роста (термофильный, мезофильный и психротропный) и устойчивость к кислоте/осмосу, являются основополагающими для выбора более подходящего противомикробного средства.

1.4 Отечественный и зарубежный опыт ингибирования картофельной болезни хлеба из пшеничной муки

Возбудитель картофельной болезни хлеба (*Bacillus subtilis, ssp. mesentericus*) развивается в мякише пшеничного хлеба. Пораженный хлеб сначала теряет свой естественный вкус и аромат, затем появляется своеобразный сладковатый запах.

Мякиш становится липким, при разломе наблюдаются слизистые, тянущиеся нити. Цвет мякиша изменяется: образуются желто-бурые, розовато-грязные пятна. При сильном развитии болезни хлеб превращается в темную слоистую массу с резким специфическим запахом и неприятным вкусом.

В настоящее время возбудители картофельной болезни – спорообразующие бактерии, относящиеся к подвиду *Bacillus subtilis ssp. mesentericus* (картофельная палочка), распространенные в природе — почве, воздухе, растениях.

Вегетативные клетки *Bac. subtilis* погибают при температуре 75−80 °С, однако их споры остаются жизнеспособными при 120 °С в течение 1 ч, поэтому сохраняются после выпечки хлеба. Наиболее благоприятными условиями прорастания и развития спор являются температура около 40 °С, повышенная влажность, pH от 5 до 10.

Споровые бактерии попадают в муку при размоле зерна, которое заражается главным образом в процессе уборки.

Для предупреждения картофельной болезни хлеба необходим контроль сырья и готовой продукции с целью выявления их микробиологической загрязненности. Определить наличие бактерий, вызывающих картофельную болезнь хлеба, можно различными методами. Эти методы принято подразделять на четыре группы: 1) бактериологические; 2) технологические; 3) биохимические и 4) физические. В таблице 5 указаны основные методы выявления КБХ и недостатки каждого способа.

В рамках всех четырех групп методов отсутствует единая методика проведения анализа выявления возбудителей КБХ, которая бы легко воспроизводилась в условиях любой лаборатории и обладала корректностью оценки полученных результатов.

Переработка хлеба, пораженного картофельной болезнью, категорически запрещается. Хлеб, пораженный картофельной болезнью, немедленно удаляется из производства, хранится в отдельном помещении с соблюдением условий, исключающих доступ к нему, и подлежит строгому учету [81; 82; 150].

Таблица 5 – Методы выявления КБХ

Наименование метода	Сущность метода	Недостатки
Технологические методы		
Арбитражный способ	Из испытуемой муки готовят хлеб, который после выпечки выдерживают в термостате при определенных условиях влажности, температуры и времени. Затем органолептически проверяют признаки заболевания	Длительность определения от 24 до 72 ч
Бактериологические		
Микробиологический	Посев на плотные или жидкие питательные среды с целью выделения и установления количественного содержания спор *Bac. subtilis*	Трудоемкость, длительность, необходимость специальных знаний в области микробиологии у персонала. Слабая корреляция между количеством спор и степенью зараженности картофельной болезнью
Физические		
Люминесцентный	Ускоренный люминесцентный метод, основанный на способности колоний картофельной палочки под влиянием ультрафиолетовых лучей принимать ярко-желтую окраску	Предлагаемая методика диагностики зараженности исследуемого объекта не отвечает основной задаче – предупреждать выбраковку готовой продукции, лишь позволяет констатировать факт наличия бактериальной инфекции
Вискозиметрический	Метод основывается на измерении снижения вязкости клейстера по действием бактериальной α-амилазы, присутствующей в смыве или экстракте, на приборе для определения числа падения или аналогичном	Необходимость наличия в лаборатории специального оборудования с водяной баней. Разжижающая активность α-амилазы может быть различной при изменении температуры окружающей среды
Метод капиллярного электрофореза	Метод основан на разделении компонентов сложной смеси в кварцевом капилляре под действием приложенного электрического поля и реализован на приборе «Капель-103»	Необходимость наличия в лаборатории специального оборудования
Биохимические		
Метод Ансона	Определение ферментативной активности *Bac. subtilis* путем выявления продуктов расщепления белковых или углеводных компонентов муки или хлеба протеолитическими и амилолитическими ферментами, что определяется при нанесении испытуемого материала на поверхность желатинового слоя фотоматериала	Наличие специально оборудованной лаборатории и высококвалифицированных специалистов

Гигиеническая экспертиза хлеба, пораженного картофельной болезнью, проводится специалистами центров госсанэпиднадзора в субъектах Российской Федерации и на транспорте в пределах своей компетенции в соответствии с «Инструкцией о порядке проведения гигиенической экспертизы пищевых продуктов в учреждениях санитарно-эпидемиологической службы» (№ 2255-80). Результаты экспертизы передаются в органы Государственного ветеринарного надзора для решения вопроса о направлении пораженного хлеба на корм скоту. Вопрос об утилизации хлеба, пораженного картофельной болезнью, должен решаться в соответствии с «Положением о проведении экспертизы некачественных и опасных продовольственного сырья, и пищевых продуктов, их использования или уничтожения», утвержденным постановлением Правительства РФ от 29 сентября 1997 г. № 1263 [81].

Сегодня в арсенале разработчиков имеются следующие способы подавления картофельной болезни хлеба: повышение кислотности и понижение влажности мякиша, увеличение содержания сахара и жира в рецептуре изделий до 15–20 % к массе муки, а также применение ингибиторов картофельной болезни хлеба (лизоцим, низин).

Основные факторы, ингибирующие развитие картофельной болезни в хлебе: повышенная кислотность, пониженная влажность, увеличенное содержание сахара и жира в рецептуре изделий (до 15−20 % к массе муки), антибиотическая активность среды. В таблице 6 систематизированы пищевые добавки, ингибирующие КБХ и применяемые в России.

Таблица 6 – Пищевые добавки и препараты, способствующие подавлению картофельной болезни [122; 137; 143; 141]

Пищевая добавка	Концентрация к массе муки, %
Молочная кислота	0,1−0,2
Уксусная кислота	0,1−0,2
Пропионовая кислота	0,1−0,2
Кальций уксуснокислый	0,2−0,3
Пропионаты натрия, калия, кальция	0,3−0,5

Продолжение таблицы 6

Пищевая добавка	Концентрация к массе муки, %
Мезофильные закваски кислотностью 18–22 град, приготовленные на чистых культурах *Lactobacillus fermenti*-27	4−6
Пропионовокислая закваска кислотностью 12–14 град, полученная на чистой культуре *Propionibacterium shermani* ВКМ-103	4−6
Комплексная закваска на чистых культурах молочнокислых, пропионовокислых бактерий и дрожжей кислотностью 6–9 град	15−20
Концентрированные молочнокислые закваски (КМКЗ) кислотностью 16−18 град, полученные на чистых культурах *L. plantarum*-30	4−6
Дрожжи, приготовленные по рациональной или усовершенствованной ГосНИИХП схемам, с кислотностью 10–14 град	25−30
Лизин гидрохлорид	0,25−0,5
Препараты, подавляющие КБХ	Рекомендуемые дозировки на 100 кг муки, г
Селектин	50−100
Флора-супер	0,4−1,0
КБ-1	0,2−0,4
Карат	0,06−0,1
Феникс	0,1−0,5
МБ Протектор	0,1−0,3
Здоровье	0,2−0,6
Защита	0,4−1,0

Имеются научные данные о положительном влиянии бетулина на подавление КБХ [28].

Бетулиносодержащий экстракт бересты (далее – БЭБ) представляет собой совокупность природных соединений, основу которой составляет тритерпеновый спирт бетулин (бетулинол) [26; 28].

БЭБ включает в себя сочетание различных природных соединений, таких как бетулин, бетулиновую кислоту, лупеол и др. Именно бетулин, который содержится в верхнем слое коры березы, является основным действующим биологически активным веществом экстракта. БЭБ характеризуется антиоксидантным, антисептическим, противовоспалительным действием. Бетулиносодержащий экстракт бересты представляет собой порошок белого цвета, без запаха, но при этом со слабым вяжущим вкусом. Он достаточно устойчив к действию кислорода и солнечного света, не токсичен. Доступность и биологическая активность бетулина ставит его в ряд ценных природных соединений [26].

В ГНУ ГОСНИИ хлебопекарной промышленности Россельхозакадемии проведена работа по исследованию технологических свойств бетулиносодержащего экстракта бересты при производстве хлебобулочных изделий из пшеничной муки. Результаты, полученные в ходе исследований, показали, что добавление БЭБ повышало газообразующую способность теста, бродильную способность дрожжей, что повлияло на время максимального подъема теста (уменьшение примерно на 30 мин), объемный выход хлеба (увеличение до 10 %), пористость мякиша, заметно улучшало структурно-механические свойства хлеба, способствовало задержанию развития картофельной и меловой болезни. Применение экстракта усиливает вкус и аромат хлеба, снижает степень потери влаги, что может способствовать увеличению срока годности ХПМ.

Важным свойством экстракта бересты является его способность не подавлять развитие полезных молочнокислых бактерий. Экстракт бересты обладает бактериостатическими свойствами и не оказывает подавляющего действия на бактерии, которые играют одну из главных ролей в хлебопекарной, мясной, молочной индустрии в качестве заквасочных культур [26]. На данный момент возможности применения БЭБ изучены недостаточно и требуют продолжения научных исследований.

Одним веществ, входящим в добавку «Селектин», рекомендованную для применения хлебозаводах, является низин. Низин (Е234) – консервант антибиотического действия, который относится к типу пептидных веществ. Данный антибиотик широко используют в производстве многих пищевых продуктах (например, мясных, молочных консервантов). Для получения низина используют специальные штаммы молочнокислого стрептококка.

Низин не оказывает угнетающего действия на организм человека, при этом ферменты, содержащиеся в пищеварительном тракте человека, способны быстро разрушать его до аминокислот. Низин – антибиотик полипептидного типа с молекулярной массой около 7 000. В его состав входят аминокислоты лизин, гистидин, аспарагиновая кислота, лантионин, В-метиллантионин, пролин, глицин, валин, аланин, изолейцин, метионин, лейцин, дегидроаланин и В-метилдегидроаланин.

Характерной особенностью низина является наличие в его составе двух серосодержащих аминокислот: лантионина и В-метиллантионина, которые редко встречаются в природе. В каждой молекуле низина содержится два остатка лантионина и восьми остатков В-метиллантионина.

Важнейшим свойством низина является его возможность задерживать рост и развитие стафилококков, стрептококков и других микробов, но он неэффективен против дрожжей, плесеней и грамотрицательных бактерий. Обладает способностью снижать сопротивляемость спор термоустойчивых бактерий к нагреванию. Низин не теряет своих свойств при pH от 4,0 до 8,0 [245; 229; 254].

Низин зарекомендовал себя как эффективный и безопасный консервант и был удостоен статуса наивысшей безопасности GRAS (Generally Recognized as Safe). Он разрешен к применению более чем в 50 странах, включая США и страны Европы. В связи с этим использование низина для деконтаминации и последующего хранения пищевых продуктов остается актуальной задачей [239].

Одной из самых безопасных пищевых добавок является аскорбиновая кислота Е300 и ее производное – аскорбат Е301. На мельнице мука обрабатывается чистой аскорбиновой кислотой с дозировкой от 0,5 до 3,0 г на 100 кг муки. В случае, если клейковина очень мягкая или мука используется в специфических целях (например, для глубоко замороженных изделий), требуется более высокая дозировка Е300 (от 6 до 10 г). Аскорбиновая кислота служит защитой против потери стабильности протеина, обезвреживая противоположное действие глютации, естественно присутствующей в муке. Это достигается благодаря тому, что Е300 уже к началу замеса под воздействием собственных ферментов муки (аскорбатоксидазы и глутатиондегидрогеназы) окисляется в дегидроаскорбиновую кислоту. При этом глутатион окисляется в глутатиондисульфид, препятствуя тем самым размягчению клейковины [12; 13; 212].

Таким образом, исследование синергизма трех компонентов – бетулина, аскорбиновой кислоты, низина – представляет научный интерес и является актуальным.

1.5 Методы повышения биодоступности бетулина как компонента, способствующего увеличению срока годности хлеба из пшеничной муки

В данной работе предметом исследования является наносуспензия на основе активного действующего вещества – тритерпеноида лупанового ряда бетулина, нерастворимого в воде. Рассмотрим методы, которые можно использовать для микронизации бетулина с целью повышения его биодоступности [97].

Высокоэнергетические методы. Наносуспензии представляют собой неравновесные системы, которые не могут быть сформированы спонтанно. По этой причине для их формирования требуется механическая или химическая энергия. Наносуспензии обычно готовят с использованием высокоэнергетических методов, в которых ввод механической энергии осуществляется гомогенизаторами высокого давления, перемешиванием с высоким сдвигом и ультразвуковыми генераторами. Эти механические устройства создают мощные силы, которые разрушают нефтяные и водные фазы для образования наносуспензий. В высокоэнергетических методах плотность входной энергии составляет от 100 до 1 000 Вт·кг$^{-1}$. Требуемая энергия интенсивно подается в систему для получения однородных частиц небольшого размера. Гомогенизаторы высокого давления позволяют это сделать, поэтому являются наиболее широко используемыми устройствами для приготовления наносуспензий.

Перемешивание с высоким сдвигом (конденсационный метод). Способ предполагает использование высокоэнергетических смесителей и систем ротор-статор приготовления наносуспензии. Размеры капель внутренней фазы могут быть значительно уменьшены за счет увеличения интенсивности смешивания этих устройств. Данный метод является наиболее экономически удобным, однако получение наносуспензий со средним размером частиц менее 100–300 нм довольно затруднено [135].

Ультразвуковая суспензия. Для получения наносуспензий и наноэмульсий может использоваться ультразвук. Акустическое поле создает межфазные волны, которые заставляют масляную фазу диспергироваться в непрерывной фазе как

капли. Кроме того, ультразвук вызывает акустическую кавитацию, которая обеспечивает образование и коллапс микропузырьков соответственно из-за колебаний давления одной звуковой волны. Таким образом, генерируются огромные уровни сильно локализованной турбулентности, что вызывает микроимплозии, которые нарушают большие капли до субмикронного размера.

Предварительно смешанную макросуспензию перемешивают с помощью вибрационной твердой поверхности с частотой 29 кГц или более. Мощные ультразвуковые устройства, такие как фокусирующие рожки и заостренные наконечники, вызывают чрезмерный сдвиг и кавитацию, которые приводят к разрушению капель. Было замечено, что в большинстве ультразвуковых систем излучаемое звуковое поле неоднородно. По этой причине для того, чтобы все капли испытали максимальную скорость сдвига, должна быть предусмотрена рециркуляция эмульсии через область большой мощности. Более того, выполняя этот тип рециркуляции много кратно, можно получить эмульсии с равномерным размером капель в разбавленных концентрациях. Тип эмульгатора, количество эмульгатора и вязкость фаз являются наиболее критическими параметрами, влияющими на эффективность гомогенизации. Таким образом, оптимизация этих параметров необходима для подготовки наноэмульсий, имеющих мелкие капельки. Данный метод в наибольшей степени применим для получения наноэмульсий. Для наносуспензий имеются некоторые опасения по поводу использования методов ультразвуковой обработки из-за того, что они способны индуцировать денатурацию белка, деполимеризацию полисахаридов и их окисление [135].

Нанофлюидика. Метод наиболее широко применяется в фармацевтической промышленности для получения тонких суспензий. Для нанофлюидики используется устройство, называемое микрофлюидизатором, которое обеспечивает высокое давление. Во время процесса высокое давление заставляет макросуспензию проходить в камеру взаимодействия, что позволяет производить наносуспензию с субмикронными рядами. Равномерное производство наносуспензии может быть достигнуто путем многократного повторения процесса и изменения рабочего давления с целью получения желаемого размера частиц. В сопле микрофлюидизатора сталкиваются

струи из двух противоположных каналов, которое также называется реакционной камерой. Подвижность суспензии обеспечивается пневматическим насосом, который имеет возможность сжатия воздуха до давления от 150 до 650 МПа. Такое высокое давление заставляет поток суспензии проходить через микроканалы, а после столкновения двух противоположных каналов получается огромный уровень сдвигающей силы. С помощью этой силы производятся тонкие суспензии.

Методы эмульгирования с низкой энергией. Наноэмульсификация также может быть достигнута с использованием низкоэнергетических методов, которые обеспечивают небольшие размеры и более однородные капли. Эти методы, такие как температура инверсии фазы и компонент инверсии фазы, обеспечивают меньшие и более равномерные капли за счет использования физико-химических свойств системы. Хотя процедуры с низкой энергией, как правило, более эффективны для получения небольших размеров капель, чем процедуры с высокой энергией, существуют некоторые ограничения при использовании некоторых типов масел и эмульгаторов, таких как белки и полисахариды. Для преодоления этой проблемы высокий уровень концентрации синтетических поверхностно-активных веществ используется для получения наноэмульсий в низкоэнергетические технологии, но это сужает область их применения, особенно для многих пищевых процессов.

Одним из этапов получения наносуспензии является растворение бетулина в растворителе. Подбор растворителя тоже имеет большое значение по причине допустимости его присутствия в препарате, возможных ограничений по воображениям токсичности, а также спектра прикладных задач, достигаемых при дальнейшем использовании готового продукта [30; 97; 135].

Стабилизация суспензий. Одним из самых важных этапов получения суспензии является ее стабилизация, так как наносуспензии – термодинамически неустойчивые многофазные системы. Стабильность суспензий зависит от поверхностно-активных веществ, их состава и распределения размера капель. Поверхностно-активные вещества играют важную роль в способах приготовления наносуспензий, снижая межфазное натяжение между двумя фазами, чтобы получить мелкие капли. Тип эмульгатора влияет на стабильность наносуспензии в отношении

нагрева, охлаждения, pH, ионной силы и длительного хранения. Поверхностно-активные вещества способствуют стабильности различными способами: так, ионные поверхностно-активные вещества обеспечивают электрический заряд, тогда как неионные поверхностно-активные вещества создают стерический барьер с массивными молекулярными группами. Кроме того, влияние гравитации на более крупные частицы намного больше, чем на малые.

Наносуспензии обладают большой устойчивостью против коалесценции, флокуляции, седиментации или кремации из-за их характерного размера частиц. Для суспензии с высокой степенью дисперсии необходим подбор качественных и многофункциональных ПАВ. Наиболее желательны неионогенные ПАВ за счет своей биоинертности и стабильности к кислотам и ферментам ЖКТ, в том числе амфотерные ПАВ – аминокислоты и их производные, а также аминофенолы (в частности, фосфатиды растительного происхождения). Перспективными ПАВ являются также лецитин и моноэфиры сахарозы, жирных кислот.

Заключение по главе 1

Обзор научной литературы по теме исследования показал, что годовой объем выработки хлебобулочных изделий в России достигает 7,5 млн т, производство хлебобулочных изделий составляет около 52 кг на человека в год. Производство хлебобулочных изделий в Свердловской области осуществляют 35 крупных и средних хлебопекарных предприятий, 26 предприятий Свердловского областного Союза потребительских обществ, около 200 мини-пекарен. Производственные мощности хлебопекарных предприятий используются не более чем на 40 %.

Пшеничный хлеб со сроком годности 5 сут производят только АО «Смак» и ЕМУП «Всеслав». Актуальность разработки ХПМ длительного хранения обусловлена введением Федерального закона от 28 ноября 2018 г. № 446-ФЗ, необходимостью его еженедельных поставок в автолавки для обеспечения отдаленных

населенных пунктов и поставок в период чрезвычайных ситуаций (паводков) в подтопляемые города Ирбит, Артемовский, Белоярка и др.

Систематизированы основные проблемы, связанные с низким качеством пшеничной муки: причиной возникновения дефектов в муке может быть использование недоброкачественного зерна, нарушение технологии изготовления, несоблюдение режимов и сроков хранения. В результате этого ухудшаются органолептические и физико-химические показатели, возникают дефекты микробиологического характера муки.

Проведенный анализ литературы позволил выявить несколько возможных способов сохранения свежести хлеба: использование в рецептурах хлебобулочных изделий waxy-сорта пшеничной муки; использование физических методов обработки, таких как ультрафиолетовое и инфракрасное излучение, СВЧ-нагрев; использование химических консервантов; применение активной и интеллектуальной упаковки.

Проанализирована отечественная и зарубежная литература в отношении способов предотвращения и ингибирования картофельной болезни хлеба и плесневения по результатам анализа выявлено, что наиболее эффективными методами являются: повышение кислотности и снижение влажности мякиша, увеличение содержания сахара и жира в рецептуре изделий до 15−20 % к массе муки, применение ингибиторов картофельной болезни хлеба (лизоцим, низин).

Рассмотрены основные методы повышения биодоступности бетулина, представленные в патентной информации и литературных источниках: перемешивание с высоким сдвигом (конденсационный метод, ультразвуковая суспензия, нанофлюидика, методы эмульгирования с низкой энергией).

Таким образом, изыскание новых способов использования ингредиентов, способных предотвратить микробиологическую порчу хлеба из пшеничной муки при улучшении и сохранении его качества, а также способов увеличения сроков хранения является актуальным.

ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Организация эксперимента

Экспериментальные исследования проводились в период с 2016 по 2019 г. на базе кафедры технологии питания и Единого лабораторного комплекса ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет».

Теоретические и экспериментальные исследования выполнены в соответствии с поставленными задачами. Общая схема работы представлена на рисунке 2 и состоит из четырех взаимосвязанных этапов.

На *первом этапе* исследований проведены анализ и систематизация научно-технической литературы и патентной информации по теме исследования, сформулированы цели и задачи исследования.

Второй этап посвящен исследованию способов увеличения сроков годности ХПМ. Определена рациональная дозировка внесения добавок в тесто на основании исследования хлебопекарных свойств муки пшеничной первого сорта, структурно-механических свойств теста и товароведной оценки хлеба. Исследован эффект синергизма низина, бетулина и аскорбиновой кислоты при ингибировании КБХ. Определено влияние содержания амилозы в муке на длительность хранения ХПМ. Разработан метод микронизации бетулина в сочетании с эмульгаторами. Получена наносуспензия бетулина, доказана ее эффективность в производстве ХПМ для продления срока годности.

На *третьем этапе* проведена сравнительная оценка исследованных способов увеличения срока годности хлеба из муки пшеничной. Математически обоснован оптимальный способ увеличения срока годности ХПМ. Этап посвящен разработке нормативно-технологической документации хлеба из пшеничной муки

с удлиненным сроком хранения. Исследованы показатели качества ХПМ в процессе хранения. Установлены условия и сроки хранения ХПМ.

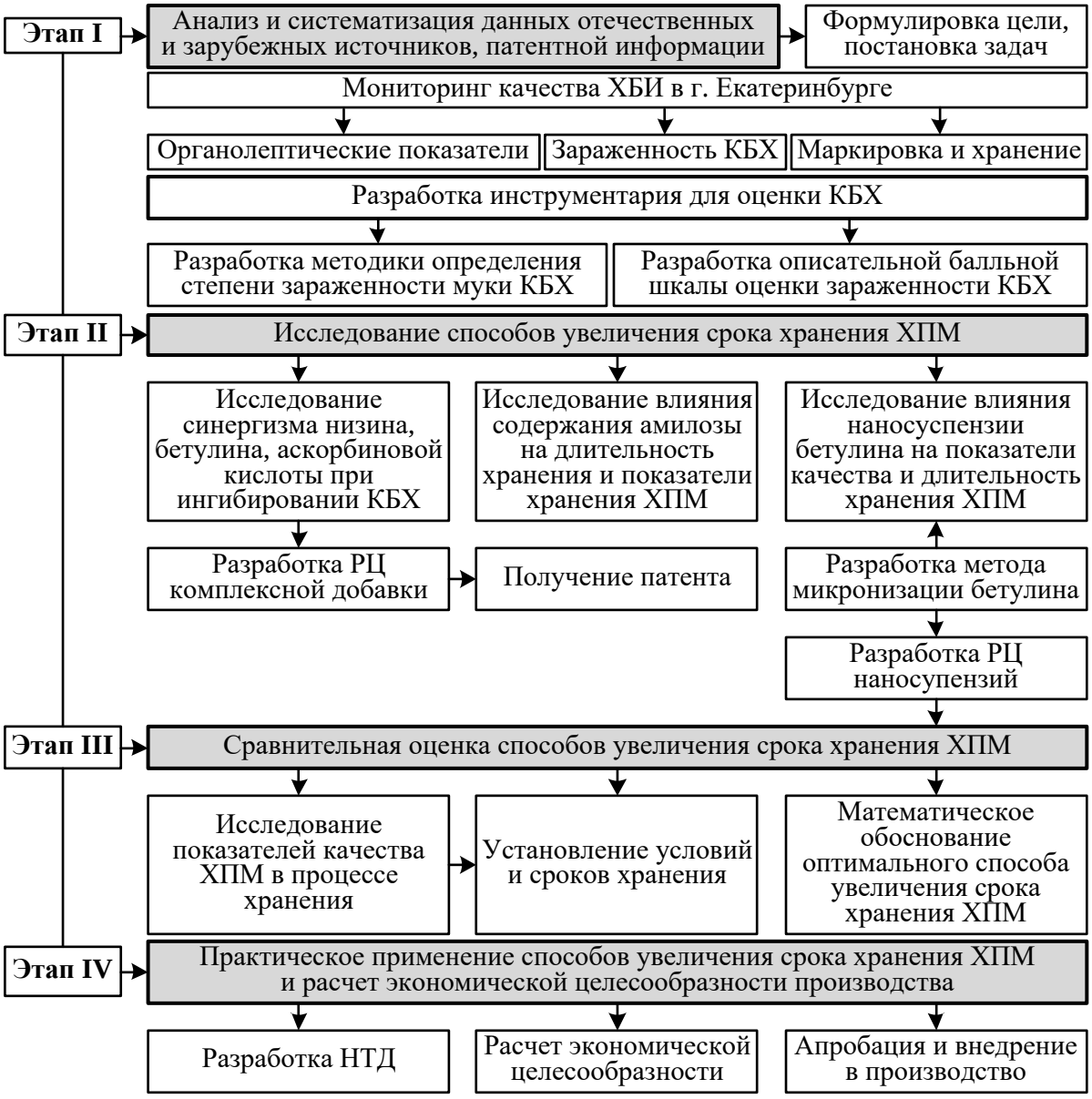


Рисунок 2 – Общая схема исследований

На *четвертом этапе* проведен расчет экономической целесообразности производства хлеба из муки пшеничной. Разработана НТД на ХПМ длительного хранения. Осуществлены апробация и внедрение в производство ХПМ.

2.2 Объекты и материалы исследования

При производстве ХПМ использовали следующие виды сырья:

– мука пшеничная хлебопекарная первого сорта по ГОСТ 26574-2017;

– мука, полученная из waxy-сортов пшеницы – Penawawa-X (компания ARS, США);

– дрожжи прессованные хлебопекарные, соответствующие требованиям ГОСТ Р 54731-2011;

– биологически активная добавка бетулин березовый (экстракт бересты) (далее – ББ) производства ООО «Древит» (г. Пермь), соответствующий требованиям ТУ 9154-002-78885301-14;

– добавка пищевая низин, соответствующий требованиям ГОСТ Р 57646-2017;

– аскорбиновая кислота в порошке, соответствующая требованиям ТУ 9197-054-05800314-10;

– соль поваренная пищевая, соответствующая требованиям ГОСТ Р 51574-2000;

– вода питьевая, соответствующая требованиям ГОСТ Р 51232, СанПиН 2.1.4.1074;

– спирт этиловый ректификованный пищевой «Люкс» 95 %, соответствующий требованиям ГОСТ 5962-2013;

– глицерин дистиллированный марки ПК-94 для фармакопейной и пищевой промышленности, соответствующий требованиям ГОСТ 6824-96;

– лецитин по ГОСТ Р 32052-2013, соответствующий требованиям ТР ТС 029;

– моностеарат глицерина, соответствующий требованиям ТУ 9154-010-00333865-2000 (с изм. № 1, 2);

– эфиры полиглицерола жирных кислот, соответствующие требованиям ТР ТС 029, СанПиН 2.3.2.1293-03.

Полуфабрикаты:

– тесто (контроль и опытные образцы);

– наносуспензии (опытные образцы в ассортименте) с содержанием бетулина 0,47 %.

Готовая продукция:

– (контроль и опытные образцы) ХПМ, соответствующий требованиям ГОСТ Р 58233-2018 [57].

Вспомогательные материалы:

– агар Себорода с декстрозой (SDA), соответствующий требованиям ГОСТ ISO 11133-2016;

– стандарт мутности McFarland 0,5 (сульфат бария) по ГОСТ Р ИСО 16256-2015;

– анкеты для мониторинга торговых сетей, для анализа производителей и ассортиментной линейки ХБИ, представленных на предприятиях торговли. Опросный лист для проведения мониторинга качества хлебобулочных изделий в рамках реализации стратегического проекта «Производство качественных продовольственных товаров – здоровый образ жизни горожан» представлен в приложении А;

– дегустационные листы для проведения экспертных и потребительских дегустаций разработанных образцов ХПМ и товарных образцов;

– данные анкет и дегустационных листов;

– описательные балльные шкалы.

Действующими нормативными документами определены регламентирующие показатели качества сырья и возможность его использования при разработке рецептуры ХПМ длительного хранения.

2.3 Методы исследования

Количество и качество клейковины в муке пшеничной определяли по ГОСТ 27839-2013 [44].

Исследование содержания амилозы в пшеничной муке проводили по ГОСТ ISO 6647-1-2015 [51] на спектрофотометре СФ-46. Муку обезжиривали, затем часть анализируемой пробы диспергировали в растворе гидроксида натрия, после чего добавляли раствор йода. Далее на спектрофотометре определяли оптическую плотность образовавшегося цветного комплекса при длине волны 720 нм. Массовую долю амилозы в пробе определяли по градуировочному графику, который строили на основе учета воздействия амилопектина на цвет амилозно-йодного комплекса анализируемого раствора с помощью растворов на основе смеси амилозы картофеля и амилопектина. Данный метод определяет способность амилозы связывать йод. Определение проводили при длине волны 720 нм с целью уменьшения мешающего влияния амилопектина.

В полуфабрикатах (тесто) исследовали:

– органолептические показатели [189];

– влажность – методом термического высушивания на приборе АПС-1 в течение 5 мин при температуре 160 °С [189];

– кислотность начальную и через каждый час до конца брожения – титрованием 0,1 моль/дм³ NaOH с добавлением 1 %-го раствора фенолфталеина [189].

Определение объема теста начинали с замеса теста на рассчитанное количество муки, далее образцы с различными дозировками добавки помещали в мерные стаканы, засекали время и фиксировали начальный объем. Показания объема теста снимали на протяжении всего времени брожения. Затем по отмеченным меркам замеряли объем каждого из образцов [189].

В готовых образцах ХПМ исследовали органолептические показатели: внешний вид, состояние поверхности, цвет, состояние мякиша, промес, пористость, вкус и запах определяли согласно ГОСТ 5667-65.

При организации органолептического анализа руководствовались:

– ГОСТ ISO 6658-2016. Органолептический анализ. Методология. Общее руководство;

– ГОСТ Р 53701-2009. Руководство по применению ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025 в лабораториях, применяющих органолептический анализ;

– ГОСТ ISO 16779-2017. Органолептический анализ. Оценка (определение и верификация) срока годности пищевой продукции.

При формировании сенсорной модели для проведения сравнительных дегустаций модельных образцов руководствовались:

– ГОСТ ISO 3972-2014. Органолептический анализ. Методология. Метод исследования вкусовой чувствительности;

– ГОСТ ISO 5496-2014. Органолептический анализ. Методология. Обучение испытателей обнаружению и распознаванию запахов.

Помещение для проведения органолептического анализа соответствовало ГОСТ ISO 8589-2014 «Органолептический анализ. Общее руководство по проектированию лабораторных помещений».

Для проведения сравнительных дегустаций модельных продуктов использовались современные методы дегустационного анализа:

– ГОСТ ISO 8588-2011. Органолептический анализ. Методология. Испытания «А» – «Не А»;

– ГОСТ Р 53159-2008. Органолептический анализ. Методология. Метод треугольника;

– ГОСТ Р 53161-2008. Органолептический анализ. Методология. Метод парного сравнения;

– ГОСТ ISO 10399-2015. Органолептический анализ. Методология. Испытание «дуо-трио».

Физико-химические показатели определяли следующим образом: влажность – по ГОСТ 21094-75 [39] на приборе СЭШ-3М; титруемую кислотность мякиша – ускоренным способом по ГОСТ 5670-96 [49]; пористость мякиша по ГОСТ 5669-96 [48]; формоустойчивость хлеба характеризовали отношением высоты хлеба к его

диаметру (*H/D*) при помощи прибора ИФХ-250 [80]; удельный объем определяли по методу, приведенному в руководстве [80] и выражали в см³/г.

Определяли степень усыхания хлеба в процессе хранения. Сущность метода заключается в том, что сразу после выпечки образцы взвешивали, а затем в течение 7 сут проводили контрольные взвешивания. Степень усыхания выражали в процентах относительно начальной массы [80].

Свежесть ХПМ по качественным уровням оценивали согласно [87].

Категории свежести по данной шкале представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Категории свежести по шкале органолептической оценки по 5- балльной системе

Категория свежести	Средняя оценка, балл	Суммарный показатель с учетом коэффициента весомости $К_в$, балл
Очень свежий	5−4	100−80,0
Свежий	3,9−3	79,0−60,0
Умеренно черствый	2,9−2	59,0−40,0
Черствый	1,9−1	39,0−20,0
Очень черствый	0,9 и менее	Ниже 19,0

Крошковатость мякиша [161] определяли по методу, разработанному в Ленинградском институте советской торговли им. Ф. Энгельса.

Крошковатость *X*, % к массе мякиша хлеба, определяли по формуле

$$X = \frac{m_1 \times 100}{m_2}, \qquad (1)$$

где m_1, m_2 – масса крошек и навески хлеба, г.

Деформационные характеристики мякиша хлеба определяли по методике к прибору «Структурометр СТ-2», которая основана на определении общей, пластической и упругой деформаций мякиша хлеба при сжатии его индентором «Цилиндр Ø36» со скоростью движения 0,5 мм/с после касания мякиша с усилием 7 г

до конечного усилия нагружения 500 г, после чего начинается реверсивное движение индентора с той же скоростью движения до усилия в 7 г.

Определяемые параметры: $h_{общ}$ – общая деформация, мм; $h_{пл}$ – пластическая деформация, мм; $h_{упр}$ – упругая деформация, мм; Δh – эластичность мякиша ($h_{упр}$ / $h_{общ}$).

Подготовке пробы мякиша хлебобулочного изделия осуществляют следующим образом: берут анализируемое хлебобулочное изделие и отрезают от него с помощью ломтерезки ломоть хлеба толщиной 25 мм или два ломтя по 12,5 мм каждый, которые накладывают один на другой, т. е. формируют один ломоть толщиной 25 мм.

Определение деформационных характеристик мякиша хлеба: Подготовленный ломоть хлеба помещают на съемный столик прибора «Структурометр СТ-2» под измерительной головкой с закрепленным в ней индентором «Цилиндр Ø36». Индентор опускают вниз так, чтобы основание поршня находилось как можно ближе к ломтю хлеба, но его не касалось, и нажимают кнопку «СТАРТ», предварительно установив режим работы прибора СТ-2-05. За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение результатов трех определений.

Для определения гидрофильных свойств мякиша хлебобулочных изделий была использована методика Катца [161]. Из центральной части пробы сдобного хлебобулочного изделия отрезали ломоть толщиной 8−10 мм. На технохимических весах брали две навески по 10 г каждая, для двух пар опытов. Навески хлебного мякиша помещали в две фарфоровые чашки и заливали водой с температурой 18−20 °С. Затем содержимое обеих фарфоровых чашек в порядке очередности протирали через тонкое шелковое сито (80 отверстий на 1 см^2). Прошедшую через сито массу хлебобулочного мякиша переносили в мерный цилиндр на 250 мл и до метки доливали водой. Содержимое цилиндров взбалтывали и оставляли на 24 ч. По истечении 24 ч по объему осадка, выражаемому в см^3, характеризовали гидрофильные свойства мякиша.

Содержание бисульфитсвязывающих веществ определяли по методике, разработанной В. Л. Кретовичем и Р. Р. Токаревой [93]. Метод основан на взаимодей-

ствии карбонильных соединений, содержащихся в продукте, с бисульфитом натрия. Процесс определения состоит из следующих этапов: проведение реакций образования бисульфиткарбонильных соединений, удаление избытка бисульфита натрия, разрушение бисульфиткарбонильных соединений, количественное определение выделившегося бисульфита натрия, эквивалентного содержанию карбонильных соединений. Содержание бисульфитсвязывающих карбонильных соединений выражают в мл 0,1 н. раствора йода, пошедшего на титрование бисульфита натрия, связанного с карбонильными соединениями, содержащимися в 100 г сухих веществ хлеба.

Рассчитывают содержание бисульфитсвязывающих веществ по формуле

$$X = KV - 100 - \frac{100}{10} \times (100 - W), \qquad (2)$$

где X – содержание бисульфитсвязывающих веществ, см³ 0,1 н. раствора йода на 100 г сухих веществ хлеба; K – поправочный коэффициент раствора йода; V – объем 0,01 н. раствора йода, пошедший на основное титрование 10 см³ фильтрата, см³; 10 − коэффициент пересчета на 0,1 н. раствор йода; W – массовая доля влаги в продукте, %.

Зараженность ХПМ картофельной болезнью хлеба определяли в соответствии с «Инструкцией по предупреждению картофельной болезни хлеба» [81] и по усовершенствованной методике определения степени зараженности пшеничной муки *Bac. subtilis* (глава 4).

Остывшие до 20−22 °С опытные образцы ХПМ заворачивали в обильно смоченную водой пористую бумагу, вкладывали в полиэтиленовый пакет и помещали в термостат с температурой (37 ± 2) °С. Через 24 и 36 ч образцы вскрывали и органолептически отмечали наличие или отсутствие картофельной болезни (специфический запах, липкость, ослизнение мякиша, темные пятна).

КБХ также определяли модифицированным методом по содержанию водорастворимых веществ в мякише хлеба. Хлеб готовили методом пробной лабораторной выпечки по ГОСТ 27669-88 [43].

После выпечки остывшие до 20−22 °С опытные образцы ХПМ заворачивали в увлажненную пористую бумагу, вкладывали в полиэтиленовый пакет, который завязывали и помещали в термостат. Хлеб выдерживали в термостате при температуре (37 ± 2) °С. Через 24 ч в мякише одного из образцов определяли содержание водорастворимых веществ с использованием рефрактометра ИРФ-478Б и осуществляли органолептическую оценку хлеба. Если через 24 ч хлеб не «заболел» картофельной болезнью, второй образец продолжали термостатировать в течение 42 ч, и далее проводили определение водорастворимых веществ в мякише хлеба с одновременной его органолептической оценкой.

Для анализа опытных образцов ХПМ на присутствие *Bac. subtilis* взвешенную навеску массой (10 ± 0,1) г переносили в колбу вместимостью 200-250 мл, постепенно прибавляя стерильный пептонно-солевой раствор в соотношении 10 г продукта на 90 мл раствора. Отстаивали 10 мин, встряхивали и готовили серию последовательных разведений, перенося 1 мл вытяжки в пробирку с 9 мл пептонно-солевого раствора до разведения 10^5 КОЕ в 1 см³. Все разведения засевали в чашки Петри и заливали стерильной средой Байд-Паркера. Пробы оценивали через 72 ч инкубирования микроскопированием [117].

Степень зараженности хлеба *Bac. subtilis* оценивали по шкале, разработанной и представленной в главе 4 диссертации.

Плесневение определяли в соответствии с методикой определения плесневения хлеба, разработанной в ФГБНУ ГОСНИИХП [175].

Подготовка образцов хлеба для определения плесневения.

После выпечки хлеб вынимали из форм, перекладывали на деревянные доски и охлаждали в течение 1,5−2,0 ч до температуры 18−22 °. Один образец ножом, обработанным этиловым спиртом, разрезали пополам, затем целые и разрезанные образцы вкладывали в прозрачные двойные полиэтиленовые пакеты и помещали в термостат с температурой (24 ± 1) °С и фиксировали время.

Образцы хлеба просматривали, не вынимая из пакетов, через 3; 4; 5; 6; 7; 8 и последующие сутки до появления роста видимого мицелия (колоний) плесневых грибов. После появления видимого роста плесневых грибов делали заключение о сроках плесневения изделий с точностью до суток.

Для построения градуировочного графика содержания эритродекстринов в пшеничной муке готовили вытяжку из ломтиков картофеля по методике Е. З. Теппер [185]. Клубни картофеля мелко нарезали, помещали в колбу со 100 мл стерильной водопроводной воды и взбалтывали в течение 2 мин. Стерильным крючком (приготовленным из обычной проволочной иглы) картофель извлекали из колбы и переносили последовательно во вторую, третью, четвертую, пятую, шестую и седьмую колбы, также содержащие по 100 мл стерильной водопроводной воды. В каждой колбе картофель отмывали по 2 мин.

Получение и исследование характеристик наносуспензии ББ

Испытания на стабильность полученных образцов наносуспензии ББ проводили по методикам, указанным в ГОСТ 29188.3-91 [45].

Испытания коллоидной стабильности наносуспензии ББ проводили на центрифуге марки ЦЛИ-2 при температуре 25 °С в течение 5 мин при частоте вращения 100 с-1. Испытания на термостабильность наносуспензии ББ проводили при термостатировании в водяной бане ELMI TW-2.03 при температуре 42 °С в течение 24 ч. Испытание на установление сроков хранения проводилось по методике в соответствии со статьей ОФС.1.1.0009.15 «Сроки годности лекарственных средств» Государственной фармакопеи РФ (издание XIII) методом «ускоренного старения» [58]. Метод предполагает проведение испытаний при повышенной температуре с целью установления или подтверждения срока годности лекарственного средства. В соответствии с планируемым сроком годности (2 года) и максимальной температурой хранения (20 °С) период проведения испытаний определен в 30 сут (720 ч) при температуре хранения 55 °С. Упакованную во флаконы суспензию каждого вида помещали в климатическую камеру постоянных условий «Binder KBF 240» (Binder, Германия) и выдерживали при температуре 55 °С. Через каждые 180 ч один из флаконов извлекали, охлаждали, находящуюся в нем эмульсию после центрифугирования

со скоростью вращения не менее 5 000 об/мин визуально оценивали на степень ее расслоения. Исследования проводились в Инновационном центре химико-фармацевтических технологий ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина».

Определение концентрации бетулина в наносуспензии проводили методом ВЭЖХ-анализа на высокоэффективном жидкостном хроматографе «Shimadzu LC-20». Режим обращенно-фазовый, колонка Discovery C18, детектор спектрофотометрический UV диодно-матричный; состав подвижной фазы ацетонитрил – вода 90:10 в изократическом режиме со скоростью потока 1 мл/мин при температуре 40 °С; объем впрыска 20 L, детектирование при длине волны 206 и 210.

Методика проведения мониторинга качества хлебобулочных изделий

Методика проведения мониторинга разработана кафедрами технологии питания и товароведения и экспертизы ФГБОУ «УрГЭУ» совместно с Комитетом по товарному рынку Администрации г. Екатеринбурга:

1) в магазине выбирали секцию/отдел, в которой выложен объект мониторинга, и ознакомились с ассортиментной линейкой выбранной товарной группы. В анкете мониторинга отразили количество ассортиментных позиций одноименного товара в натуральном выражении, выделив продукцию местного производителя (в анкете мониторинга указали название местного производителя, других производителей указали по названию региона/торговой марки);

2) фиксировали условия хранения объекта исследования в торговом зале в случае необходимости соблюдения особых условий хранения;

3) знакомились с ценником на объект мониторинга, проверили правильность его оформления, т. е. наличие единообразных и четко оформленных ценников на реализуемые товары с указанием наименования товара, сорта (при его наличии), цены за вес или единицу товара;

4) оценивали маркировку объекта мониторинга – хлеба в соответствии ГОСТ Р 53072-2008 «Изделия хлебобулочные в упаковке. Технические условия»:

– наименование пищевой продукции;

– состав пищевой продукции;

– количество пищевой продукции;

– дату изготовления пищевой продукции;

– срок годности пищевой продукции;

– условия хранения пищевой продукции;

– наименование и место нахождения изготовителя пищевой продукции или фамилия, имя, отчество и место нахождения индивидуального предпринимателя – изготовителя пищевой продукции;

– рекомендации и (или) ограничения по использованию, в том числе приготовлению пищевой продукции в случае, если ее использование без данных рекомендаций или ограничений затруднено либо может причинить вред здоровью потребителей;

– показатели пищевой ценности пищевой продукции;

– сведения о наличии в пищевой продукции компонентов, полученных с применением генно-модифицированных организмов;

– единый знак обращения продукции на рынке государств – членов Таможенного союза.

Все исследования проводились в 3−5-кратной повторности и обрабатывались статистически. Уровень доверительной вероятности – 0,95. В экспериментальной части приведены средние значения показателей ($x \pm m$). Для статистической обработки экспериментальных данных использовались стандартные методы, при которых определяют среднее арифметическое x; стандартное (среднеквадратическое) отклонение отдельного результата S; стандартное (среднеквадратическое) отклонение среднего арифметического xS; точность метода ε_a; доверительный интервал среднего арифметического $x \pm \varepsilon_a$.

Планирование эксперимента и обработку данных проводили в соответствии с известной методикой. Математические модели в работе получены методом полного факторного эксперимента и при помощи центрального ортогонального композиционного планирования. При выполнении работы спланированы и поставлены двух- и трехфакторные эксперименты [1].

ГЛАВА 3. МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ В Г. ЕКАТЕРИНБУРГЕ В 2016–2017 ГГ.

Мониторинг – это систематическое наблюдение, анализ, оценка и прогноз состояния объекта (процесса, явления, системы).

Мониторинг проводился силами кафедры технологии питания и кафедры товароведения и экспертизы ФГБОУ «УрГЭУ» совместно с Комитетом по товарному рынку Администрации г. Екатеринбурга. Данный комитет входит в структуру городской администрации и отвечает за организацию работы муниципальных предприятий, координирует деятельность субъектов предпринимательской деятельности, занимается обеспечением населения города центрами технического обслуживания.

3.1 Инструментарий проведения мониторинга качества хлебобулочных изделий в рамках реализации стратегического проекта «Производство качественных продовольственных товаров – здоровый образ жизни горожан»

Мониторинг проводился в рамках реализации стратегического проекта «Производство качественных продовольственных товаров – здоровый образ жизни горожан». Методические рекомендации по ведению мониторинга разработаны в соответствии с Законом РФ от 7 февраля 1992 г. № 2300-1 «О защите прав потребителей», Федеральным законом от 26 декабря 2008 г. № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля», постановлением Правительства РФ от 19 января 1998 г. № 55 «Об утверждении правил продажи отдельных видов товаров», ГОСТ Р 54888-2011 «Руководство по добросовестной практике

для организаций по защите прав потребителей», государственным докладом «О защите прав потребителей в Свердловской области в 2014 г.» Управления Роспотребнадзора по Свердловской области.

Реализация стратегического проекта «Производство качественных продовольственных товаров – здоровый образ жизни горожан», начавшаяся с 2004 г., направлена на развитие местных крупных и малых предприятий пищевой промышленности. Проект утвержден Решением Программного совета стратегического развития г. Екатеринбурга от 15 декабря 2004 г. № 11/1.

Пищевая промышленность является одной из профильных отраслей промышленности г. Екатеринбурга. В настоящее время в отрасли функционирует 19 крупных и порядка 60 малых предприятий. Общий объем выпускаемой продукции в 2014 г. достигал более 620 тыс. т. Пищевые предприятия города составляют основу городского хозяйства, содержат порядка 15 тыс. рабочих мест, являются крупными налогоплательщиками (обеспечивают около 14 % налоговых поступлений в бюджет города) [74; 76].

Инструментарий проведения мониторинга качества хлебобулочных изделий включал: 1) исследование методом «тайный покупатель» и посредством открытых опросов покупателей и работников магазинов с помощью интервьюеров; 2) лабораторные исследования качества ХПМ.

Оценку состояния качества ХПМ, в том числе зараженность КБХ, проводили в два этапа.

1. Мониторинг качества ХПМ, представленного в торговых предприятиях г. Екатеринбурга в рамках стратегического проекта «Производство качественных продовольственных товаров – здоровый образ жизни горожан» Администрации г. Екатеринбурга (I–IV кварталы 2016 г., I–II кварталы 2017 г.).

2. Мониторинг показателей качества ХПМ, в том числе наличие/отсутствие КБХ в продукции ведущих производителей г. Екатеринбурга

Начиная с 2014 г. практически все пищевые предприятия города нарастили объемы производства, стали выпускать новые виды продукции и расширять свой ассортимент. Многие марки производителей и их продукции известны не только на

территории города и области, но и в других регионах РФ (ОАО «Кондитерское объединение „Сладко“», «Хайнекен», ОАО «Смак», ООО «Комбинат мясной „Екатеринбургский“» и др.). Многие потребители отмечают достаточно высокое качество товаров местного производства в отличие от завозимых. Так, доля забракованной завозимой мясной продукции составляет более 50 % (от общего объема проинспектированной продукции); мяса птицы – более 27 %; колбасных изделий – более 15 %; рыбы и рыбопродуктов – около 40 % и т. д. В то же время из-за высокого уровня конкуренции местная продукция в торговой сети города по некоторым позициям представлена недостаточно широко: на 25 %. Недостаточно широк ассортимент продуктов питания, практически отсутствует производство продукции высокой степени готовности (полуфабрикаты, консервированная продукция, продукты глубокой заморозки и др.). Уровень загрузки производственных мощностей в среднем составляет только 61,6 %. Среди основных проблем отрасли, влияющих на уровень и качество жизни горожан, можно назвать:

– недостаточный выпуск продукции высокой степени готовности;

– небольшие объемы выпуска продукции, обеспечивающей функциональное питание горожан;

– недостаточное внимание городских органов управления к качеству и безопасности продукции, представленной в торговой сети города.

Целью мониторинга являлось выявление нарушений требований к качеству и маркировке хлебобулочных изделий, нарушений правил торговли методом «тайный покупатель» в объекте торговли. В качестве объектов мониторинга были выбраны наиболее популярные у потребителей хлебобулочные изделия: хлеб «Чусовской», ХПМ, батон «Подмосковный».

При проведении мониторинга пользовались нормативными документами в области качества и безопасности хлеба [38; 46; 47; 50; 54; 57; 125; 126; 148; 178].

В ходе подготовки к мониторингу были определены основные торговые предприятия, ставшие предметом исследования (таблица 8).

Таблица 8 – Торговые предприятия, подвергшиеся мониторингу

Форматы предприятия, принадлежность и значение торговой сети (ТС)	Место проведения мониторинга	Количество магазинов
Магазины международных торговых сетей	«Метро», «Ашан»	2
Магазины федеральных торговых сетей	«Магнит», «Пятерочка», «Окей»	3
Магазины региональных торговых сетей	«Кировский», «Звездный», «Мега-март»	3
Магазины местных торговых сетей	«Пикник», «Елисей», ТКЦ «Чкаловский»	3
Магазины формата «у дома», несетевые предприятия торговли	«Олес», «А-продукт»	3
Итого		*13*
Примечание – Составлено автором по результатам собственных исследований.		

Совместно с Комитетом по товарному рынку была разработана методика проведения мониторинга (п. 2.3 диссертации).

В ходе проведения мониторинга необходимо сделать вывод о соответствии требованиям технических регламентов Таможенного союза и Правилам продажи отдельных видов товаров пищевой продукции, реализуемой в объектах розничной торговли муниципального образования «город Екатеринбург», по маркировке и внешнему виду, а также о степени представленности хлеба местных производителей в объектах розничной торговли.

3.2 Результаты мониторинга качества хлебобулочных изделий в рамках реализации стратегического проекта «Производство качественных продовольственных товаров – здоровый образ жизни горожан»

Сущность формирования и управления ассортиментом заключается в том, чтобы товаропроизводитель своевременно предлагал определенную совокупность товаров, которые, соответствуя в целом профилю его производственной деятельности, наиболее полно удовлетворяли требованиям определенных категорий

покупателей. Представленность товара в ассортиментной матрице торгового предприятия является одним из критериев его конкурентоспособности. В таблице 9 представлен результат мониторинга представленности местных производителей хлебобулочных изделий на предприятиях торговли различного формата.

Таблица 9 – Представленность объектов исследования в магазинах различного формата в 2017 г., среднее значение %

Магазины	Местные производители			Другие производители		
	Хлеб «Чусовской»	Хлеб пшеничный	Батон «Подмосковный»	Хлеб «Чусовской»	Хлеб пшеничный	Батон «Подмосковный»
Международные торговые сети						
«Ашан»	10	20	10	20	20	20
«Метро»	27	27	28	–	18	–
Федеральные торговые сети						
«Магнит»	37	26	37	–	–	–
«Пятерочка»	25	38	37	–	–	–
«О’кей»	30	30	30	–	10	–
Региональные торговые сети						
«Кировский»	25	37	38	–	–	–
«Звездный»	27	27	28	18	–	
«Мегамарт»	40	30	30	–	–	
Местные торговые сети						
«Пикник»	37	26	37		–	–
«Елисей»	30	30	30	10	–	–
ТКЦ «Чкаловский»	38	25	37	–	–	–
Магазины формата «у дома»						
«Олес»	25	37	25	–	–	13
«А-продукт»	25	38	37	–	–	–

В рамках проведенных исследований выявлено, что в магазинах международных торговых сетей по сравнению с федеральными, региональными, местными торговыми сетями, а также в магазинах формата «у дома» местные производители представлены в меньшем объеме, чем производители других регионов (рисунок 3).

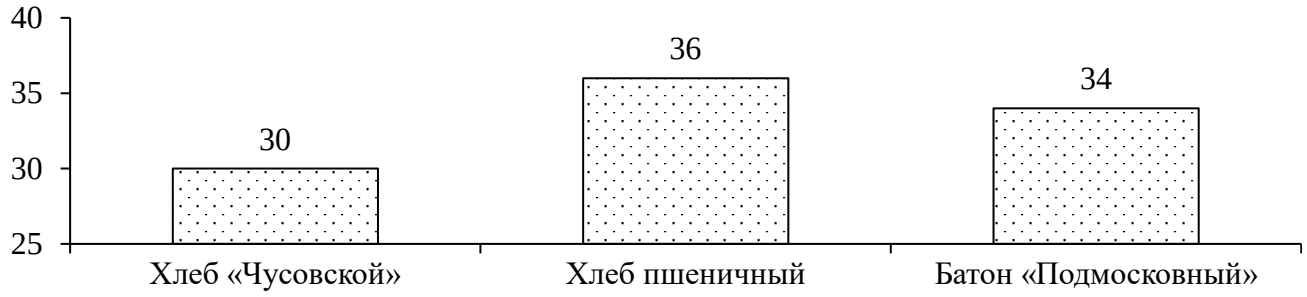


Рисунок 3 – Представленность объектов исследования местных производителей на торговых предприятиях в 2017 г., %

Как видно из рисунка 3, ХПМ, произведенный местными производителями, был представлен максимально (36 %). На рисунке 4 представлена структура местных производителей хлебобулочных изделий.

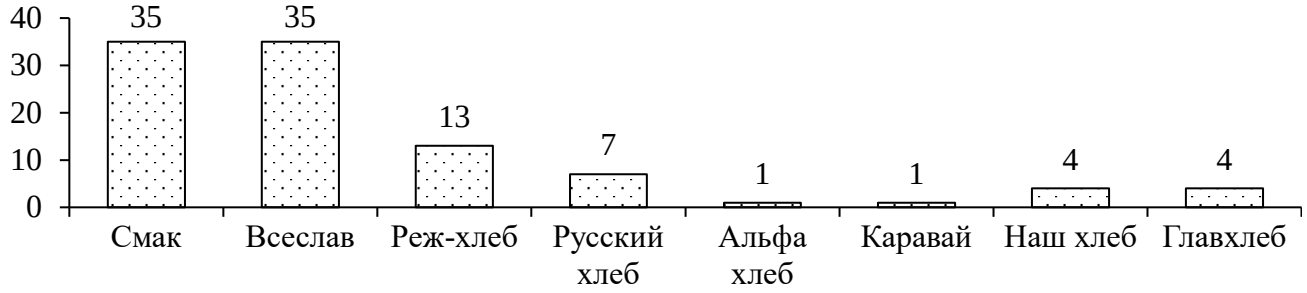


Рисунок 4 – Структура местных производителей хлебобулочных изделий, представленных в торговых предприятиях (среднее значение за 2017 г.), %

Как видно из рисунка 4, 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 % рынка, продукция из Пермского края – 58 %. Данный факт обусловлен прежде всего коротким сроком годности хлебобулочных изделий, большими затратами на транспортировку, значительно увеличивающими себестоимость товара. Общее распределение представленности местных и региональных производителей хлебобулочной продукции приведено на рисунке 5.

Рисунок 5 – Сравнение представленности производителей Свердловской области и других регионов в 2017 г. (среднее значение), %

Анализ условий хранения хлебобулочных изделий на объектах торговли показал, что практически во всех магазинах условия соответствуют требованиям нормативных документов [57]. Выявлено лишь два случая превышения температуры в торговом зале в III квартале 2017 г. (30 °С при норме 20−25 °С).

Также не выявлено нарушений при анализе информации на ценниках и маркировке продукции. Знак обращения на рынке ЕАС, состав, сведения о пищевой ценности приведены на маркировке всех объектов исследования и соответствуют требованиям ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки».

Проанализирован ассортимент хлебобулочной продукции по массе, заявленной на упаковке (рисунок 6).

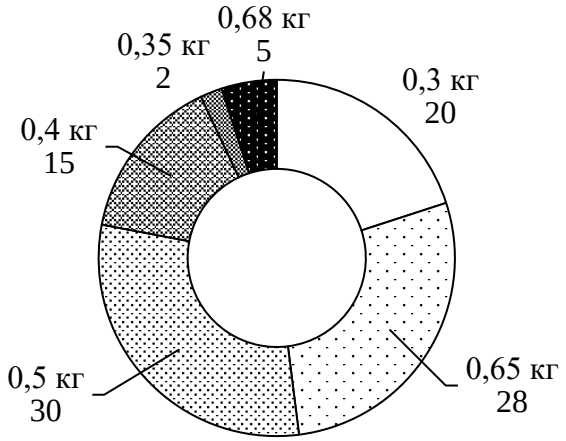


Рисунок 6 – Структура ассортимента хлебобулочной продукции по массе в 2017 г. (среднее значение), %

В магазинах преимущественное место занимает хлеб весом 0,5 кг (30 %), 0,65 кг (28 %) и 0,3 кг (20 %). Сроки годности хлеба, указанные на маркировке, во всех магазинах соответствовали требованиям ТР ТС 022/2011 и составляли 72 ч. При проведении мониторинга выявлено, что в 11 из 13 предприятий торговли за время мониторинга хотя бы один раз отказали в предоставлении по требованию товаросопроводительных документов на хлебобулочную продукцию. Выборочные итоги мониторинга представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Итоги мониторинга хлебобулочных изделий

<table>
<tr><th rowspan="2">Оцениваемый показатель</th><th rowspan="2">Нормативный документ</th><th colspan="6">Результат мониторинга за период</th></tr>
<tr><th>II квартал 2016 г.</th><th>III квартал 2016 г.</th><th>IV квартал 2016 г.</th><th>II квартал 2017 г.</th><th>III квартал 2017 г.</th><th>IV квартал 2017 г.</th></tr>
<tr><td>Нанесение даты изготовления</td><td rowspan="3">ТР ТС 022/2011</td><td colspan="6" rowspan="3">Нарушения не выявлены</td></tr>
<tr><td>Внешний вид</td></tr>
<tr><td>Целостность упаковки</td></tr>
<tr><td>Предоставление информации о товаре (наличие ценников)</td><td>Правила оформления ценников</td><td colspan="6">Нарушения не выявлены</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Предоставление товарно-сопроводительных документов</td><td rowspan="2">Товарно-транспортная накладная</td><td colspan="6">% предприятий, в которых выявлено нарушение</td></tr>
<tr><td>100,0</td><td>84,5</td><td>100,0</td><td>84,5</td><td>85,0</td><td>86,5</td></tr>
<tr><td>Масса нетто</td><td>ГОСТ 27844-88</td><td colspan="6">Соответствует требованиям, отклонений более 0,3 % не выявлено</td></tr>
</table>

Таким образом, мониторинг показал, что основной проблемой является нарушение предприятиями торговли Федерального закона «О защите прав потребителей», в частности, ст. 10 «Информация о товарах (работах, услугах)»: «непредоставление товаросопроводительных документов покупателю, по его требованию».

3.2 Результаты лабораторного исследования показателей качества хлеба из пшеничной муки ведущих производителей, представленных на рынке г. Екатеринбурга в 2016–2017 гг.

При товароведной оценке органолептических показателей ХПМ на базе лаборатории кафедры технологии питания УрГЭУ оценивали внешний вид (форму и поверхность), состояние мякиша (пропеченность, промес, пористость) вкус и запах в объектах исследования по ГОСТ 5667-65. Результаты мониторинга органолептических показателей и массы нетто на соответствие нормативным документам представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Результаты мониторинга соответствия органолептических показателей и массы нетто хлебобулочной продукции требованиям НД в 2016−2017 гг.

Показатель качества	II квартал 2016 г.	III квартал 2016 г.	IV квартал 2016 г.	II квартал 2017 г.	III квартал 2017 г.	IV квартал 2017 г.
Количество исследованных образцов, шт. за период	13	17	21	17	17	17
Выявлено, несоответствий НД, %:						
– внешний вид	0	0	0	0	0	0
– состояние мякиша	7,7	7,7	0	0	0	0
– запах	15,4	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7
– вкус	7,7	7,7	0	7,7	7,7	7,7
– масса нетто	Не выявлено					

При оценке органолептических показателей выявлено, что основным дефектом является заминаемость мякиша: при разрезании хлеба мякиш прилипал к ножу. Замечаний в отклонении массы нетто от нормы не выявлено. Дальнейшие исследования были направлены на выявление КБХ.

Все образцы формового хлеба пшеничного были закуплены в розничной торговой сети на предприятиях торговли – объектах исследования, выбранных для мониторинга (п. 3.2). Ежеквартально в течение 2017 г. отбирали образцы ХПМ

основных производителей, представленных в г. Екатеринбурге и формирующих 83 % рынка для проверки качества, в том числе наличия/отсутствия КБХ:

– АО Режевской хлебокомбинат» («Реж-хлеб») – хлеб из муки пшеничной первого и второго сорта «Селянский» (супермаркет «Пятерочка, адрес: г. Екатеринбург, ул. Таганская, д. 52/1);

– ОАО «Первоуральский хлебокомбинат» – хлеб из муки пшеничной первого и второго сорта «Пшеничный» (супермаркет «Магнит», г. Екатеринбург, пер. Университетский, д. 22);

– ООО «Березовский хлеб» – хлеб из муки пшеничной первого сорта «Крестьянский» (супермаркет «Верный», г. Екатеринбург, ул. Краснофлотцев, 3);

– АО «СМАК» – хлеб «Крестьянский» из муки пшеничной первого сорта (Супермаркет «Райт», г. Екатеринбург, ул. 40 лет ВЛКСМ, 38);

– ЕМУП «Всеслав» – Крестьянский формовой из муки пшеничной первого сорта (супермаркет «Монетка», г. Екатеринбург, ул. Советская, 1).

Первичную оценку степени поражения хлеба КБХ проводили органолептически. При подозрении на наличие КБХ хлеб подвергали лабораторному исследованию. Образцы хлеба помещали в провоцирующие условия: заворачивали во влажную бумагу, поместив в пакет, и термостатировали при (37 ± 1) °С.

Далее в образцах в процессе хранения на 24, 48 и 72 ч определяли стадии развития картофельной болезни по показателям: органолептические – запах, внешний вид; микробиологические – по содержанию *Bac. subtilus*.

Степень зараженности хлеба КБХ определяли по органолептическим показателям по шкале Т. Г. Богатыревой [23].

Наличие КБХ в образцах исследования за время мониторинга было подтверждено трижды – в I, II, IV кварталах 2017 г.: в продукции ОАО «Первоуральский хлебокомбинат» – хлеб из муки пшеничной первого и второго сорта «Пшеничный», в котором уже на вторые сутки были выявлены признаки поражения КБХ-специфический запах, залипание мякиша. В таблице 12 представлена балльная оценка по шкале Т. Г. Богатыревой степени зараженности образцов исследования при хранении в течение 24, 48 и 72 ч.

Таблица 12 – Оценка степени зараженности КБХ образцов исследования при хранении в течение 24, 48, 72 ч в IV квартале 2017 г., балл

Производитель	Оценочный балл														
	Состояние мякиша			Специфический запах			Цвет мякиша			След на ноже			Итого		
	Время хранения														
	24 ч	48 ч	72 ч	24 ч	48 ч	72 ч	24 ч	48 ч	72 ч	24 ч	48 ч	72 ч	24 ч	48 ч	72 ч
«Реж-хлеб»	0	0	5	0	0	5	0	0	5	0	0	5	0	0	15
ОАО «Первоуральский хлебокомбинат»	0	5	15	5	10	15	0	10	15	0	5	15	5	25	60
ООО «Березовский хлеб»	0	0	10	0	5	15	0	5	10	0	5	10	0	15	45
ОАО «Смак»	0	0	5	0	0	5	0	0	5	0	0	5	0	0	15
ЕМУП «Всеслав»	0	0	5	0	0	5	0	0	5	0	0	5	0	0	15

Результаты исследования физико-химических показателей образцов, отобранных из торговой сети, представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Результаты исследований образцов хлеба в IV квартале 2017 г.

Производитель	Влажность мякиша, %	Кислотность мякиша, град	Пористость мякиша, %
«Реж-хлеб»	42,0 ± 2,0	2,4 ± 0,12	69,0 ± 3,0
ОАО «Первоуральский хлебокомбинат»	43,2 ± 2,1	3,2 ± 0,11	67,0 ± 3,0
ООО «Березовский хлеб»	44,5 ± 1,8	3,8 ± 0,10	68,0 ± 3,0
ОАО «СМАК»	44,2 ± 1,8	2,9 ± 0,12	70,0 ± 3,0
ЕМУП «Всеслав»	42,5 ± 1,8	2,4 ± 0,10	69,0 ± 3,0

В образцах хлеба из муки пшеничной первого и второго сорта, производителей ОАО «Первоуральский хлебокомбинат» и ООО «Березовский хлеб» выявлены признаки картофельной болезни хлеба ранее заявленного срока годности.

Таким образом, результаты мониторинга качества ХПМ в г. Екатеринбурге выявили наличие образцов хлеба с признаками картофельной болезни. Согласно «Инструкции по предупреждению картофельной болезни хлеба на хлебопекарных предприятиях» [81] данные образцы хлеба должны быть немедленно изъяты из продажи и утилизированы. Результаты проведенного мониторинга подтверждают

актуальность исследований и необходимость разработки способов производства хлеба длительного хранения, а также способов подавления КБХ.

Анализ литературных данных показал практическое отсутствие современных объективных описательных балльных шкал для оценки степени зараженности хлеба картофельной болезнью с учетом коэффициентов весомости признаков, современных подходов к принципам сенсорного анализа.

Используемая в процессе мониторинга шкала оценивания степени зараженности хлеба картофельной болезнью, разработанная Т. Г. Богатыревой [23], морально устарела и содержит следующие недостатки:

– в шкале отсутствуют коэффициенты весомости признаков;

– сложность подсчета баллов, так как шкала 55-балльная;

– большая область отрицательных оценок;

– использование близких терминов на разных ступенях оценивания, например, «слабый» и «незначительный»;

– разное количество баллов на ступенях шкалы;

– шкала представляет интерес для узких специалистов, так как не содержит описательных характеристик запаха на разных стадиях поражения КБХ.

Вышесказанное послужило предпосылками для разработки новой описательной балльной шкалы для оценивания степени зараженности хлеба КБХ с использованием инструментария сенсорного анализа.

Кроме того, в процессе мониторинга выявлено, что оценка степени зараженности хлеба КБХ требует огромных временных затрат, так как пробная выпечка с дальнейшим выстаиванием образцов в термостате занимает продолжительное время и не позволяет выявить КБХ на ранней стадии заражения. Данный факт также потребовал разработки новой экспресс-методики для оценки степени зараженности хлеба КБХ.

Заключение по главе 3

Мониторинг качества ХПМ проводился в рамках реализации стратегического проекта «Производство качественных продовольственных товаров – здоровый образ жизни горожан» совместно с Комитетом по товарному рынку Администрации г. Екатеринбурга. Инструментарий проведения мониторинга качества хлебобулочных изделий включал: 1) исследование методом «тайный покупатель» и посредством открытых опросов покупателей и работников магазинов с помощью интервьюеров; 2) лабораторные исследования качества ХПМ. В рамках проведенных исследований выявлено, что в магазинах международных торговых сетей местные производители представлены в меньшем объеме, чем производители других регионов. Лидерами рынка 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 % рынка, продукция из Пермского края – 58 %. Анализ условий хранения хлебобулочных изделий на объектах торговли показал, что практически во всех магазинах условия соответствуют требованиям нормативных документов. Выявлено лишь два случая превышения температуры в торговом зале в III квартале 2017 г. (30 °С при норме 20−25 °С). В магазинах преимущественное место занимает хлеб весом 0,5 кг (30 %), 0,65 кг (28 %) и 0,3 кг (20 %). Таким образом, мониторинг показал, что основной проблемой является нарушение предприятиями торговли ст. 10 Федерального закона «О защите прав потребителей» – «непредоставление товаросопроводительных документов покупателю по его требованию».

Наличие КБХ в образцах исследования за время мониторинга было подтверждено трижды – в I, II ,IV кварталах 2017 г.

ГЛАВА 4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ХЛЕБА ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ ИЗ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ

4.1 Разработка инструментария оценки степени зараженности хлеба из пшеничной муки картофельной болезнью

При проведении исследований было определено, что на данный момент не существует малозатратного экспресс-метода для определения степени зараженности пшеничной муки и хлеба из нее картофельной болезнью без приготовления пробной выпечки и инкубирования выпеченного хлеба в течение минимум 36 ч. Также существует метод, разработанный В. П. Медведевым с сотрудниками в ГосНИИХП [81], позволяющий определить наличие споровых бактерий *Bac. subtilis* в зерновом сырье и готовой продукции. Метод основан на протеолитической (желатиназной) активности споровых бактерий. Он позволяет в течение 6 ч выявить активность споровых бактерий, вызывающих КБХ. Результаты этого экспресс-метода свидетельствуют о качественных показателях бактерий в протеолитическом отношении, не учитывает активность α-амилаз спорообразующих бактерий, вызывающих декстринизацию крахмала зернового сырья, не являются информативными в плане количественной оценки зараженности и также часто представляют искаженную картину о реальной степени зараженности сырья.

Наиболее удобным и точным методом на сегодняшний день является приборный вискозиметрический метод определения зараженности зерна возбудителями КБХ, разработанный ВНИИЗ Россельхозакадемии [118]. Однако этот метод более применим к зерну, чем к ХПМ. Недостатком данного способа можно считать необходимость использования прибора ПЧП-3, оснащенного водяной баней для создания благоприятных условий действия фермента α-амилазы (37 °С). Без соблюдения

температурного режима инкубационной среды результаты анализа будут недостоверными.

Данный факт потребовал разработки усовершенствованной методики определения зараженности пшеничной муки, а также описательной балльной шкалы степени зараженности ХПМ.

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

4.2 Разработка экспресс-метода количественной оценки зараженности пшеничной муки спорами *Bac. subtilis*

Возбудители картофельной болезни – спорообразующие бактерии, относящиеся к подвиду *Bac. subtilis* и *Bac. mesentericus* (которые по новой классификации объединены в единый вид *Bacillus subtilis*) практически повсеместно распространены в природе – почве, воздухе, растениях. Бактерии этого вида погибают во время выпекания хлеба при температурном нагреве, но оставляют жизнеспособные споры, способные выживать при высоких температурах (свыше 250 °С).

Bac. subtilis, выделяя амилолитический фермент α-амилазу, гидролизуют крахмал, причем гидролиз протекает в несколько стадий:

1) декстринизация крахмала. На этом этапе происходит расщепление крахмала до декстринов с достаточно высокой молекулярной массой, вследствие чего появляется залипание мякиша. Поскольку α-амилаза не атакует α-1,6-связи, при гидролизе крахмала образуются устойчивые разветвленные декстрины;

2) разжижение. На этом этапе появляется неприятный специфический запах ХПМ. Вторая стадия гидролиза характеризуется выделением протеолитических ферментов, которые, разрушая белок, образуют продукты распада, придающие

хлебу специфический неприятный запах. Декстрины частично разлагаются до тетра- и тримальтозы;

3) осахаривание – появление тянущихся нитей, неприятного специфического запаха. Тетра- и тримальтозы очень медленно гидролизуются до ди- и моносахаридов. Стадия характеризуется очень низкой скоростью.

Большинство разработанных методов предлагают определение КБХ в уже выпеченном хлебе, что требует значительных затрат времени на пробные выпечки. Однако пшеничная мука, загрязненная *Bac. subtilis* и их спорами, вероятнее всего, будет провоцировать заболевание хлеба КБХ, степень которой определяется количеством спор. Поэтому количественное экспресс-определение *Bac. subtilis* в пшеничной муке может помочь установить качество муки и спрогнозировать ее способность к заболеванию КБХ.

При хранении муки с влажностью не более 14 % *Bac. subtilis* обычно инактивированы, но при приготовлении мучной болтушки (путем смешения пшеничной муки с теплой водой) происходит их активация и начинается первая стадия гидролиза муки до декстринов. Поскольку гидролиз до сахаров проходит медленнее, в течение первого часа можно наблюдать нарастание количества декстринов в мучной болтушке. Этот процесс обычно происходит при нейтральном pH 6–7.

Предлагаемый экспресс-метод основан на определении зараженности муки КБХ по содержанию в ней эритродекстринов, дающих красно-бурое окрашивание при взаимодействии с раствором йода после приготовления мучной болтушки из пшеничной муки с теплой дистиллированной водой и дальнейшем ее экстрагировании. Согласно данным В. А. Маринченко и др. [187], максимальное образование эритродекстринов происходит в период между 10 и 20 мин гидролиза крахмала, поэтому время гидролиза до определения оптической плотности должно не должно превышать 20 мин. Поскольку за данный отрезок времени гидролиз до сахаров произойти не успевает, ими можно пренебречь. Общепринятый метод определения декстринов, основанный на их гидролизе до глюкозы и ее последующем определении, в данном случае применить нельзя, так как он подразумевает определение всех видов декстринов, а в рамках данной методике требуется выявление только

эритродекстринов, дающих красно-бурое окрашивание с йодом, в отличие от ахродекстринов и мальтодекстринов, не дающих окрашивания, и амилодекстринов, дающих синее окрашивание.

Данный метод также нельзя применить для определения КБХ в ХПМ, так как в процессе тестообразования, брожения, выпечки также могут образовываться декстрины, но не под воздействием *Bac. subtilis*, а вследствие других физико-химических процессов.

Методика включает несколько этапов.

Первый этап предполагает получение градуировочного графика содержания эритродекстринов в зараженной пшеничной муке. Для построения градуировочного графика получали вытяжку из ломтиков очищенного картофеля по методике Е. З. Теппер [185]. Количество *Bac. subtilis* в вытяжке определяли при помощи стандартов мутности 0,5; 1; 2; 3 по шкале McFarland, для чего смешивали 0,5; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 см³ взвеси двухводного хлорида бария и 99,5; 9,9; 9,8; 9,7; 9,6 см³ серной кислоты соответственно. Полученную взвесь разливали по 5 мл в пробирки, отмечали объем жидкости, герметично укупоривали и хранили в темном шкафу не более 3 мес. при комнатной температуре. В таких же пробирках готовили растворы *Bac. subtilis*, полученные вытяжкой из ломтиков картофеля с разведением, соответствующим стандартам мутности 0,5; 1; 2; 3 по шкале McFarland. При длине волны 600 нм растворы с мутностью 0,5; 1; 2; 3 по шкале McFarland имеют пропускание 74,3; 55,6; 35,6; 26,4; 21,5 %, что соответствует концентрации бактерий $1{,}0 \cdot 10^8$; $3{,}0 \cdot 10^8$; $6{,}0 \cdot 10^8$; $9{,}0 \cdot 10^8$; $1{,}2 \cdot 10^9$ соответственно.

Далее готовили контроль, для чего навеску здоровой пшеничной муки массой 5 г количественно переносили в мерную колбу и доводили дистиллированной водой с температурой 30 °С 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. раствора йода и определяли оптическую плотность на ФЭК-56М при длинах 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; 1; 2; 3; 4.

Содержание декстринов определяли по формулам М. П. Попова и Е. П. Шаненко [154]:

– содержание эритродекстринов в растворе вычисляли по формулам:

$$C_{А} = 0,044D_{660} - 0,0123D_{530}; \quad (3)$$

$$C_{Д} = 2D_{660} - 47,7C_{А}, \quad (4)$$

где $C_{А}$ – концентрация амилозы в растворе, мг/см³; $C_{Д}$ – концентрация декстринов в растворе, мг/см³; D_{660}, D_{530} – оптические плотности раствора при длинах волны 660 и 530 нм;

– затем пересчитывали на сухие вещества:

$$Д = \frac{2 \times C_{Д} \times 100}{100 - W}, \ \%, \quad (5)$$

где Д – массовая доля декстринов в пересчете на сухие вещества, %; W – массовая доля влаги в муке, %.

В таблице 14 приведены данные о содержании декстринов в муке.

Таблица 14 – Содержание эритродекстринов в зараженной муке

Концентрация бактерий *Bac. subtilis* в пробе, КОЕ/см³	Содержание эритродекстринов, %
$1,0 \cdot 10^{8}$	0,431
$3,0 \cdot 10^{8}$	0,684
$6,0 \cdot 10^{8}$	0,814
$9,0 \cdot 10^{8}$	1,016
$1,2 \cdot 10^{9}$	1,177

Грудуировочный график зависимости содержания *Bac. subtilis* в пшеничной муке в зависимости от содержания эритродекстринов представлен на рисунке 7.

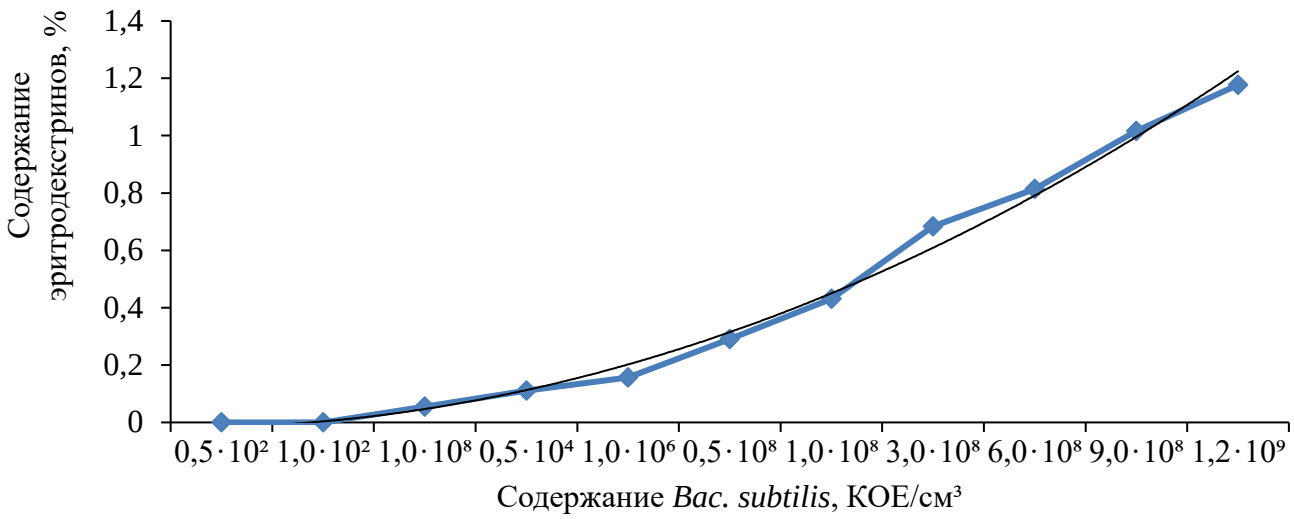


Рисунок 7 – Градуировочный график содержания *Bac. subtilis* в пшеничной муке в зависимости от содержания эритродекстринов

При содержании *Bac. subtilis* до $2{,}0 \cdot 10^2$ муку можно считать здоровой [81].

Второй этап включал определение количества *Bac. subtilis* в зараженной пшеничной муке, используемой для дальнейших исследований, а также для товарных образцов муки.

Для проведения анализа образцы для определения оптической плотности/содержания эритродекстринов готовили аналогично контролю: навеску здоровой пшеничной муки массой 5 г количественно переносили в мерную колбу и доводили дистиллированной водой с температурой 30 °С до 100 см³, смесь экстрагировали при активном перемешивании в течение 10 мин, фильтровали, к 5 см³ фильтрата приливали 5 см³ 0,005 н. раствора йода и определяли оптическую плотность на ФЭК-56М при длинах волны 660 и 530 нм, кювета 5 мм. Затем рассчитывали содержание эритродекстринов и по градуировочному графику определяли содержание *Bac. subtilis*. Данная методика позволяет прогнозировать период возникновения картофельной болезни в выпеченном хлебе.

Сравнительная оценка традиционной и предлагаемой методик определения КБХ представлена в таблице 15.

Таблица 15 – Сравнительная оценка методик определения КБХ

Показатель	Метод пробной выпечки (арбитражный)	Разработанный метод
Объект исследования	Пробная выпечка ХПМ	Мука пшеничная, используемая для выпечки ХПМ
Пробоподготовка	2–3 ч	30 мин
Продолжительность реализации способа	От 24 до 72 ч	1 ч
Количественное определение	Отсутствует	Имеется
Показатели точности измерений (прецизионность), %	95	93
Относительная погрешность, %	Не более 5	Не более 7
Регистрируемый параметр	Разжижающая способность α-амилазы, вязкость клейстера	Содержание эритродекстринов в мучной болтушке после ее экстрагирования

Таким образом, предложенная методика обладает рядом преимуществ и может применяться для экспресс-обнаружения *Bac. subtilis* в зараженной пшеничной муке с целью прогнозирования возникновения КБХ.

4.3 Разработка описательной балльной шкалы для оценки степени зараженности хлеба из пшеничной муки картофельной болезнью

Наиболее часто используемым методом выявления КБХ является органолептический метод оценки качества образцов ХПМ (пробных выпечек) после 24; 36; 72 ч инкубирования при температуре 37 °С. На сегодняшний день не существует описательной балльной дегустационной шкалы для описания степени зараженности ХПМ картофельной болезнью в целях решения вопросов о его уничтожении или переработке.

Поэтому целью дальнейших исследований явилась разработка описательной балльной дегустационной шкалы для оценки степени зараженности ХПМ картофельной болезнью.

Для составления описательной балльной шкалы (таблица 16) выпекали образцы ХПМ из зараженной муки, определяли в них количество *Bac. subtilis* микроскопированием колоний, высаженных на МПА с глюкозой. Затем использовали панель дескрипторов, составленную отобранными дегустаторами и дегустаторами-экспертами в количестве 9 чел. Каждый дегустатор описывал образец хлеба с различной степенью поражения КБХ, далее термины были систематизированы в четыре группы применительно к показателю качества, устранены гедонистические характеристики и повторы. Шкала подразумевает органолептическую оценку следующих показателей: запах, консистенция мякиша, внешний вид без применения коэффициентов весомости.

Таблица 16 – Описательная балльная шкала степени зараженности ХПМ

Показатель	Степень зараженности			
	Отсутствует	Низкая	Средняя	Высокая
Внешний вид	На срезе цвет от светло-светло-желтого до светло-желтого, однородный. Рисунок на срезе: пористость развитая по всей поверхности, без уплотнений, пустот, непромеса	На срезе цвет от светло-светло-желтого до светло-желтого. Рисунок на срезе: пористость развитая по всей поверхности, мякиш выглядит чуть влажным	На срезе цвет от светло-серого до темно серого, неоднородный. Имеются множественные очаги поражения КБХ. Мякиш влажный, рисунок поверхности смазан	Поверхность среза темная, имеются множественные крупные очаги поражения КБХ, мякиш выглядит как липкий комок, отошедший от корки
Оценка, балл	5	4	3	2
Консистенция мякиша, определяемая тактильно	Пропеченный, не влажный на ощупь. Эластичный, после легкого надавливания пальцами принимает первоначальную форму	Слегка заминается, оставляет легкие следы на коже рук при прикосновении, после легкого надавливания пальцами неполностью восстанавливает первоначальную форму	Влажный на ощупь, липнет к рукам, сильно заминается, при надавливании не восстанавливает форму, образуя влажный комок. При растягивании имеются единичные тянущиеся нити	Мокрый, липнет к рукам, оставляя на пальцах слизь, при растягивании имеет множественные тянущиеся ослизненные нити
Оценка, балл	5	4	3	2

Продолжение таблицы 16

Показатель	Степень зараженности			
	Отсутствует	Низкая	Средняя	Высокая
Запах	Средней интенсивности, свойственный хлебу из пшеничной муки, гармоничный, без посторонних тонов	Средней интенсивности, свойственный хлебу из пшеничной муки, с легким запахом картофельного пюре и фруктовым тоном	Интенсивный, с яркими посторонними тонами переспелых фруктов, гниения, неприятный.	Очень интенсивный, гниющих фруктов с фекальной нотой, вызывает отвращение
Оценка, балл	5	4	3	2
Bac. subtilis, КОЕ/см³	Не более $2 \cdot 10^2$	От $2 \cdot 10^2$ до $1 \cdot 10^4$	От $1 \cdot 10^4$ до $1 \cdot 10^8$	От $1{,}2 \cdot 10^8$
Появление признаков КБХ при инкубировании ХПМ при 37 °С	Признаки отсутствуют	Через 49–72 ч	Через 37–48 ч	Через 24–36 ч
Характеристика качества	Стандартная продукция	Нестандартная продукция, подлежит утилизации	Нестандартная продукция, подлежит утилизации	Нестандартная продукция, подлежит утилизации

Шкала также характеризует распределение содержания *Bac. subtilis* по степени зараженности ХПМ. Взаимосвязь дегустационного и инструментального анализа способствует пониманию степени зараженности ХПМ и позволяет количественно определить содержание *Bac. subtilis* без применения лабораторных приборов и спрогнозировать скорость возникновения ХПМ в провокационных условиях.

В соответствии с разработанной описательной балльной дегустационной шкалой ХПМ можно отнести к стандартному при сумме баллов за органолептическую оценку не менее 15, что соответствует содержанию *Bac. subtilis* не более $2 \cdot 10^2$ КОЕ /см³. ХПМ с низкой степенью поражения, оцениваемый в 12 баллов, что соответствует содержанию *Bac. subtilis* от $2 \cdot 10^2$ до $1 \cdot 10^4$ КОЕ /см³, может быть переработан на сухарные изделия или панировочные сухари.

Разработанная описательная балльная дегустационная шкала (таблица 16) может использоваться при оценке степени зараженности ХПМ картофельной болезнью как в рамках предприятия, так и для лабораторных исследований.

4.4 Разработка рецептуры хлеба длительного хранения из пшеничной муки с комплексной добавкой «Бетуларин»

Из анализа научной литературы известны способы подавления КБХ при использовании бетулина. А. Ю. Веселовой исследовано влияние бетулинсодержащего экстракта бересты (БЭБ) производства ООО «Березовый мир» в количестве 0,052 % к массе муки. При этом автором выявлено «стимулирующее воздействие БЭБ на рост клеток дрожжей *S. cerevisiae* и молочнокислых бактерий *Lactobacillus casei* на питательных средах и ингибирующее воздействие БЭБ на развитие картофельной болезни хлеба» [28].

Однако данное количество бетулина, подавляя влияние фермента амилазы на крахмал пшеничной муки и воздействие протеолитических ферментов на пептидные связи между аминокислотами в белках, не подавляет рост плесеней, являющихся одной из самых явных причин ухудшения качества ХПМ.

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

4.4.1 Разработка рецептуры комплексной добавки «Бетуларин» и исследование ее влияния на хлебопекарные свойства пшеничной муки

С целью продления сроков годности и ингибирования КБХ провели ряд экспериментов для определения оптимальных дозировок бетулина, низина и аскорбиновой кислоты в качестве расширения перечня средств, позволяющих эффективно бороться с картофельной болезнью при сохранении высоких органолептических показателей и пищевой ценности ХПМ.

Низин (Е234) является термостабильным, устойчивым к кислой среде природным антибиотиком, вырабатываемым *Streptococcus lactis,* и разрешен к применению. Низин имеет свойство подавлять грамположительные бактерии (стафиллококки, стрептококки и др.), многие спорообразующие и некоторые кислотоустойчивые бактерии. Низин входит в состав добавки «Селектин» (ТУ 9291-009-00479997-98), включающей в себя смесь аскорбиновой кислоты, бромата калия и низина. Одной из задач исследования являлось исключение бромата калия как добавки, разрушающей витамины P_1, PP и аминокислоту метионин. Данная добавка имеет крайне низкую разрешенную ПДК в России, запрещена для использования в пищевой промышленности в большинстве стран, так как FDA в 1991 г. призвало добровольно отказаться от применения бромата калия в продуктах, а также обязательно указывать его в составе в случае использования [108; 110].

Второй задачей было сохранение органолептических характеристик ХПМ и увеличение срока его хранения до 7 сут с одновременным уменьшением количества низина, так как, будучи разрешенным природным антибиотиком, полностью выводимым из организма человека, он все же отрицательно влияет на микрофлору кишечника при внесении его в пищевой продукт в количестве более 0,1 %. Поставленные задачи определили следующий состав комплексной добавки: 1) низин; 2) бетулин; 3) аскорбиновая кислота в качестве вспомогательной добавки, улучшающей качество клейковины. Количество вносимых ингредиентов определено в соответствии с действующими санитарными нормами: бетулин рекомендован Министерством здравоохранения и социального развития РФ в качестве БАД, рекомендуемый уровень потребления – 40 мг/сут (ПДК – 80 мг); низин имеет ПДК не более 3 мг/кг. Низин вносили в дозировках от 0,003 до 0,03 %, бетулин – от 0,005 до 0,02 %. В таблице 17 отражено влияние низина и бетулина на качество клейковины в зависимости от дозировки.

Из представленных в таблице 17 данных следует, что введение как низина, так и бетулина в указанном количестве по отдельности не влияет на качество и количество клейковины, но способствует незначительному ее укреплению.

Таблица 17 – Влияние низина и бетулина на количество и качество клейковины, n = 3

Показатель	Контроль	Опытные варианты с введением низина			Опытные варианты с введением бетулина		
		% к массе муки					
		0,003	0,015	0,03	0,005	0,01	0,02
Количество клейковины, %	30,6	30,8 ± 0,4	30,6 ± 0,3	30,8 ± 0,4	30,6 ± 0,6	30,8 ± 0,5	30,8 ± 0,4
Качество клейковины, ед. ИДК	65,0	65 ± 0,6	67 ± 0,7	68 ± 0,9	67 ± 0,7	70 ± 0,4	75 ± 0,8
	(1-я группа – хорошая)	(1-я группа – хорошая)			(1-я группа – хорошая)		

Исследовали изменение газообразующей способности муки в зависимости от количества внесенных добавок. Результаты исследования газообразующей способности на приборе Яго-Островского представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Газообразующая способность образцов исследования, p = 0,95

Время брожения, мин	Объем выделившегося CO_2, см²						
	Контроль	Опытные варианты с введением низина			Опытные варианты с введением бетулина		
		% к массе муки					
		0,003	0,015	0,03	0,003	0,005	0,01
60	665	700	680	685	710	723	737
120	1 031	1 035	1 040	1 040	1 067	1 082	1 098
180	1 192	1 150	1 155	1 153	1 233	1 247	1 264
240	1 316	1 320	1 320	1 320	1 349	1 403	1 425
300	1 404	1 400	1 380	1 375	1 456	1 497	1 532
Итого	*1 404*	*1 400*	*1 380*	*1 375*	*1 456*	*1 497*	*1 532*

Низин не оказывает заметного влияния на газообразующую способность муки, однако с введением бетулина значение данного показателя повышается, что в технологическом процессе производства хлеба может вызвать небольшое увеличение объема изделий, пористости и улучшение структурно-механических свойств мякиша. Необходимо отметить, что бетулин в силу его нерастворимости вносили постоянным вмешиванием в малые объемы муки с последующим порционным перемешиванием для достижения равномерного распределения по массе. Хорошему перемешиванию также способствовал примерно равный размер частиц муки

и бетулина (от 50 до 100 мкм). Одинаковый размер частиц муки и вносимых ингредиентов, входящих в состав смеси, необходим для достижения равномерного их распределения в смеси.

С целью изучения совместного влияния низина и бетулина на рост плесневых грибов и спор *Bac. subtilis* проведены микробиологические исследования по методике, изложенной в главе 2.

Перед началом микробиологических исследований было определено количество колоний КМАФАнМ в бетулине, которое составляло менее $1{,}0 \cdot 10^2$ КОЕ/г, что свидетельствует о высокой микробиологической чистоте добавки.

Тестируемую культуру *Bac. subtilis* выделяли из ломтиков очищенного картофеля по методике Е. З. Теппер [185]. Далее готовили раствор *Bac. subtilis* внесением в физиологический раствор по стандарту мутности 0,5, что соответствует $1{,}5 \cdot 10^8$ в 1 см³ раствора. Полученный препарат вносили в колбы с водной суспензией бетулина, раствором низина и смесью бетулина и низина в суспензии. Концентрация бетулина и низина соответствовала их количеству в тесте (таблица 17), а препарат из смеси бетулина и низина готовили их смешением в следующих вариантах: 1) низин 0,003 % + бетулин 0,003 %; 2) низин 0,005 % + бетулин 0,015 %; 3) низин 0,01 % + бетулин 0,03 %.

Затем взбалтывали содержимое колб и высеивали 1 см³ на стерильный МПА с глюкозой, инкубировали образцы при температуре 37–38 °С, опыт проводили в трех параллелях в соответствии с ГОСТ 10444.12-2013 [35]. По истечении 2 сут проводили визуальный осмотр посевов и микроскопировали выросшие колонии микроорганизмов. Констатировали появление *Aspergillus, Mucor, Penicillium*.

Результаты исследований представлены в таблице 19. Бетулин незначительно подавлял рост плесневых грибов *Aspergillus niger*; низин в дозировках, разрешенных ТР ТС 029, ингибировал картофельную болезнь незначительно.

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. Результаты исследований после 3 сут инкубирования представлены в таблице 20.

Таблица 19 – Влияние низина и бетулина на рост плесневых грибов и развитие КБХ

Показатель	Контроль	Концентрация бетулина, соответствующая его количеству в тесте, мг/100 г муки			Концентрация низина, соответствующая его количеству в тесте, мг/100 г муки		
		0,003	0,005	0,01	0,003	0,015	0,03
Bacillus subtilis, КОЕ/г (см³)	$1{,}5 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^2$
Количество колоний плесневых грибов	7	6	5	4	2	Не обнаружены	

Таблица 20 – Результаты исследований после 3 сут инкубирования, $n = 3$

Показатель	Контроль	Образец		
		1	2	3
Наличие признаков КБХ (степень зараженности), балл	2,0 (высокая)	3,0 (средняя)	4,0 (низкая)	5,0 (отсутствует)
Количество колоний плесневых грибов	8	3	Не обнаружены	

Таким образом, применение добавки бетулина без сопровождения низина не приводит к должному эффекту, развитие КБХ ингибируется неэффективно. Использование только низина также не приводит к требуемому результату. Использование низина и бетулина совместно повышает их эффективность за счет синергизма: бетулин ингибирует КБХ, низин ингибирует развитие плесневых грибов.

4.4.2 Изучение динамики показателей качества хлеба из пшеничной муки с комплексной добавкой «Бетуларин» в процессе хранения

С учетом результатов предыдущих исследований было принято решение провести пробные лабораторные выпечки с использованием вариантов внесения добавок, приведенных в таблице 21.

Контрольные образцы добавок не содержали.

Таблица 21 – 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		

Тесто готовили безопарным способом из пшеничной муки первого сорта по унифицированной рецептуре хлеба, представленной в таблице 22.

Таблица 22 – Рецептура хлеба пшеничного из муки первого сорта [170]

Сырье	Расход сырья, кг
Мука пшеничная первого сорта	100,0
Дрожжи хлебопекарные прессованные	1,5
Соль поваренная пищевая	1,3
Итого	*102,3*

Рассчитана рабочая рецептура на 250,0 г муки с добавлением бетулина, низина и аскорбиновой кислоты. Рецептуры хлеба с разными дозировками добавок приведены в таблице 23.

Таблица 23 – Рецептура хлеба из пшеничной муки первого сорта с комплексной добавкой, г

Сырье	Контроль	Образец		
		1	2	3
Мука пшеничная первого сорта	250,0	250,0	250,0	250,0
Дрожжи прессованные	3,75	3,75	3,75	3,75
Соль поваренная пищевая	3,25	3,25	3,25	3,25
Бетулин	–	0,0125	0,025	0,050
Низин	–	0,0075	0,0375	0,075
Аскорбиновая кислота	–	0,0075	0,0075	0,0075
Вода	158,0	159,0	159,0	160,0
Итого	*415,0*	*416,02*	*416,07*	*417,2*

Тесто замешивали безопарным способом в лабораторной тестомесильной машине конструкции ВНИИХП. Предварительно растворяли дрожжи прессованные и соль поваренную пищевую в воде температурой 30 °С; комплексную добавку из бетулина, низина, аскорбиновой кислоты смешивали с водой, равномерно распределяя по всей массе. Замес осуществляли в течение 10 мин. Температура теста после замеса составляла 28–30 °С, продолжительность брожения теста – 90 мин. Тесто после брожения делили на куски массой 0,23 кг, помещали в формы и направляли на окончательную расстойку при температуре 36–38 °С и относительной влажности воздуха 76–78 % на 35 мин. Выпечку хлеба осуществляли в лабораторной печи UNOXXBC604 при температуре пекарной камеры 200−220 °С в течение 25 мин. Далее оценивали показатели качества, приведенные в таблице 24. Органолептические показатели оценивали по балльной шкале с учетом $К_в$ (п. 2.3 диссертации).

Таблица 24 – Результаты оценки качества хлеба, n = 3

Показатель качества	Образец исследования			
	Контроль	1	2	3
Пористость мякиша, %	72,0 ± 0,2	71,0 ± 0,6	72,0 ± 0,2	74,5 ± 0,7
Удельный объем, см³/г	3,40 ± 0,02	3,35 ± 0,2	3,42 ± 0,2	3,45 ± 0,2
Формоустойчивость, (H/D)	0,45 ± 0,002	0,450,001	0,460,002	0,450,002
Влажность мякиша, %	41,0 ± 0,2	42,0 ± 0,2	42,0 ± 0,2	42,5 ± 0,2
Кислотность, град	2,5 ± 0,04	2,4 ± 0,2	2,5 ± 0,2	2,6 ± 0,2
Структурно-механические свойства мякиша:				
– $\Delta h_{общ}$	17,2 ± 0,5	17,6 ± 1,8	17,8 ± 2,0	17,4 ± 1,7
– $\Delta h_{пласт}$	12,2 ± 0,1	12,8 ± 2,5	12,6 ± 2,0	12,2 ± 2,2
– $\Delta h_{упр}$	5,0 ± 0,1	4,8 ± 0,5	5,2 ± 0,6	5,2 ± 0,4
Органолептическая оценка, баллы	94 ± 2,0	94 ± 2,0	94 ± 2,0	95 ± 2,0

Опытные образцы отличались от контрольного по органолептическим и физико-химическим показателям незначительно.

Для исследования влияния комплексной добавки на ингибирование КБХ тесто обсеменяли споровыми бактериями *Bac. subtilis*, для чего использовали вытяжку из зараженного хлеба из расчета содержания бактерий $1 \cdot 10^{10}$ спор/г муки. Вытяжку вносили в количестве 10 см³ взамен 10 см³ воды на замес теста. 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 (10 г мякиша на 100 см³ дистиллированной воды с последующим фильтрованием) на МПА с глюкозой. Посевы инкубировали в течение 1 сут при 37–38 °С. Результаты исследований представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Исследование влияния комплексной добавки на ингибирование картофельной болезни хлеба

Образец	Число спор *Bac. subtilis* в 1 г хлеба
Контроль	$5{,}8 \cdot 10^7$
1	$6{,}2 \cdot 10^5$
2	$5{,}8 \cdot 10^5$
3	$5{,}0 \cdot 10^5$

В ХПМ, содержащем варианты комплексных добавок, обсемененность составила $5{,}0 \cdot 10^5$ против $5{,}8 \cdot 10^7$ спор/г в контрольном образце. Внесение добавок 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, предварительно упаковав в мешки из полиэтилена, 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 8.

В ходе хранения образцы хлеба анализировали по реологическим и физико-химическим показателям, наличию признаков КБХ и плесневения. Результаты лабораторных исследований представлены в таблице 26. Признаки заболевания картофельной болезни в хлебе (в баллах) определяли с помощью разработанной дегустационной шкалы. Структурно-механические показатели качества не определяли в хлебе с признаками плесневения и картофельной болезни.

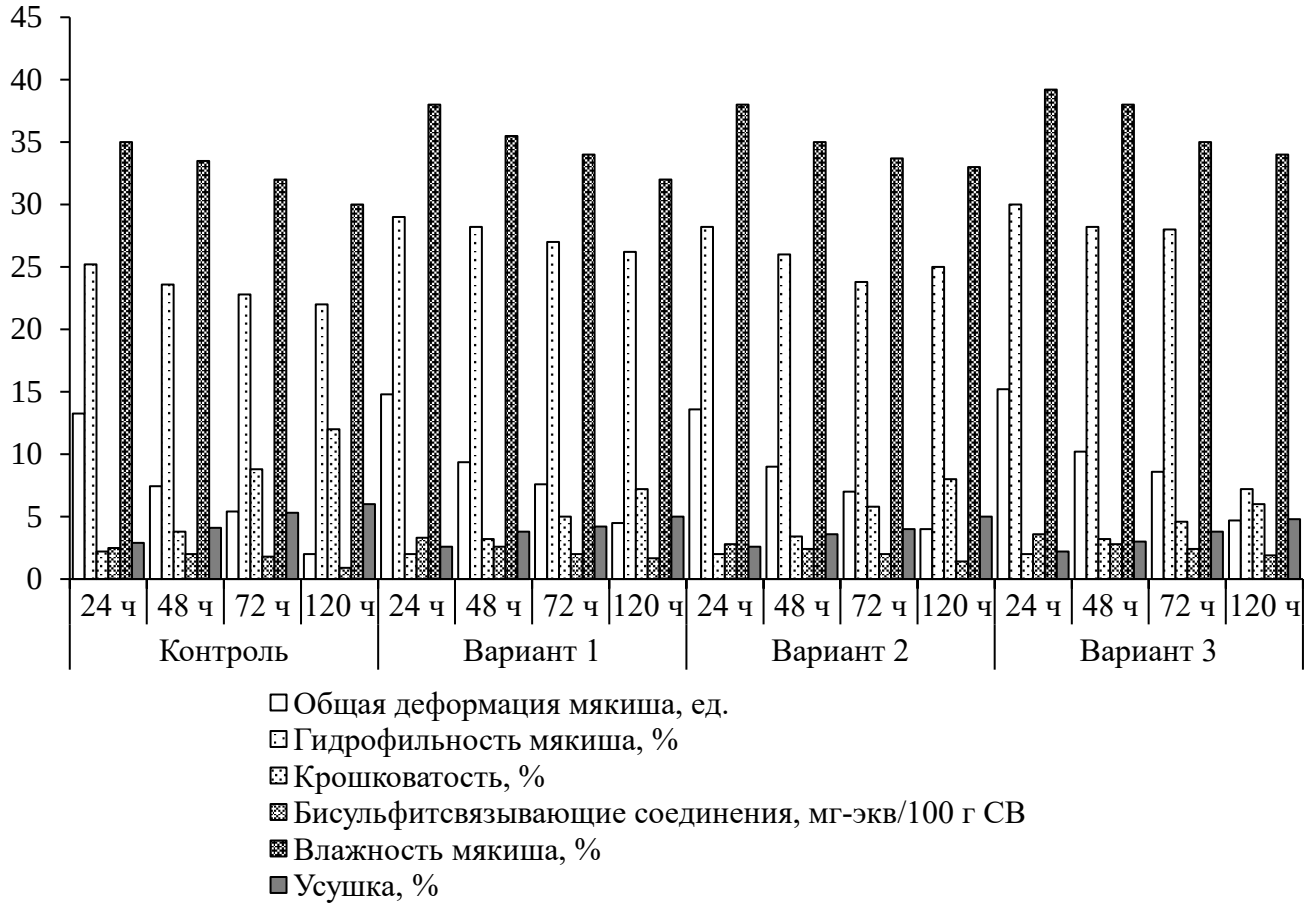


Рисунок 8 – Динамика изменения реологических показателей и количества ароматообразующих веществ в процессе хранения ХПМ с комплексной добавкой в сравнении с контролем

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. Органолептические показатели образцов с комплексной добавкой были лучше, чем у контроля, за счет высокой активности веществ добавки. Начальные признаки плесневения и КБХ обнаружились в контрольных образцах ХПМ на 5 сут хранения.

На комплексную добавку получен патент РФ № 2723520 «Способ подавления картофельной болезни и плесневения» (приложение Е). Состав разработанной добавки включает 54 % низина, 35 % бетулина, 11 % аскорбиновой кислоты; добавка вносится в количестве 0,028 % от массы муки.

Таблица 26 – Изменение физико-химических и органолептических показателей хлеба в процессе хранения

Показатели качества опытных образцов хлеба в процессе хранения, сут																	
Контроль			Образец 1					Образец 2					Образец 3				
1	3	5–10	1	3	5	7	10	1	3	5	7	10	1	3	5	7	10
Структурно-механические свойства мякиша																	
$\Delta h_{общ}$																	
14,1 ± 1,2	13,2 ± 1,2	–	14,10 ± 1,2	9,4 ± 1,2	7,60 ± 1,2	4,5 ± 1,2	4,0 ± 1,2	16,2 ± 1,2	13,6 ± 1,2	9,00 ± 1,2	7,0 ± 1,2	4,0 ± 1,2	13,8 ± 1,2	12,2 ± 1,2	10,2 ± 1,2	8,6 ± 1,2	4,7 ± 1,2
$\Delta h_{пласт}$																	
10,4 ± 1,2	10,0 ± 1,2	–	10,4 ± 1,2	7,2 ± 1,2	5,0 ± 1,2	3,5 ± 1,2	3,2 ± 1,2	11,4 ± 1,2	10,0 ± 1,2	7,0 ± 1,2	5,2 ± 1,2	3,0 ± 1,2	8,6 ± 1,2	7,4 ± 1,2	7,2 ± 1,2	5,0 ± 1,2	2,8 ± 1,2
$\Delta h_{упр}$																	
4,4 ± 1,2	3,26 ± 1,2	–	4,4 ± 1,20	2,16 ± 1,2	2,6 ± 1,2	1,0 ± 1,2	0,74 ± 1,2	4,8 ± 1,2	3,6 ± 1,2	2,0 ± 1,2	2,2 ± 1,2	1,0 ± 1,2	5,2 ± 1,2	4,8 ± 1,2	3,0 ± 1,2	3,3 ± 1,2	1,9 ± 1,2
Гидрофильные свойства мякиша, см³																	
26,2 ± 0,2	25,2 ± 0,2	–	29,0 ± 0,2	28,2 ± 0,2	27,0 ± 0,2	26,2 ± 0,2	22,4 ± 0,2	30,0	28,2 ± 0,2	26,0 ± 0,2	25,8 ± 0,2	24,0 ± 0,2	29,0 ± 0,2	28,0 ± 0,2	27,2 ± 0,2	24,0 ± 0,2	22,0 ± 0,2
Крошковатость, %																	
2,0 ± 0,2	2,2 ± 0,2	–	2,0 ± 0,2	3,2 ± 0,2	5,0 ± 0,2	7,2 ± 0,2	7,8 ± 0,2	2,0 ± 0,2	2,2 ± 0,2	4,4 ± 0,2	5,0 ± 0,2	5,8 ± 0,2	1,8 ± 0,2	2,0 ± 0,2	3,2 ± 0,2	4,6 ± 0,2	8,0 ± 0,2
Влажность мякиша, %																	
41,0 ± 0,5	41,0 ± 0,5	–	42,0 ± 0,5	42,4 ± 0,5	43,0 ± 0,5	43,8 ± 0,5	43,6 ± 0,5	41,8 ± 0,5	42,0 ± 0,5	42,6 ± 0,5	43,0 ± 0,5	43,6 ± 0,5	41,2 ± 0,5	41,6 ± 0,5	42,0 ± 0,5	43,0 ± 0,5	42,0 ± 0,5
Кислотность, град																	
3,4 ± 0,2	3,4 ± 0,2	–	3,0 ± 0,2	3,2 ± 0,2	3,2 ± 0,2	3,0 ± 0,2	3,4 ± 0,2	3,0 ± 0,2	3,0 ± 0,2	3,0 ± 0,2	3,0 ± 0,2	3,2 ± 0,2	2,8 ± 0,2	3,0 ± 0,2	3,0 ± 0,2	3,2 ± 0,2	3,4 ± 0,2
Усушка, %																	
2,2 ± 0,2	2,9 ± 0,2	–	2,6 ± 0,2	3,8 ± 0,2	4,2 ± 0,2	5,2 ± 0,2	5,6 ± 0,2	2,4 ± 0,2	2,6 ± 0,2	3,6 ± 0,2	4,0 ± 0,2	4,6 ± 0,2	2,0 ± 0,2	2,2 ± 0,2	3,0 ± 0,2	3,8 ± 0,2	4,8 ± 0,2
Органолептические показатели, балл																	
96 ± 2	85 ± 2	48 ± 2 25 ± 2	– 100	85	77	76	72	98	87	80	78	78	98	85	77	76	74
Плесневение, количество-колоний, КОЕ																	
Нет	Нет	1–2 на 5 сут. Сплошной рост на 10 сут	1–2 на 8–10 сут					Отсутствует									
Признаки КБХ, балл																	
5	5	4	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Далее была разработана технология производства комплексной добавки «Бетуларин», оптимизированной для использования на хлебопекарных предприятиях. В комплексную добавку для удобства и исключения ошибок при взвешивании малых порций была включена пшеничная мука высшего сорта. Рецептура товарной комплексной добавки «Бетуларин» представлена в таблице 27.

Таблица 27 – Рецептура комплексной добавки «Бетуларин»

Ингредиент	Содержание, % мас.
Низин	0,015
Бетулин	0,01
Аскорбиновая кислота	0,003
Мука пшеничная высшего сорта	97,2

Экспериментально установлено, что при смешивании в соотношении компонентов, не превышающем 1:20, однородность получаемого порошка максимальна [58]. Таким образом, рекомендуется порционное введение разработанной комплексной добавки: сначала до соотношения с мукой 1:20, затем увеличивая порционное смешение при соблюдении данного соотношения.

Разработанная комплексная добавка для получения хлеба длительного хранения вносится в количестве 100 г на 100 кг муки в смеси с водой при замешивании теста вместе с раствором соли и дрожжей.

Разработаны ТУ 10.61.24-010-02069214-2019 «Комплексная добавка для хлеба „Бетуларин„» и ТИ 10.61.24-010-02069214-2019 «Комплексная добавка для хлеба „Бетуларин“» (приложения Б и В). Разработанная комплексная добавка применяется на предприятии пищевой промышленности ООО «Багет» (акт внедрения в приложении Ж).

4.4.3 Разработка рецептуры хлеба длительного хранения «Жито» и его товароведная оценка

На хлеб длительного хранения с добавкой «Бетуларин» разработана рецептура хлеба длительного хранения «Жито» (таблица 28) и установлены регламентируемые показатели качества, приведенные в таблице 29.

Таблица 28 – Рецептура хлеба длительного хранения «Жито»

Сырье	Расход сырья, %
Мука пшеничная хлебопекарная первого сорта	99,9
Дрожжи прессованные	1,5
Соль поваренная пищевая	1,3
Комплексная добавка «Бетуларин»	0,1

Таблица 29 – Регламентируемые показатели качества хлеба длительного хранения «Жито»

Показатель	Характеристика
Внешний вид:	
– форма формового хлеба	Соответствующая хлебной форме, в которой производилась выпечка, с несколько выпуклой верхней коркой, без боковых выплывов
– форма подового хлеба	Округлая, без боковых притисков
Поверхность	Гладкая или шероховатая, без крупных трещин и подрывов
Цвет	Равномерно окрашенный, желтый или светло-коричневый
Состояние мякиша: – пропеченность – промес – пористость – вкус – запах	 Пропеченный, не влажный на ощупь. Эластичный, после легкого надавливания пальцами принимает первоначальную форму Без комочков и следов непромеса Развитая, равномерная, без следов непромеса Выраженный, свойственный хлебу, без постороннего привкуса Выраженный, хлебный, без постороннего запаха

Технология изготовления хлеба – традиционная в соответствии «Сборником технологических инструкций для производства хлеба и хлебобулочных изделий» (утвержден 7 июля 1988 г.) [172].

В соответствии с вышеприведенными исследованиями динамики показателей качества хлеба длительного хранения с добавкой «Бетуларин» в процессе хранения с коэффициентом запаса 1,3 установлен срок хранения 7 сут и разработана нормативно-техническая документация: технические условия ТУ 10.72.11-012-02069214-2019 «Хлеб длительного хранения «Жито» и технологическая инструкция ТИ 10.72.11-012-02069214 «Технологическая инструкция по изготовлению хлеба длительного хранения «Жито» (приложения И, К).

4.5 Разработка рецептуры хлеба длительного хранения из пшеничной муки с использованием наносуспензии бетулина

Основной причиной малого использования бетулина в России является его нерастворимость в воде, что существенно сужает возможности технологов пищевой промышленности. Бетулин практически не растворяется в воде, а его растворимость в этиловом спирте не более 4,3 г/100 г при 80 °С [187]. В связи с этим была поставлена задача – разработать способы наиболее технологичного внесения бетулина при изготовлении хлебобулочных изделий. Для этого разработали способ и рецептуру получения стабильной наносуспензии бетулина, удобной для использования при выпекании хлеба. Исследования проводили совместно с кандидатом химических наук А. В. Бюлером.

4.5.1 Разработка технологии получения наносуспензии бетулина конденсационным методом

Как известно, возможность применения бетулина в порошковом виде ограничена сложностью его распределения в объеме теста. Помимо ингибирования

КБХ, бетулин также обладает адаптогенными и иммуномодулирующим действием, поэтому введение его в рацион питания является целесообразным [30]. Использование микрочастиц бетулина размером в доли микрона позволит многократно повысить эффективность его использования, в том числе повысить его технологичность при внесении в сыпучие пищевые продукты, такие как мука, сахарная пудра и т. п., повысить его растворимость, биодоступность и степень усвояемости ввиду увеличения площади соприкосновения с ним.

В системе ЖКТ функция бетулина близка к действию желчных кислот, механизм которых включает коллоидно-химические эффекты, в том числе мицеллирование, диспергирование, образование комплексов с липидами [28].

Целью дальнейших исследований являлось приготовление суспензии, на основе бетулина с размером частиц не более 10 мкм, обладающих высокой усвояемостью и биологической активностью.

Бетулин относится к гидрофобному веществу, поэтому важной задачей является повышение гидрофильности молекулы с образованием на ее поверхности адсорбционной оболочки, придающей суспензии необходимую устойчивость, а также дальнейшее блокирование процесса агрегации частиц бетулина и образования осадка, повышение стабильности суспензии. К суспензии предъявляли следующие требования: 1) размер частиц бетулина не более 10 мкм; 2) стабильность суспензии при хранении при температуре (20 ± 5) °С не менее 6 мес.; 3) суспензия не должна ухудшать потребительские свойства ХПМ, а наоборот, способствовать улучшению органолептических показателей, увеличению срока хранения ХПМ минимум до 7 сут и подавлять картофельную болезнь хлеба.

Рассматривали два способа получения суспензии – дисперсионный, когда при помощи механического воздействия (измельчение ультразвуком, использование магнитострикционных и электрострикционных излучателей и т. п.), и конденсационный, основанный на добавлении раствора бетулина в растворитель, который хорошо смешивается с дисперсионной средой при интенсивном механическом перемешивании с помощью электромешалок и роторно-пульсационного аппарата.

Окончательно был выбран второй способ как в наибольшей степени отвечающий поставленным задачам и позволяющий получить стабильную суспензию.

Процесс получения суспензии бетулина включает следующие этапы.

1. Перевод бетулина в водорастворимое состояние, для чего изменяли его дисперсность и составы контактирующих фаз. Выявлено, что при уменьшении частиц бетулина до размера менее 30 нм не образуются кристаллоагрегаты бетулина, а 5−10 молекул бетулина способны образовывать только незавершенные аморфные кластеры. Гидрофилизация поверхности молекулы бетулина приводит к повышению ее смачиваемости и седиментационной устойчивости системы, а микронизация бетулина способствует возникновению большей удельной поверхности, что приводит к увеличению свободной поверхностной энергии. Все суспензии обладают кинетической и агрегативной неустойчивостью, так как являются гетерогенными системами. Седиментационная устойчивость является важнейшей характеристикой суспензии, влияющей на распределение частиц во всем объеме системы.

2. Введение компонентов, повышающих седиментационную устойчивость суспензии, т. е. ее способность сохранять распределение частиц по всему объему дисперсной системы. С этой целью использовали хлорид натрия и эмульгаторы различной природы для замедления взаимодействия между молекулами бетулина, их агрегации при образовании суспензии и после.

Эмульгаторы вносили во время процесса стабилизации фазы смешивания для образования однородной устойчивой суспензии. Отмечено, что эмульгаторы способствовали предотвращению рекристаллизации во время охлаждения продукта. На данный момент перечень эмульгаторов, разрешенных к применению в пищевой промышленности, достаточно обширен. При выборе эмульгатора руководствовались его эмульгирующими свойствами, доступностью, стоимостью, способностью влиять на реологические характеристики теста.

Было подготовлено четыре варианта модельных образцов суспензии со стабилизаторами (эмульгаторами), разрешенными к использованию при производстве пищевых продуктов. Основные характеристики используемых эмульгаторов приведены в таблице 30.

Таблица 30 – Характеристики используемых эмульгаторов

Наименование	Код	Характеристика
Сорбитан моностеарат	Е491	Используется как структурообразующий и стабилизирующий компонент, эмульгатор, антиагрегатор частиц
Стероил-2-лактилат кальция	Е482	Обладает хорошими эмульгирующими свойствами, увеличивает удельный объем и пористость теста, продлевают срок годности хлебобулочных изделий
Эфиры полиглицеридов жирных кислот	Е475	Растворим в горячей воде, этиловом спирте, способствует уплотнению структуры хлеба и повешению его пористости
Лецитин	Е322	Антиокислитель, эмульгатор, повышает пластичность теста, обладает эмульгирующими свойствами, увеличивает срок хранения хлебобулочных изделий

Технологическая схема получения наносуспензии конденсационным методом приведена на рисунке 9.

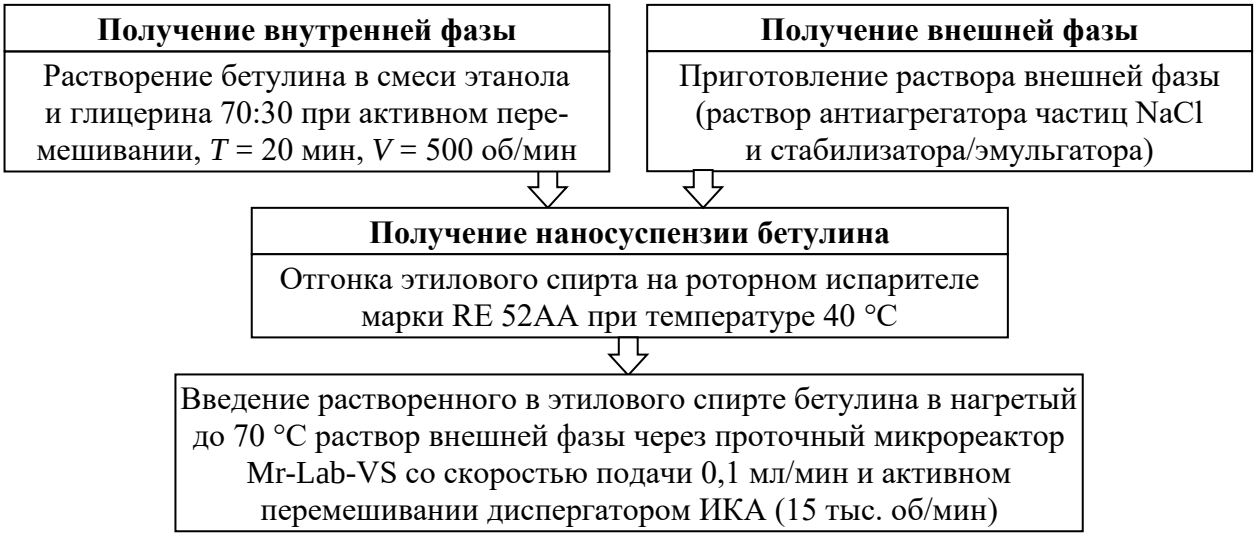


Рисунок 9 – Технологическая схема получения наносуспензии бетулина конденсационным методом

Описание технологического процесса

I этап. Растворение бетулина в смеси этилового спирта и глицерина в соотношении 70:30 в течение 20 мин при активном перемешивании на магнитной мешалке со скоростью 500 об/мин. Глицерин (Е422) – вязкая жидкость со сладковатым вкусом, разрешенная пищевая добавка, обладает очень низкой гигроскопичностью.

Согласно формуле Стокса скорость седиментации прямо пропорциональна разности плотности фазы и среды. В зависимости от этого показателя частицы дисперсной фазы могут оседать ($d_1 > d_2$) или всплывать ($d_2 < d_1$). При $d_1 = d_2$ система является устойчивой, а суспензия – стабильной. Частицы бетулина оседают со скоростью, обратно пропорциональной вязкости системы. Поэтому включение вязкого компонента (глицерина) повышает седиментационную устойчивость дисперсионной системы и препятствует агрегатированию частиц в кластеры.

II этап. Полученную суспензию нагревали до 40 °С с целью отгонки растворителя (этанола) на роторном испарителе марки RE 52AA (марки «Шеньси HEB», Китай). Действие роторного испарителя основано на понижении температуры кипения растворителя за счет создания в его системе пониженного давления при помощи водоструйного или вакуумного насоса. Данный подход позволяет удалять растворитель из раствора при более низкой температуре, избегая побочных реакций, которые могут протекать при нагревании смеси [135].

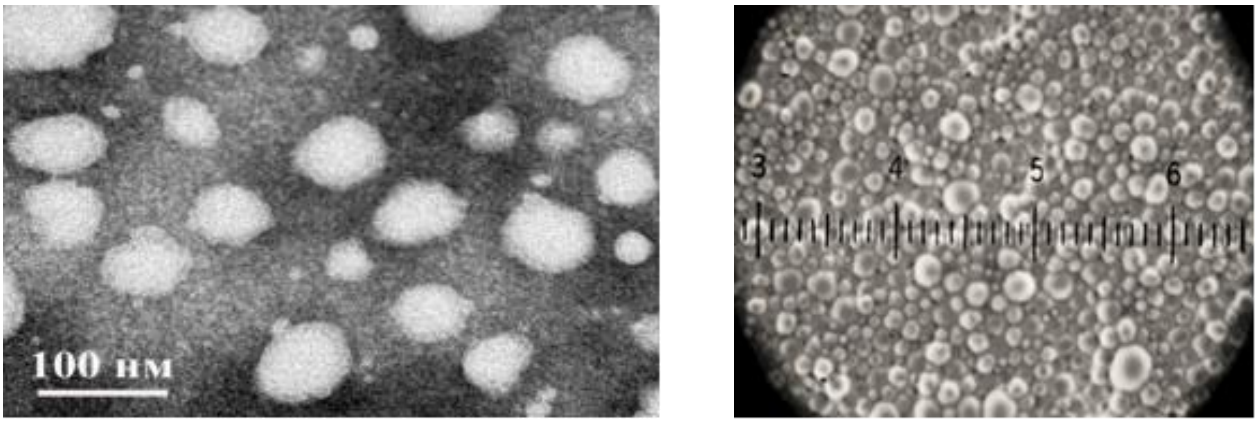
III этап. Приготовили водный раствор, включающий хлорид натрия в качестве антиагрегатора частиц и один из эмульгаторов (см. таблицу 26). Дозировки выбирали экспериментальным путем, варьируя массу NaCl в соответствии с данными научных источников, эмульгатора – в соответствии с рекомендациями производителя и требованиями ТР ТС 029.

Для приготовления суспензии с заранее заданными свойствами очень важен процесс подачи внутренней фазы с необходимой регулировкой скорости потока, чтобы предотвратить процесс агрегатирования и образование множественных центров зародышеобразования и слипания образующихся микрочастиц бетулина.

Для этой цели был использован проточный микрореактор марки Mr-Lab-VS (Германия) из боросиликатного стекла, внутренний объем – 1 мл; диаметр каналов с системой подачи 0,1–20 мл/мин – 1 мм; размеры микрореактора 115 × 60 × 6 мм (± 0,5 мм) с подачей одного реагента.

Раствор бетулина медленно (со скоростью подачи 0,1 мл/мин) вводили в раствор внешней фазы, нагретый до 70 °С, при одновременном интенсивном перемешивании диспергатором ИКА (скорость оборотов – от 8 до 24 тыс. м/с, линейная скорость – до 20 м/с, сдвиговые нагрузки – 60 000 1/м).

Суспензию бетулина микроскопировали (рисунок 10).



а *б*

Рисунок 10 – Фотографии наносуспензии бетулина с увеличением ×2000 (*а*) и ×1000 (*б*) (микроскоп оптический поляризационный «Полар 3»)

Из рисунка 10 видно, что получена однородная гетерогенная аморфно-структурная суспензия размером частиц от 0,05 до 0,1 мкм (50–100 нм). Таким образом, поскольку полученные частицы бетулина имеют размеры во всех трех измерениях от 1 до 100 нм, данную суспензию можно назвать наносуспензией [97].

В результате апробации предложенной технологии получения наносуспензии с целью обеспечения оптимального комплекса свойств и подбора доступных и бюджетных компонентов предложен следующий состав вариантов наносуспензии бетулина для дальнейших исследований (таблица 31).

Таблица 31 – Состав наносуспензии, %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*

4.5.2 Установление регламентируемых показателей качества наносуспензии бетулина

Далее исследовали стабильность и возможные сроки хранения наносуспензий бетулина. Суспензии, упакованные в стеклянные флаконы из светозащитного материала коричневого цвета с герметично завинчивающимися крышками объемом 100 см³ (по 4 флакона каждого вида суспензии), помещали в климатическую камеру постоянных условий «Binder KBF 240» (Binder, Германия) и выдерживали при температуре 55 °С в течение 720 ч. В таблице 32 приведена динамика содержания бетулина в образцах исследования.

Таблица 32 – Влияние содержания концентрации бетулина в образцах наносуспензий с различными эмульгаторами на временную, температурную и коллоидную стабильность

Объект испытаний	Время выдержки при 55 °С, ч	Результаты параллельных определений массовой концентрации бетулина, г/дм³			Итоговый результат, г/дм³	Расслоение эмульсии по ГОСТ 29188.3-91 (да/нет)
		1	2	3		
Наносуспензия бетулина + сорбитан моностеарат (образец 1)						
Контроль	0	4,06	4,13	4,18	4,12 ± 0,11	Нет
Флакон 1	180	4,05	4,08	4,04	4,06 ± 0,04	Нет
Флакон 2	360	4,04	4,05	4,11	4,07 ± 0,07	Нет
Флакон 3	540	4,05	4,16	4,07	4,09 ± 0,11	Нет
Флакон 4	720	4,17	4,13	4,22	4,17 ± 0,08	Присутствует небольшое расслоение
Наносуспензия бетулина + стероил-2-лактилат кальция (образец 2)						
Контроль	0	4,06	4,11	4,18	4,11 ± 0,11	Нет
Флакон 1	180	4,05	4,06	4,08	4,06 ± 0,04	Нет
Флакон 2	360	4,06	4,05	4,10	4,07 ± 0,07	Нет
Флакон 3	540	4,07	4,14	4,07	4,09 ± 0,11	Нет
Флакон 4	720	4,16	4,13	4,20	4,17 ± 0,08	Нет
Наносуспензия бетулина + эфиры полиглицеридов жирных кислот (образец 3)						
Контроль	0	4,06	4,11	4,18	4,12 ± 0,11	Нет
Флакон 1	180	4,05	4,08	4,04	4,06 ± 0,04	Нет
Флакон 2	360	4,07	4,05	4,11	4,07 ± 0,07	Нет
Флакон 3	540	4,05	4,16	4,10	4,08 ± 0,11	Нет
Флакон 4	720	4,17	4,13	4,22	4,16 ± 0,08	Нет

Продолжение таблицы 32

Объект испытаний	Время выдержки при 55 °С, ч	Результаты параллельных определений массовой концентрации бетулина, г/дм³			Итоговый результат, г/дм³	Расслоение эмульсии по ГОСТ 29188.3-91 (да/нет)
		1	2	3		
Наносуспензия бетулина + лецитин (образец 4)						
Контроль	0	4,06	4,13	4,18	4,12 ± 0,11	Нет
Флакон 1	180	4,05	4,08	4,04	4,06 ± 0,04	Нет
Флакон 2	360	4,04	4,05	4,11	4,07 ± 0,07	Нет
Флакон 3	540	4,05	4,16	4,07	4,09 ± 0,11	Нет
Флакон 4	720	4,17	4,13	4,22	4,17 ± 0,08	Нет

Наносуспензии с эмульгатором сорбитаном моностеаратом (вариант 1) в процессе хранении обладали меньшей степенью устойчивости.

Согласно проведенным испытаниям, полученные наносуспензии бетулина (образцы с эмульгаторами 2, 3, 4), расфасованные в стеклянные флаконы из светозащитного материала коричневого цвета с герметично завинчивающимися крышками, могут храниться при температуре не ниже 0 °С и не выше 20 °С в течение двух лет (24 мес.).

Сравнение результатов анализа, полученных при определении массовой концентрации бетулина перед проведением испытаний стабильности эмульсии, во время испытаний и после их окончания проводили путем проверки статистической значимости их разницы. Проведенные с помощью *F*-критерия расчеты показали отсутствие статистически значимых различий между дисперсиями серий анализов, поскольку численные значения их отношений не превышают значение *F*-критерия для заданной вероятности 95 % и степеней свободы ($F_{95,2,2}$ = 19,2). Сравнение средних значений результатов анализа суспензии при проведении испытаний и перед ними с помощью критерия Стьюдента ($t_{95,4}$ = 2,78) (таблица 33) показало отсутствие статистически значимой разницы между полученными результатами.

Таблица 33 – Дисперсии и критерий Стьюдента для образца наносуспензии бетулина перед, во время испытаний и после их окончания

Объект испытаний	Дисперсия s^2	Критерий Стьюдента t (сравнение результатов анализа суспензии при испытаниях по отношению к результату до испытаний)
Контроль	0,0036	–
Флакон 1	0,0004	1,64
Флакон 2	0,0014	1,22
Флакон 3	0,0034	0,62
Флакон 4	0,0020	1,16

Регламентируемые показатели качества наносуспензий бетулина приведены в таблицах 34, 35.

Таблица 34 – Регламентируемые органолептические показатели наносуспензии бетулина

Показатель	Значение
Внешний вид	Густая жидкость, не содержащая примесей
Цвет	Белый с сероватым оттенком
Запах	Без запаха
Прозрачность	Непрозрачная

Таблица 35 – Регламентируемые физико-химические показатели наносуспензии бетулина

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

Полученные суспензии представляют собой непрозрачную густую жидкость белого цвета.

На основании полученных данных принято решение о целесообразности продолжения изучения влияния наносуспензии бетулина с эмульгаторами (стеароил-2-лактилат кальция, эфиры полиглицерола жирных кислот, лецитин) на структурно-механические свойства хлеба.

4.5.3 Исследование влияния эмульгаторов в составе наносуспензии бетулина на качество хлеба из пшеничной муки

Объектами исследования служили образцы теста и хлеба из пшеничной муки высшего сорта, с добавлением наносуспензии бетулина в количестве от 0,5 до 2,5 % к массе муки, что соответствует 0,025–0,125 г бетулина на 1 кг ХПМ. Контрольным служил образец хлеба без добавления наносуспензии бетулина.

Опытные варианты:

– образец 1: наносуспензия бетулина + стеароил-2-лактилат кальция;

– образец 2: наносуспензия бетулина + эфиры полиглицеридов жирных кислот;

– образец 3: наносуспензия бетулина + лецитин;

Для исследований готовили тесто безопарным способом по ГОСТ 27669-88 «Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба» [43].

Тесто замешивали вручную. Воду вливали двумя порциями: сначала одну часть воды с разведенными в ней прессованными пекарскими дрожжами, затем оставшуюся часть воды с растворенной поваренной солью и наносуспензией бетулина; далее вносили просеянную муку пшеничную в два приема. Продолжительность замеса теста составляла 7 мин. Начальная температура теста – 28 °С, конечная температура теста – 29 °С. Брожение теста осуществляли при температуре 35 °С и относительной влажности воздуха 75 %. Основные показатели теста в процессе брожения представлены в таблице 36.

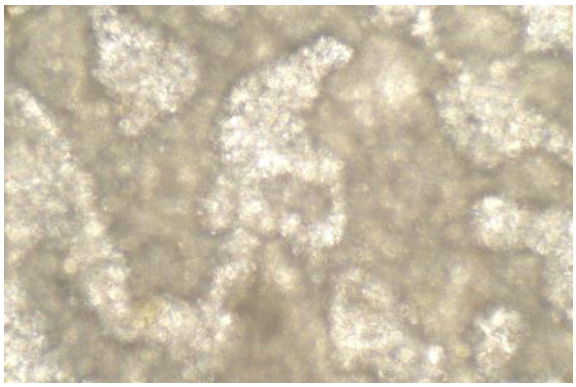
Из таблицы 36 следует, что оптимальными характеристиками обладает образец 3 с содержанием наносуспензии бетулина 2 % к массе муки.

Таблица 36 – Показатели качества образцов теста с наносуспензией бетулина в процессе брожения

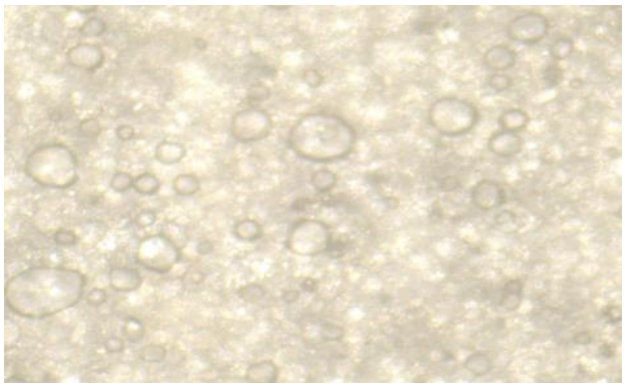
Опытные варианты, % содержания наносуспензии бетулина	Показатели						
	Влажность, %	Объем теста при брожении, см³				Конечная кислотность теста, град	Время расстойки тестовой заготовки, мин
		в начале брожения	через 30 мин	через 60 мин	через 90 мин		
Образец 1 (наносуспензия бетулина + стеароил-2-лактилат кальция)							
0 (контроль)	42,0 ± 0,5	130 ± 10	200 ± 10	277 ± 10	324 ± 10	2,8 ± 0,2	50 ± 5
0,5	42,5 ± 0,5	130 ± 10	203 ± 10	254 ± 10	330 ± 10	3,0 ± 0,2	45 ± 5
1,0	42,5 ± 0,5	130 ± 10	220 ± 10	310 ± 10	340 ± 10	3,2 ± 0,2	45 ± 5
1,5	42,5 ± 0,5	130 ± 10	215 ± 10	310 ± 10	340 ± 15	3,4 ± 0,2	45 ± 5
2,0	42,6 ± 0,5	130 ± 10	220 ± 10	320 ± 10	350 ± 15	3,4 ± 0,2	40 ± 5
2,5	42,6 ± 0,5	130 ± 10	223 ± 10	300 ± 10	350 ± 15	3,4 ± 0,2	40 ± 5
Образец 2 (наносуспензия бетулина + эфиры полиглицеридов жирных кислот)							
0 (контроль)	42,0 ± 0,5	130 ± 10	210 ± 10	277 ± 10	324 ± 10	2,8 ± 0,2	50 ± 5
0,5	42,4 ± 0,5	130 ± 10	218 ± 10	258 ± 10	324 ± 10	3,0 ± 0,2	45 ± 5
1,0	43,0 ± 0,5	130 ± 10	220 ± 10	315 ± 10	340 ± 10	3,2 ± 0,2	45 ± 5
1,5	42,6 ± 0,5	130 ± 10	215 ± 10	310 ± 10	340 ± 15	3,2 ± 0,2	43 ± 5
2,0	42,8 ± 0,5	130 ± 10	220 ± 10	320 ± 10	350 ± 15	3,2 ± 0,2	40 ± 5
2,5	43,0 ± 0,5	130 ± 10	225 ± 10	310 ± 10	330 ± 15	3,4 ± 0,2	40 ± 5
Образец 3 (наносуспензия бетулина + лецитин)							
0 (контроль)	42,0 ± 0,5	130 ± 10	200 ± 10	277 ± 10	324 ± 10	2,8 ± 0,2	50 ± 5
0,5	42,5 ± 0,5	130 ± 10	205 ± 10	254 ± 10	330 ± 10	3,0 ± 0,2	45 ± 5
1,0	42,5 ± 0,5	130 ± 10	217 ± 10	310 ± 10	340 ± 10	3,2 ± 0,2	40 ± 5
1,5	42,5 ± 0,5	130 ± 10	220 ± 10	310 ± 10	340 ± 15	3,2 ± 0,2	40 ± 5
2,0	42,6 ± 0,5	130 ± 10	220 ± 10	320 ± 10	350 ± 15	3,2 ± 0,2	40 ± 5
2,5	42,6 ± 0,5	130 ± 10	225 ± 10	325 ± 10	340 ± 15	3,4 ± 0,2	40 ± 5

Тесто с добавлением наносуспензии бетулина (образцы 1 и 3) при замесе более пластичное и эластичное, с хорошо развитой клейковиной (визуальный анализ). После 30 и 60 мин брожения объем теста контрольного и опытных образцов заметно увеличился. Микроструктуру теста оценивали на микроскопе оптическом поляризационном «Полар 3» с увеличением ×1000 (рисунок 11).

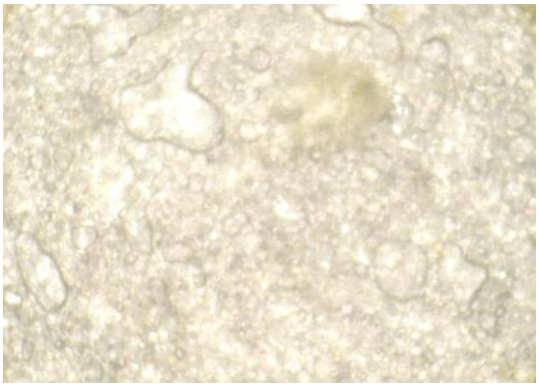
На рисунках отчетливо видно, что белковая матрица развитая, наиболее равномерно распределены зерна крахмала, пузырьки воздуха в опытном образце с лецитином (образец 3). Равномерное распределение фракционного состава приводит к улучшению реологических свойств теста и качества хлеба.



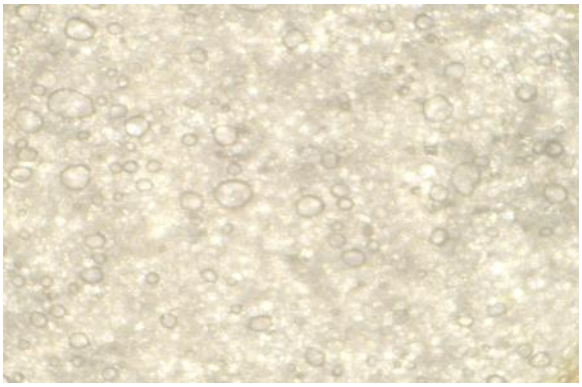
Контроль



Наноэмульсия бетулина + стеароил-2-лактилат кальция (образец 1)



Наноэмульсия бетулина + эфиры полиглицеридов жирных кислот (образец 2)



Наноэмульсия бетулина + лецитин (образец 3)

Рисунок 11 – Микроструктура теста с наносуспензией бетулина (варианты)

В таблице 37 приведены реологические, физико-химические и органолептические показатели лучших образцов ХПМ с наносуспензией бетулина.

Таблица 37 – Результаты исследований образцов ХПМ с наносуспензией бетулина, n = 3

Показатель	Опытные образцы хлеба			
	Контроль	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Физико-химические показатели				
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

Продолжение таблицы 37

Показатель	Опытные образцы хлеба			
	Контроль	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Реологические показатели				
Структурно-механические свойства мякиша: – $\Delta h_{общ}$ – $\Delta h_{пласт}$ – $\Delta h_{упр}$	 17,2 ± 1,5 12,2 ± 0,1 5,0 ± 0,2	 18,6 ± 1,8 12,8 ± 0,5 5,8 ± 0,5	 19,8 ± 2,0 13,6 ± 0,6 6,2 ± 0,22	 21,4 ± 1,7 14,2 ± 0,2 7,2 ± 0,4
Органолептические показатели				
Внешний вид: – форма – поверхность – цвет	 Соответствующая хлебной форме. Прямоугольная, правильная Гладкая, без трещин и подрывов Светло-коричневый, равномерный			
Состояние мякиша, пропеченность	Пропеченный			
Промес	Без следов непромеса			
Пористость	Достаточно развитая и равномерная, поры мелкие и средние, тонкостенные	Достаточно развитая и равномерная, поры мелкие и средние, тонкостенные	Хорошо развитая, равномерная, поры мелкие и тонкостенные	Хорошо развитая, равномерная, поры мелкие и тонкостенные
Вкус	Выраженный, характерный для пшеничного хлеба			
Запах	Выраженный, характерный для пшеничного хлеба			

Для оценки степени различия/идентичности образцов между собой использовали следующие методы дегустационного анализа: парный, триангулярный и метод «А-не-А».

Оценка органолептических показателей качества после выпечки проводилась по 5-балльной шкале (таблица 38).

Выявлено, что внесение суспензии бетулина 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. Поскольку дрожжи при брожении теста являются определяющим фактором, выдвинута гипотеза что бетулин влияет на их активность, стимулируя таким образом, выделение CO_2.

Таблица 38 – Результаты дегустационной оценки образцов исследования, балл

Показатель	Опытные образцы хлеба			
	Контроль	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Органолептические показатели				
Внешний вид: – форма – поверхность – цвет	4,6 ± 0,2	4,8 ± 0,2	4,6 ± 0,2	4,8 ± 0,2
Состояние мякиша: – пропеченность – промес – пористость	4,0 ± 0,2	4,85 ± 0,2	3,62 ± 0,2	4,40 ± 0,2
Вкус	4,6 ± 0,2	4,8 ± 0,2	4,6 ± 0,2	4,8 ± 0,2
Запах	4,6 ± 0,2	4,8 ± 0,2	4,6 ± 0,2	4,8 ± 0,2
Итого (средний балл)	*4,45 ± 0,2*	*4,8 ± 0,2*	*4,35 ± 0,2*	*4,7 ± 0,2*

Установлен положительный эффект от применения суспензии бетулина по всем показателям: выявлено увеличение прочностных характеристик разрыхляемости теста и объема изделий, положительное изменение реологических свойств мякиша, формирование более тонкостенной и мелкопористой структуры образцов ХПМ (рисунок 12).

Контроль | Наноэмульсия бетулина + стеароил-2-лактилат кальция (образец 1) | Наноэмульсия бетулина + эфиры полиглицеридов жирных кислот (образец 2) | Наноэмульсия бетулина + лецитин (образец 3)

Рисунок 12 – Пробные выпечки ХПМ

По данным исследований можно сделать вывод, что оптимальными характеристиками обладал образец хлеба с использованием наносуспензии бетулина с лецитином в качестве эмульгатора (образец 3).

4.5.4 Исследование динамики показателей качества при хранении хлеба из пшеничной муки с наносуспензией бетулина

Опытные образцы ХПМ с тремя вариантами наносуспензии бетулина (образец 1 со стеароил-2-лактилатом кальция; образец 2 с эфирами полиглицеридов жирных кислот; образец 3 с лецитином) закладывали на хранение и оценивали качество хлеба по органолептическим и физико-химическим показателям. Срок хранения в 10 дней устанавливали по МУК 4.2.1847-04 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов» с коэффициентом запаса 1,3.

Образцы хлеба хранили в полиэтиленовой упаковке при температуре 2(2 ± 2) °С, фиксируя изменения показателей качества.

Оценку свежести изделий проводили по балльной шкале с учетом $К_в$ (п. 2.3 диссертации). При оценке общие баллы распределяются по категориям следующим образом: «очень свежий» – от 80,0 до 100,0; «свежий» – от 60,0 до 79,9; «умеренно черствый» – от 40,0 до 59,9; «черствый» – от 20,0 до 39,9; «очень черствый» – ниже 19,9 балла. Степень зараженности картофельной болезни определяли – по разработанной описательной балльной шкале.

В результате исследований сжимаемости мякиша образцов установлено, что через 7 сут в опытных образцах сжимаемость мякиша уменьшилась на 55,0; 43,7; 37,6 % соответственно, тогда как у контрольного образца – на 73 %. Данные исследований представлены в таблице 39 и рисунке 13.

Таблица 39 – Изменение физико-химических и органолептических показателей образцов исследования в процессе хранения

Показатель	Контроль				Образец 1			
	2	5	7	10	2	5	7	10
Общая деформация мякиша, ед.	13,26 ± 1,2	7,43 ± 1,2	–	–	14,80 ± 1,2	9,3 ± 1,26	7,6 ± 1,20	4,5 ± 1,20
Гидрофильные свойства мякиша, см³	25,2 ± 0,2	23,6 ± 0,2	–	–	29,0 ± 0,20	28,2 ± 0,2	27,0 ± 0,2	26,2 ± 0,2
Крошковатость, %	2,2 ± 0,2	3,8 ± 0,2	–	–	2,0 ± 0,2	3,2 ± 0,2	5,0 ± 0,2	7,2 ± 0,2
Сжимаемость мякиша, %	16,66 ± 0,5	10,0 ± 0,5	–	–	22,5 ± 0,5	18,0 ± 0,5	16,0 ± 0,5	10,8 ± 0,5
Бисульфитсвязывающие соединения, мг-экв/100 г СВ	2,5 ± 0,2	2,0 ± 0,2	–	–	3,3 ± 0,2	2,6 ± 0,2	2,0 ± 0,2	1,68 ± 0,2
Влажность мякиша, %	41,4 ± 0,5	42,0 ± 0,5	–	–	41,0 ± 0,5	42,0 ± 0,5	42,4 ± 0,5	43,0 ± 0,5
Усушка, %	2,9 ± 0,2	4,1 ± 0,2	–	–	2,6 ± 0,2	3,8 ± 0,2	4,2 ± 0,2	5,0 ± 0,2
Вкус	4,0	3,5	1,0	–	5,0	4,8	4,5	4,0
Запах	4,0	3,0	1,0	–	4,8	4,5	4,0	3,8
Показатель	Образец 2				Образец 3			
	2	5	7	10	2	5	7	10
Общая деформация мякиша, ед.	13,60 ± 1,2	9,00 ± 1,2	7,0 ± 1,20	4,00 ± 1,2	15,20 ± 1,2	10,20 ± 1,2	8,60 ± 1,2	4,70 ± 1,2
Гидрофильные свойства мякиша, см³	28,2 ± 0,2	26,0 ± 0,2	23,8 ± 0,2	25,0 ± 0,2	30,0 ± 0,2	28,2 ± 0,2	28,0 ± 0,2	7,2 ± 0,2
Крошковатость, %	2,0 ± 0,2	3,4 ± 0,2	5,0 ± 0,28	8,0 ± 0,20	2,0 ± 0,2	3,2 ± 0,2	4,6 ± 0,2	6,0 ± 0,2
Сжимаемость мякиша, %	22,0 ± 0,5	17,0 ± 0,5	12,0 ± 0,5	8,4 ± 0,5	25,0 ± 0,5	19,6 ± 0,5	16,0 ± 0,5	12,0 ± 0,5
Бисульфитсвязывающие соединения, мг-экв/100 г СВ	2,8 ± 0,2	2,4 ± 0,2	2,0 ± 0,2	1,4 ± 0,2	3,6 ± 0,2	2,8 ± 0,2	2,4 ± 0,2	1,9 ± 0,2
Влажность мякиша, %	43,8 ± 0,5	43,6 ± 0,5	41,8 ± 0,5	42,0 ± 0,5	42,6 ± 0,5	43,0 ± 0,5	43,6 ± 0,5	41,2 ± 0,5
Усушка, %	2,6 ± 0,2	3,6 ± 0,2	4,0 ± 0,2	5,0 ± 0,2	2,2 ± 0,2	3,0 ± 0,2	3,8 ± 0,2	4,8 ± 0,2
Вкус	5,0	4,6	4,0	3,0	5,0	5,0	4,4	4,0
Запах	4,8	4,5	4,0	3,8	5,0	4,5	4,2	4,0

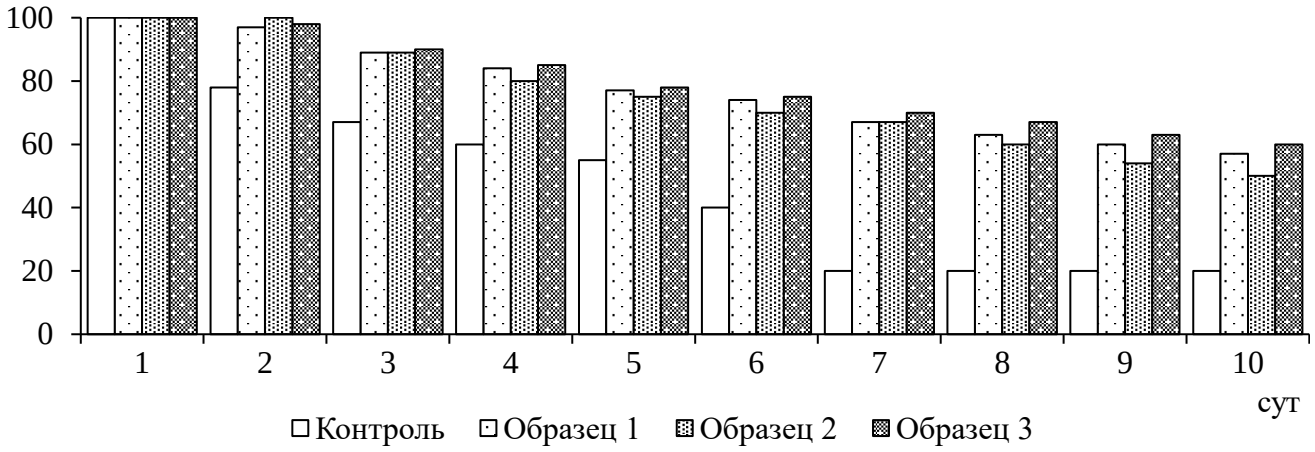


Рисунок 13 – Свежесть исследуемых образцов в процессе хранения в сравнении с контрольным образцом, балл

Свежесть хлеба определяется такими показателями качества, как крошковатость, гидрофильность мякиша, величина усушки, изменение влажности мякиша, количества ароматообразующих соединений.

Органолептическая оценка качества хлеба показала, что при добавлении наносуспензии бетулина улучшается пористость мякиша, он становится более развитым, равномерным, нежным и эластичным, сохраняет свежесть в течение 7 сут, по сравнению с контрольным (2 сут), признаки черствения проявляются на четвертые сутки хранения.

Как видно из таблицы 39, при хранении увеличивается крошковатость мякиша; на пятые сутки хранения в контрольном образце она составила 3,8 %, в образцах с наносуспензией бетулина такая величина крошковатости наблюдалась только на седьмые сутки хранения. Величина усушки в образцах с наносуспензией бетулина была значительно ниже, чем в контрольном образце.

По результатам исследования можно предположить, что внесение бетулина, обладающего эмульгирующими свойствами [97], усиленного внесением эмульгаторов, составляет с амилозной фракцией крахмала комплекс, включающий молекулу эмульгатора. По гипотезе автора, амилозная фракция образует гелевую фазу между гранулами крахмала. Это приводит к получению более мягкого мякиша выпеченного хлеба. Образование комплексов между моноглицеридами и амилозой крахмала

оказывает большое влияние при хранении. При образовании комплексов уменьшается гибкость молекул амилозы и, следовательно, уменьшается скорость ее ретроградации, а значит, и крахмала. Это явление связано с увеличением сжимаемости мякиша хлеба и задержкой его черствения.

Для оценки влияния наносуспензии бетулина на процесс развития картофельной болезни во время хранения образцы хлеба готовили согласно методике, приведенной в п. 2.3. Результаты анализа приведены в таблице 40.

Таблица 40 – Влияние наносуспензии бетулина на процесс развития картофельной болезни во время хранения

Образцы хлеба	Характеристика хлеба после хранения в термостате при t = 37 °С			
	24 ч	48 ч	72 ч	120 ч
Контроль	Степень зараженности отсутствует	Степень зараженности низкая	Степень зараженности высокая	–
Баллы	5,0	4,0	2,0	–
Образец 1	Степень зараженности отсутствует			Степень зараженности низкая
Баллы	5,0	5,0	5,0	4,0
Образец 2	Степень зараженности отсутствует			Степень зараженности низкая
Баллы	5,0	5,0	5,0	4,0
Образец 3	Степень зараженности отсутствует			Степень зараженности низкая
Баллы	5,0	5,0	5,0	4,0

4.5.5 Разработка рецептуры хлеба длительного хранения «Хлебушко» и его товароведная оценка

Во всех опытных образцах с суспензией бетулина сохраняется стабильная устойчивость к заболеванию картофельной болезни хлеба в провокационных условиях в течение 72 ч. В контрольных образцах хлеба признаки заболевания картофельной болезни хлеба начали проявляться через 48 ч.

Наилучшими показателями при хранении обладал образец 3 (ХПМ с наносуспензией бетулина и лецитином). Таким образом внесение наносуспензии бетулина эффективно для подавления картофельной болезни хлеба. По результатам анализа динамики хранения ХПМ с наносуспензией бетулина (образец 3 с лецитином) разработана НД для ХПМ под ТМ «Хлебушко», определен срок хранения 7 сут, регламентируемые показатели качества приведены в таблице 41.

Таблица 41 – Регламентируемые показатели хлеба длительного хранения из пшеничной муки «Хлебушко»

Показатель	Характеристика
Органолептические показатели	
Внешний вид: – форма – поверхность – цвет	 Соответствующая хлебной форме, в которой производилась выпечка, с несколько выпуклой верхней коркой, без боковых выплывов Гладкая, без трещин и подрывов От светло-желтого до темно-коричневого
Состояние мякиша, пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь. Эластичный, после легкого надавливания пальцами принимает первоначальную форму
Промес	Без комочков и следов непромеса
Пористость	Развитая, без пустот и уплотнений
Вкус	Выраженный, характерный для пшеничного хлеба, без постороннего привкуса
Запах	Выраженный, характерный для пшеничного хлеба, без постороннего запаха
Физико-химические показатели	
Влажность мякиша, %, не более	43,0
Кислотность, град, не более	3,0
Пористость мякиша, %, не менее	60,0

На данный вид хлеба разработаны ТУ 10.72.19-02069214-009-2019 «Хлеб длительного хранения „Хлебушко“ из пшеничной муки первого сорта», ТИ 10.72.19-02069214-009-2019 «Хлеб длительного хранения „Хлебушко“ из пшеничной муки первого сорта» (приложения Г и Д). Способ повышения срока годности с применением наносуспензии бетулина апробирован на предприятии пищевой промышленности ООО «Багет» и используется на производстве (акт внедрения в приложении Ж). Поскольку в процессе длительного хранения ХПМ происходит

значительное черствение хлеба, которое влияет на потребительские характеристики ХПМ, далее проводили исследование влияния амилозы крахмала муки на процесс черствения хлеба.

4.6 Изучение влияния амилозы пшеничной муки на процесс черствения хлеба в процессе его хранения

В настоящее время на территории России действует ГОСТ Р 56631-2015 «Изделия хлебобулочные из пшеничной хлебопекарной муки. Общие технические условия» [56], в соответствии с которым хлебобулочные изделия из пшеничной муки длительного хранения – это изделия со сроком годности 5 сут и более. Однако без внесения добавок различного принципа действия, без применения специальных упаковочных материалов добиться продолжительных сроков хранения достаточно сложно.

При хранении хлебобулочных изделий ухудшаются их потребительские свойства: снижается сжимаемость и эластичность мякиша, возрастает его крошливость, вкус и аромат становятся менее выраженными. Однако эти изменения являются не причиной, а следствием процессов, протекающих при хранении хлеба, главным образом происходящих в углеводах и белках.

В результате происходящих при выпечке коллоидных процессов готовые изделия имеют пористую структуру, мягкий упругий мякиш. При хранении мякиш становится более жестким, черствым, иногда крошливым. Процесс, направленный в обратную сторону, называемый освежением хлеба, восстанавливает упругость и мягкость хлебного мякиша, связи между крахмалом, белками и водой должны быть ослабленными.

В процессе выпечки хлеба происходит частичная клейстеризация крахмала, при этом он поглощает воду, выделяемую коагулируемыми белковыми веществами, и переходит из кристаллического в аморфное состояние [11; 14; 16; 142]. Во время

хранения в мякише выпеченного хлеба крахмал ретроградирует, т. е. происходит частичный обратный переход крахмала в кристаллическое состояние, приближающееся к тому, в котором крахмал был в тесте до выпечки. Структура крахмала при этом уплотняется, уменьшается его растворимость и происходит частичное выделение влаги, поглощенной при клейстеризации.

Как отмечалось ранее, крахмальные гранулы состоят из двух типов молекул: амилозы (от 20 до 25 %) и амилопектина (от 75 до 80 %). Набухание крахмала сопровождается гидратацией макромолекул амилозы и амилопектина, ослаблением и разрушением водородных связей между ними. Амилоза образует в горячей воде гидратированные мицеллы, но со временем ретроградирует в виде труднорастворимого геля [196; 238]. Ретроградация амилозы протекает в несколько стадий: вначале произвольно скрученные спирали амилозных цепей вытягиваются, после чего теряют гидратную оболочку и располагаются одна за другой. Между гидроксильными группами, расположенными на близком расстоянии, возникают водородные связи. Таким образом, связывание большого числа молекул приводит к образованию видимых хлопьев. Амилопектин ретроградирует медленнее и в меньшей степени, чем амилоза [227; 231; 237]. Повышение температуры сдерживает процесс ретроградации. Концентрация амилозы способствует усилению данного процесса: чем выше вязкость, тем сильнее ретроградация [92].

Использование в рецептурах хлебобулочных изделий waxy-сортов пшеничной муки выступает одним из эффективных способов улучшения качества хлеба и хлебобулочных изделий, а также замедления процесса черствения. В пшенице waxy в силу генетических особенностей полностью блокирован синтез гранулосвязывающей крахмалсинтазы и амилозы, поэтому крахмал состоит только из амилопектина. Установлено, что в смесях муки пшеничной хлебопекарной и муки из пшеницы waxy водопоглощение напрямую зависит от содержания последней (чем выше доля внесенной муки из пшеницы waxy, тем выше водопоглощение), что увеличивает весовой выход и объем испеченного хлеба [136; 227].

Как отмечалось в главе 1, мука из waxy-сорта пшеницы в чистом виде непригодна для выпечки хлебобулочных изделий, так как получаемый из нее хлеб имеет

низкий удельный объем, липкую структуру мякиша, что обусловлено низкими значениями числа падения (индекса Хакберга): если у waxy-пшеницы этот показатель колеблется в пределах от 67 до 80 с, то у мягких сортов пшеницы – от 350 до 400 с [136; 227].

В сравнении с мукой пшеничной хлебопекарной мука из пшеницы waxy примерно на 2 % меньше белка (12,9 и 10,9 % соответственно), почти равное количество липидов (0,8 и 0,9 %) и почти одинаковый витаминно-минеральный состав. В муке из пшеницы waxy низкое содержание амилозы – от 1,2 до 1,4 [189].

Возможна частичная замена муки пшеничной хлебопекарной с достаточным количеством клейковины (не менее 30 %) на муку из waxy-сортов пшеницы. С учетом сложившихся экономических условий использование муки с низким содержанием амилозы при достаточном содержании клейковинного белка для производства хлебобулочных изделий длительного хранения является перспективным и актуальным.

В ходе разработки рецептуры ХПМ длительного хранения были проведены следующие исследования:

– моделирование рецептур хлебобулочных изделий из пшеничной муки с различным содержанием амилозы;

– установление сроков годности разработанного хлебобулочного изделия, с учетом соблюдения традиционных потребительских характеристик.

4.6.1 Изучение влияния амилозы пшеничной муки на процесс черствения хлеба в процессе его хранения

Для моделирования рецептуры ХПМ длительного хранения составляли смесь из муки пшеничной хлебопекарной первого сорта и муки из пшеницы waxy-сорта Penawawa-X в соотношении: образец 1 – 85:15; образец 2 – 75:25; образец 3 – 60:40,

образец 4 – 50:50, образец 5 – 40:60. Тесто для контрольного образца хлеба замешивали из 100 % пшеничной муки первого сорта.

Для оценки хлебопекарных свойств мучной смеси определяли количество и качество клейковины и газообразующую способность муки. Следует отметить, что разное количество клейковины в муке также оказывает влияние на процесс черствения хлебобулочного изделия, что подтверждается данными литературных источников [11; 12; 13]. Скорость черствения обратно пропорциональна содержанию белка в муке [248]. От содержания белка во многом зависит и удельный объем изделий. Результаты исследований приведены в таблицах 42 и 43.

Таблица 42 – Количество и качество клейковины в опытных образцах муки, p = 0,95

Показатель качества	Контроль	Образец 1 85:15	Образец 2 75:25	Образец 3 60:40	Образец 4 50:50	Образец 5 40:60
Количество клейковины, %	34,8	32,8 ± 0,4	31,0 ± 0,3	28,8 ± 0,4	28,2 ± 0,6	26,8 ± 0,5
Качество клейковины, ед. ИДК	75,0	67 ± 0,6	67 ± 0,7	67 ± 0,9	67 ± 0,7	65 ± 0,4
	1-я группа – хорошая					

Таблица 43 – Газообразующая способность образцов исследования, p = 0,95

Время брожения, мин	Объем выделившегося CO_2, см³					
	Контроль	Образец 1 85:15	Образец 2 75:25	Образец 3 60:40	Образец 4 50:50	Образец 5 40:60
60	665	700	680	685	710	737
120	1 030	1 035	1 040	1 040	1 067	1 098
180	1 142	1 150	1 155	1 153	1 233	1 264
240	1 306	1 320	1 320	1 320	1 349	1 425
300	1 424	1 400	1 385	1 390	1 556	1 532
Итого	*1 424*	*1 400*	*1 385*	*1 390*	*1 556*	*1 532*

Установлено, что по мере увеличения доли муки из пшеницы waxy-сортов в смеси снижается количество отмываемой клейковины. Так, при соотношении 50:50 количество клейковины уменьшилось на 6,6 %. При соотношении 40:60 количество клейковины в смеси муки не соответствует норме существующего стандарта, следовательно, тесто из такой муки не будет обладать оптимальными упруго-прочностными свойствами, хлеб из такой муки будет иметь пониженный объем. Этот

вариант исключен из дальнейших исследований, несмотря на высокие значения газообразующей способности.

По мере увеличения в смеси доли муки из waxy-пшеницы количество выделившегося CO_2 возрастало. Процесс брожения протекал интенсивно за счет большого количества собственных сахаров в муке из waxy-пшеницы, а также модифицированных крахмальных зерен, легко атакуемых амилолитическими ферментами.

Содержание амилозы в контрольном и опытных образцах определяли стандартным фотоколориметрическим методом с использованием градуировочного графика по ГОСТ ISO 6647-1-2015 «Рис. Определение амилозы. Часть 1» [51].

На спектрофотометре (УФ-1200 ТМ «Эковью») измеряли оптическую плотность приготовленных растворов при длине волны 720 нм. Растворы сравнения готовили по методике ГОСТ ISO 6647-1-2015. Обезжиривание образцов муки проводили в экстракционном приборе SER 148 при температуре 170 °С метанолом. По полученным данным был построен градуировочный график (рисунок 14).

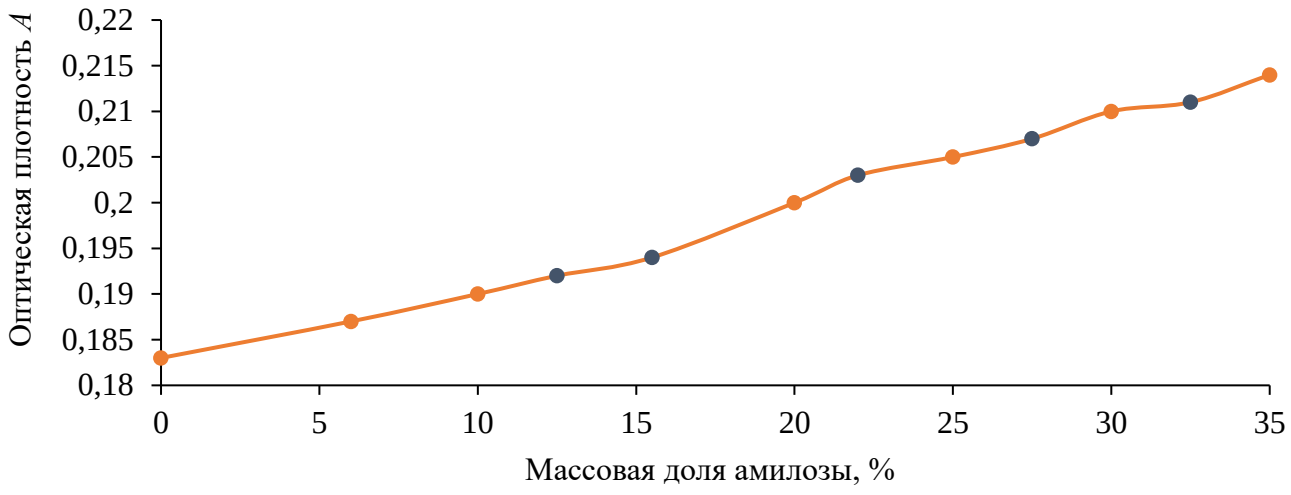


Рисунок 14 – Градуировочный график отношения оптической плотности растворов к массовой доле амилозы в муке

С помощью градуировочного графика определили содержание амилозы в смеси в образцах муки. Полученные данные занесены в таблицу 44.

Таблица 44 – Содержание амилозы в образцах муки (n = 3, p = 0,005)

Показатель	Контроль	Образец 1 85:15	Образец 2 75:25	Образец 3 60:40	Образец 4 50:50
Доля амилозы, %	32,5	27,5	22,0	15,5	12,5

Тесто, замешенное по рецептурам, включавшим муку из waxy-пшеницы с содержанием амилозы от 12,5 до 27,5 %, ставили на брожение. В контрольный образец муку из waxy-пшеницы не вносили. Тесто готовили безопарным способом. Выброженное тесто делили на куски массой 250 г. Расстойку проводили при температуре 35 °С и относительной влажности воздуха 80 % в течение 45 мин. Формы с расстоявшимися тестовыми заготовками помещали в печь и выпекали при температуре 180–210 °С. Органолептические и физико-химические показатели ХПМ представлены в таблице 45.

Таблица 45 – Органолептические и физико-химические показатели качества хлеба в зависимости доли муки из waxy-пшеницы и содержания амилозы

Показатель	Соотношение муки в смеси (содержание амилозы в муке, %)				
	100 (32,5)	85:15 (27,5)	75:25 (22,0)	60:40 (15,5)	50:50 (12,5)
Органолептические показатели					
Внешний вид:					
– форма	Правильная, соответствующая формовому хлебу – прямоугольная		Правильная, соответствующая формовому хлебу – прямоугольная		
– поверхность	Гладкая		Гладкая, глянцевая		
– цвет	Светло-коричневый		Светло-коричневый насыщенный		
Состояние мякиша:					
– пропеченность	Мякиш пропеченный, не влажный на ощупь, эластичный		Мякиш пропеченный, не влажный на ощупь, эластичный, нежный		
– пористость	Хорошо развита, поры средней величины, равномерно распределены по всему объему изделия, без пустот и следов непромеса		Хорошо развита, поры мелкие, тонкостенные, равномерно распределены по всему объему изделия, без пустот и следов непромеса		
Вкус и запах	Приятный запах, свойственный пшеничному хлебу, без постороннего запаха и вкуса		Приятный запах, свойственный пшеничному хлебу, выраженный		

Продолжение таблицы 45

Показатель	Соотношение муки в смеси (содержание амилозы в муке, %)				
	100 (32,5)	85:15 (27,5)	75:25 (22,0)	60:40 (15,5)	50:50 (12,5)
Физико-химические показатели					
Влажность мякиша, %	41,2 ± 0,5	42,0 ± 0,5	42,0 ± 0,5	42,5 ± 0,5	41,0 ± 0,5
Кислотность мякиша, град	2,5 ± 0,04	2,4 ± 0,2	2,5 ± 0,2	2,6 ± 0,2	2,5 ± 0,04
Пористость мякиша, %	72,0 ± 0,2	72,5 ± 0,2	73,0 ± 0,2	74,5 ± 0,2	75,0 ± 0,2
Удельный объем, см³/г	3,30 ± 0,02	3,35 ± 0,2	3,42 ± 0,2	3,60 ± 0,2	4,45 ± 0,02
Формоустойчивость (*H/D*)	0,45 ± 0,002	0,45 ± 0,002	0,46 ± 0,002	0,46 ± 0,002	0,46 ± 0,002

Установлено, что замена в рецептуре ХПМ на безамилозную муку из пшеницы waxy-сортов улучшает потребительские характеристики хлеба. Мякиш хлеба из муки с меньшим содержанием амилозы более разрыхленный, с тонкостенными порами. Вкус и аромат такого хлеба наиболее выражены. Хорошо разрыхленная структура ХПМ обусловлена термическим расширением газообразных продуктов, образовавшихся вследствие интенсификации спиртового брожения в период созревания теста. Этот фактор положительно повлиял на пористость, удельный объем и формоустойчивость ХПМ с меньшим содержанием амилозы в сравнении с контролем: так, пористость увеличилась на 3 %, удельный объем – на 1,15 см³/г.

Данные о влиянии амилозы на общую деформацию мякиша (сжимаемость) пшеничного хлеба в процессе хранения представлены в таблице 46.

Таблица 46 – Общая деформация мякиша пшеничного хлеба в процессе хранения, полученного из муки с различным содержанием амилозы (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

Из таблицы 46 видно, что наименьшей общей деформацией характеризовались изделия, приготовленные из пшеничной муки с низким содержанием амилозы (образец 4). Традиционно хлеб признается черствым при уменьшении деформации мякиша на 40 % и более. Результаты исследования показывают, что даже через 10 сут хранения хлеба общая деформация мякиша не достигла 40 %.

Изменение органолептических показателей качества образца 4 в процессе хранения представлено на рисунке 15.

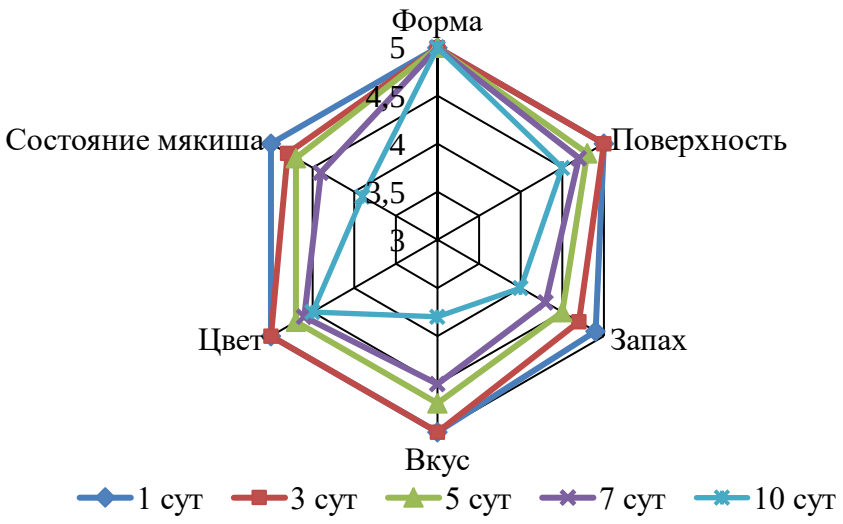


Рисунок 15 – Профилограмма изменения показателей качества в процессе хранения хлеба, выпеченного из муки с низким содержанием амилозы

Из рисунка 15 видно, что в процессе хранения изменяются качественные характеристики изделия. Основные изменения затрагивают такие показатели, как вкус и запах, состояние мякиша. Вкус и запах становятся менее выраженными вследствие снижения содержания карбонильных соединений (альдегидов и кетонов) в целом хлебе, причем особенно интенсивно – в корке хлеба.

Для более подробного изучения влияния количества амилозы в муке на качество хлеба при его хранении было решено изучить гидрофильные свойства мякиша (намокаемость) хлеба, см³. О гидрофильных свойствах судили по объему осадка водной суспензии измельченного хлебного мякиша по модифицированной

методике Катца. Показателем, характеризующим свежесть хлеба, также может служить крошковатость мякиша.

Динамика изменения показателей качества хлеба при хранении в полиэтиленовой упаковке при температуре (22 ± 2) °С представлена в таблице 47.

Таблица 47 – Изменение показателей качества ХПМ при хранении (n = 3, p = 0,5).

Показатель качества	Контрольный образец с содержанием амилозы 32,5 %				Образец с содержанием амилозы 12,5 %			
	2 сут	5 сут	7 сут	10 сут	2 сут	5 сут	7 сут	10 сут
Гидрофильные свойства мякиша, см³	25,2	23,6	22,8	22,0	30,0	28,2	28,0	27,2
Крошковатость, %	4,3	5,4	6,0	6,6	3,0	4,2	4,5	5,0
Влажность мякиша, %	42,0	42,2	43,0	40,6	42,0	42,5	43,0	42,4
Усушка, %	2,0	3,3	4,0	5,0	2,0	2,8	3,4	4,0
КБХ, балл	5	4	3	2	5	5	4	3

Черствение изделий сопровождалось изменением набухаемости, что характеризовало изменение его гидрофильных свойств. В процессе хранения снижалась способность хлеба к набуханию и поглощению воды, т. е. уменьшалось содержание связанной воды.

4.6.2 Оценка влияния содержания амилозы на развитие картофельной болезни хлеба из пшеничной муки во время хранения

Для оценки влияния содержания амилозы на процесс развития КБХ во время хранения образцы хлеба готовили согласно методике, представленной в п. 2.2 исследования. Результаты анализа приведены в таблице 48.

Установлено (таблицы 47 и 48), что снижение содержания амилозы муки не является эффективным способом для ингибирования КБХ. По результатам анализа динамики хранения ХПМ с пониженным содержанием амилозы (12,5 %) определен срок хранения ХПМ в 5 сут.

Таблица 48 – Характеристика образцов ХПМ с различным содержанием амилозы, инкубированного в термостате, n = 3

Образцы хлеба	Характеристика хлеба, после хранения в термостате при t = 37 °С			
	24 ч	48 ч	72 ч	120 ч
Контроль (32,5 % амилозы)	Степень зараженности отсутствует	Степень зараженности низкая	Степень зараженности средняя	Степень зараженности высокая
Баллы	5	4	3	1
Вариант 4 (12,5 % амилозы)	Степень зараженности отсутствует	Степень зараженности отсутствует	Степень зараженности низкая	Степень зараженности средняя
Баллы	5	5	4	3

Можно предположить, что вероятность возникновения КБХ для ХПМ с пониженным содержанием амилозы меньше по сравнению с контролем, так как мука из пшеницы waxy-сортов имеет низкую степень зараженности – менее $2 \cdot 10^2$ *Bac. subtilis* КОЕ/см³.

Определено, что содержание амилозы в различных образцах пшеничной муки, которое позволило сделать вывод о том, что ее содержание в значительной степени влияет на сохранение свежести изделий. Снижение содержания амилозы до 12,5 % в муке для изготовления ХПМ позволяет сохранить его потребительские свойства до 10 сут. Использование рецептур ХПМ с включением доли муки с низким содержанием амилозы может быть одним из технологических решений для производства хлебобулочных изделий длительного хранения.

4.7 Сравнительная оценка предложенных способов увеличения срока годности хлеба из муки пшеничной

Далее в соответствии с задачами исследования была проанализирована целесообразность применения разработанных методов по заданным критериям. В качестве критериев оценки экспертным методом были выбраны потребительские

характеристики (органолептические, физико-химические, безопасности), эффективность ингибирования КБХ, срок годности после применения разработанного способа, увеличение себестоимости ХПМ. Для оценки каждого из показателей была разработана балльная шкала, которая приведена в таблице 49.

Таблица 49 – Балльная шкала сравнительной оценки разработанных способов повышения срока годности по заданным критериям

Балл	Потребительские характеристики			Эффективность ингибирования КБХ	Фактический срок годности, сут	Увеличение себестоимости, %
	Органолептические	Физико-химические	Безопасности			
	1	2	3	4	5	6
3	Соответствуют НД на протяжении планируемого срока годности			Регламентированный срок хранения + 30 % времени запаса	10 и более	0
2	Соответствуют НД на протяжении планируемого срока годности с незначительными отклонениями, не снижающими привлекательность ХПМ для потребителей		Соответствуют НД на протяжении всего срока годности	Регламентированный срок хранения + от 15 до 30 % времени запаса	7−9	Не более 15
1	Соответствуют НД на протяжении планируемого срока годности с незначительными отклонениями			Регламентированный срок хранения + от 10 до 12 % времени запаса	5−6	Не более 20
0	Не соответствуют НД на протяжении планируемого срока годности		Не соответствуют НД на протяжении всего срока годности	Регламентированный срок хранения в соответствии с ГОСТ	3	Более 20

Приведенные в таблице 49 критерии, отражающие конкурентоспособность товара, позволяют сравнить и объективно оценить разработанные способы повышения сроков годности ХПМ. Критерии 1–5 определяют потребительскую ценность хлеба, критерий 6 – его стоимость. В связи с этим критерии 1–5 можно назвать качественными, а критерий 6 – стоимостным. Именно критерии качества и стоимости

можно считать приоритетными при разработке способов повышения сроков годности ХПМ.

Таблица 50 – Себестоимость и удорожание ХПМ в зависимости от способа повышения сроков годности

Образец	Себестоимость ХПМ по прямым затратам, р.		Удорожание ХПМ, р.		Удорожание ХПМ, %
	1 кг	0,7 кг	1 кг	0,7 кг	
Контрольный образец	22,90	16,00	0,00	0,00	0,00
ХПМ с комплексной добавкой «Бетуларин»	25,54	17,80	2,64	1,80	11,53
ХПМ с наносуспензией бетулина	25,70	17,96	2,80	1,96	12,23
ХПМ из муки с низким содержанием амилозы	40,25	28,17	17,35	12,17	175,76

В таблице 51 приведена балльная оценка предложенных способов повышения срока годности ХПМ экспертным методом.

Таблица 51 – Оценка предложенных способов повышения срока годности ХПМ экспертным методом, балл

Предложенный способ		Контрольный образец	Внесение комплексной добавки «Бетуларин»	Внесение наносуспензии бетулина	Внесение муки с низким содержанием амилозы
Потребительские характеристики	Органолептические показатели	0	2	3	2
	Физико-химические показатели	1	3	3	2
	Показатели безопасности	0	3	3	2
Эффективность ингибирования КБХ		0	3	2	0
Фактический срок годности		0	3	3	1
Увеличение себестоимости		3	2	2	0
Итого		*4*	*16*	*16*	*9*

Эффективность каждого способа зависит от конечной цели и может меняться в зависимости от значимости критерия и соответствия поставленным задачам. Так, если ставится задача по достижению максимального срока годности, целесообразно использовать комплексную добавку «Бетуларин» или наносуспензию бетулина; при

необходимости сохранения свежести ХПМ можно использовать муку с пониженным содержанием амилозы. Однако, определяя целесообразность использования муки с низким содержанием амилозы, стоит учитывать существенное увеличение себестоимости продукции.

Данные способы реализованы в следующих предприятиях по выпуску хлебобулочных изделий: разработанная комплексная добавка применяется на предприятии пищевой промышленности ООО «Багет» (акт внедрения в приложении Ж), способ повышения срока годности с применением наносуспензии бетулина апробирован на предприятии пищевой промышленности ООО «Багет» и используется на производстве (акт внедрения в приложении Ж).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе диссертационного исследования разработана рецептура комплексной добавки для ингибирования КБХ, а также проведена товароведная оценка качества хлеба из пшеничной муки с наносуспензией бетулина в процессе длительного хранения. 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: быстрота и экспрессность; 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 увеличение прочностных характеристик разрыхляемости теста и 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Наука, 1976. – 279 с.

2. Акжигитова, Л. В. Хлебобулочные изделия фирмы «Ирекс» для здорового питания / Л. В. Акжигитова // Хлебопечение России. – 2008. – № 1. – С. 27.

3. Акопян, Г. С. Использование культуральной жидкости чайного гриба (Medusomyces gisevi lindau) в хлебопечении в качестве ингибитора картофельной болезни хлеба / Г. С. Акопян, О. Л. Вершинина, Б. А. Закопайко, Н. В. Ильчишина // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2017. – № 4. – С. 31–35.

4. Алексеенко, Е. Нетрадиционное природное сырье для производства хлебобулочных изделий / Е. Алексеенко // Хлебопродукты. – 2008. – № 9. – С. 50−51.

5. Алехина, Н. Н. Исследование функциональных свойств зернового хлеба на основе хлебопекарных смесей с белковым обогатителем / Н. Н. Алехина, Е. И. Пономарева, И. М. Жаркова, А. С. Желтикова. – DOI: 10.24411/0235-2486-2020-10046 // Пищевая промышленность. – 2020. – № 5. – С. 8–11.

6. Анализ рынка хлеба и хлебобулочных изделий в России в 2014–2018 гг., прогноз на 2019–2023 гг. / ООО «BusinesStat». – Москва, 2019. – 146 с.

7. Андреев, А. Н. Исследование влияния негидратированных гидроколлойдов на удельный объем булочных изделий / А. Н. Андреев, Ю. В. Дмитриева // Процессы и аппараты пищевых производств. – 2012. – № 1. – URL: http://processes.open-mechanics.com/articles/481.pdf (дата обращения: 02.02.2019).

8. Антуфьев, В. Т. Стерилизация печеного хлеба гамма-излучением и электронами высокой энергии / В. Т. Антуфьев, Г. Н. Слабыня, С. А. Громцев // Процессы и аппараты пищевых производств. – 2009. – № 1. – URL: http://processes.open-mechanics.com/articles/113.pdf (дата обращения: 02.02.2019).

9. АО «Первый хлебокомбинат» : [сайт]. – URL: http://www.1hleb.ru (дата обращения: 02.02.2019).

10. Атаев, А. А. Диетические хлебобулочные изделия для здорового питания / А. А. Атаев, Р. Д. Поландова, Т. Г. Богатырева // Хлебопечение России. – 2000. – № 1. – С. 21–22.

11. Ауэрман, Л. Я. О роли белковых веществ мякиша хлеба в процессе его черствения / Л. Я. Ауэрман, Р. Г. Рахманкулова // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. – 1957. – № 2. – С. 22–26.

12. Ауэрман, Л. Я. Технология хлебопекарного производства / Л. Я. Ауэрман. – Москва : Легкая и пищевая пром-сть, 1984. – 416 с.

13. Ауэрман, Л. Я. Технология хлебопекарного производства / Л. Я. Ауэрман ; под общ. ред. Л. И. Пучковой. – 9-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург : Профессия, 2009. – 416 с. – ISBN 5-93913-032-1.

14. Афанасьева, О. В. Микробиологический контроль хлебопекарного производства / О. В. Афанасьева. – Москва : Пищевая пром-сть, 1976. – 144 с.

15. Афанасьева, О. В. Микробиология хлебопекарного производства / О. В. Афанасьева. – Санкт-Петербург : Береста, 2003. – 221 с. – ISBN 5-98052-020-1.

16. Афанасьева, О. В. Микроорганизмы – вредители хлебопекарного производства / О. В. Афанасьева. – Москва : Пищевая промышленность, 1976. – 143 с.

17. Афанасьева, О. В. Технологические требования к микроорганизмам, применяемым в хлебопекарном производстве / О. В. Афанасьева. – Москва : Пищевая промышленность, 1976. – 23 с.

18. Бабьева, И. П. Методы выделения и идентификации дрожжей : справ. пособие / И. П. Бабьева, В. И. Голубев. – Москва : Пищевая промышленность, 1979. – 120 с.

19. Бартенева, К. Е. Использование пропионовокислых бактерий для предотвращения заболевания хлеба «картофельной болезнью» : автореф. дис. … канд. техн. наук / К. Е. Бартенева. – Москва, 1962. – 20 с.

20. Белов, А. Упаковка для хлеба: полиэтилен или бумага? / А. Белов // Тара и упаковка. – 2004. – № 2. – С. 66–67.

21. Биологический способ предотвращения картофельной болезни хлеба / А. В. Витавская, А. И. Матвеев, О. П. Ельцова [и др.]. – Москва : ЦНИИТЭИпищепром, 1976. – 51 с.

22. Богатырева, Т. Г. Проблема производства хлеба в упаковке. Обзорная информация / Т. Г. Богатырева, Ф. М. Кветный, О. А. Сидорова. – Москва : ЦНИИТЭИ «Хлебпродинформ», 1995. – 35 с.

23. Богатырева, Т. Г. Совершенствование методов диагностики картофельной болезни хлеба / Т. Г. Богатырева, Р. Д. Поландова. – Москва : ЦНИИТЭИхлебопродуктов, 1990. – 17 с.

24. Богатырева, Т. Н. Способы предотвращения плесневения хлеба / Т. Н. Богатырева, Р. Д. Поландова, С. П. Полякова, А. А. Атаев // Хлебопечение России. – 1999. – № 3. – С. 16–17.

25. Буховец, В. А. Новая технология производства хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности / В. А. Буховец // Хлебопечение России. – 2011. – № 5. – С. 8–10.

26. Василенко, Ю. К. Фармакологические свойства тритерпеноидов коры березы / Ю. К. Василенко // Экспериментальная и клиническая фармакология. – 1993. – Т. 54, № 4. – С. 53–55.

27. Васюкова, А. Т. Современные технологии хлебопечения / А. Т. Васюкова, В. Ф. Пучкова. – Москва : Дашков и К°, 2007. – 224 с. – ISBN 978-5-91131-288-6.

28. Веселова, А. Ю. Влияние бетулинсодержащего экстракта бересты на качество хлебобулочных изделий / А. Ю. Веселова, М. Н. Костюченко, Г. Ф. Дремучева // Хлебопечение России. – 2014. – № 3. – С. 16−17.

29. Витавская, А. В. Антагонистические свойства мезофильных молочнокислых бактерий-27 в процессе приготовления хлеба / А. В. Витавская, М. Х. Шигарева, Л. Г. Нафаноинова // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. – 1984. – № 9. – С. 30–33.

30. Воробьева, О. А. Разработка и валидация методов анализа компонентов фармацевтической композиции бетулина и тимола в масле семян тыквы *Cucurbita Pepo* / О. А. Воробьева, Н. Б. Мельникова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 10 (ч. 2). – С. 295–303.

31. Галиева, Р. С. Молочнокислые бактерии антагонисты *Bacillus mesentericus*, возбудителя картофельной болезни хлеба : автореф. дис. … канд. биол. наук / Р. С. Галиева. – Алма-Ата, 1973. – 27 с.

32. Галынкин, В. А. Питательные среды для микробиологического контроля качества лекарственных сред и пищевых продуктов : справочник / В. А. Галынкин, Н. А. Заикина, В. И. Кочеровец, И. З. Курбанова. – Санкт-Петербург : Проспект науки, 2019. – 336 с. – ISBN 5-903090-01-X.

33. Горбань, Н. Ферментные препараты и их воздействие на муку / Н. Горбань // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2007. – № 10 (35). – С. 30–31.

34. Горячева, А. Ф. Сохранение свежести хлеба / А. Ф. Горячева, Р. В. Кузминский. – Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 240 с.

35. ГОСТ 10444.12-2013. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов : межгосударственный стандарт : дата введения 2015-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 9 с.

36. ГОСТ 10444.15-94. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов : межгосударственный стандарт : дата введения 1996-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2010. – 4 с.

37. ГОСТ 17527-2014 (ISO 21067:2007). Упаковка. Термины и определения : межгосударственный стандарт : дата введения 2015-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 23 с.

38. ГОСТ 2077-84. Хлеб ржаной, ржано-пшеничный и пшенично-ржаной. Технические условия : межгосударственный стандарт : дата введения 1986-01-01

// Хлеб. Технические условия : сб. ГОСТов. – Москва : Стандартинформ, 2006. – С. 47–52.

39. ГОСТ 21094-75. Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности : межгосударственный стандарт : дата введения 1976-06-30. – Москва : Стандартинформ, 2016. – 3 с.

40. ГОСТ 26670-91. Продукты пищевые. Методы культивирования микроорганизмов : государственный стандарт Союза ССР : дата введения 1993-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2008. – 7 с.

41. ГОСТ 27493-87. Мука и отруби. Метод определения кислотности по болтушке : межгосударственный стандарт : дата введения 1989-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2007. – 3 с.

42. ГОСТ 27558-87. Мука и отруби. Методы определения цвета, запаха, вкуса и хруста : межгосударственный стандарт : дата введения 1989-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2007. – 3 с.

43. ГОСТ 27669-88. Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба : межгосударственный стандарт : дата введения 1989-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2007. – 9 с.

44. ГОСТ 27839-2013. Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины : межгосударственный стандарт : дата введения 2014-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 17 с.

45. ГОСТ 29188.3-91. Изделия косметические. Методы определения стабильности эмульсии. Общие технические условия : межгосударственный стандарт : дата введения 1993-01-01. – Москва : Стандартинформ, 1992. – 3 с.

46. ГОСТ 31805-2012. Изделия хлебобулочные из пшеничной муки. Общие технические условия : межгосударственный стандарт : дата введения 2013-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2013. – 15 с.

47. ГОСТ 31807-2018. Изделия хлебобулочные из ржаной хлебопекарной и смеси ржаной и пшеничной хлебопекарной муки. Общие технические условия : межгосударственный стандарт : дата введения 2019-11-01. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 15 с.

48. ГОСТ 5669-96. Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости : межгосударственный стандарт : дата введения 1997-08-01. – Минск : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1996. – 2 с.

49. ГОСТ 5670-96. Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности : межгосударственный стандарт : дата введения 1997-08-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1997. – 5 с.

50. ГОСТ 8227-56. Хлеб и хлебобулочные изделия. Укладывание, хранение и транспортирование : межгосударственный стандарт : дата введения 1957-03-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1992. – 4 с.

51. ГОСТ ISO 6647-1-2015. Рис. Определение содержания амилозы. Часть 1. Контрольный метод : межгосударственный стандарт : дата введения 2016-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 11 с.

52. ГОСТ Р 51574-2000. Соль поваренная пищевая. Технические условия : государственный стандарт Рос. Федерации : дата введения 2001-07-01. – Москва : Госстандарт России, 2000. – 11 с.

53. ГОСТ Р 52189-2003. Мука пшеничная. Общие технические условия : национальный стандарт Рос. Федерации : дата введения 2005-01-01. – Москва : Госстандарт России, 2005. – 7 с.

54. ГОСТ Р 53072-2008. Изделия хлебобулочные в упаковке. Технические условия : национальный стандарт Рос. Федерации : дата введения 2010-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2009. – 27 с.

55. ГОСТ Р 54731-2011. Дрожжи хлебопекарные прессованные. Технические условия : национальный стандарт Рос. Федерации : дата введения 2013-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2013. – 11 с.

56. ГОСТ Р 56631-2015. Изделия хлебобулочные из пшеничной хлебопекарной муки. Общие технические условия : национальный стандарт Рос. Федерации : дата введения 2017-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2016. – 15 с.

57. ГОСТ Р 58233-2018. Хлеб из пшеничной муки. Технические условия : национальный стандарт Рос. Федерации : дата введения 2019-10-01. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 14 с.

58. Государственная фармакопея СССР. – 11-е изд. – Москва : Медицина, 1987–1990. – Вып. 1, 2.

59. Грекова, А. В. Влияние жировых продуктов на качество и сохранение свежести сдобных хлебобулочных изделий длительного хранения / А. В. Грекова, Т. Б. Цыганова, А. П. Нечаев, К. В. Иовлева, Л. В. Зайцева // Хлебопродукты. – 2016. – № 7. – С. 60–63.

60. Грекова, А. В. Влияние тепловой обработки на качество и сохранение свежести упакованных сдобных хлебобулочных изделий длительного хранения / А. В. Грекова, Т. Б. Цыганова. // Хлебопечение России. – 2018. – № 2. – С. 25–28.

61. Грекова, А. В. Разработка технологических решений производства сдобных хлебобулочных изделий длительного хранения : автореф. дис. канд. техн. наук / А. В. Грекова. – Москва, 2017. – 24 с.

62. Грекова, А. В. Технологические решения для повышения качества сдобных хлебобулочных изделий длительного хранения / А. В. Грекова, Т. Б. Цыганова. – DOI: 10.24411/0042-8833-2018-10385 // Вопросы питания. – 2018. – Т. 87, № S5. – С. 274–275.

63. Давыденко, Н. И. Разработка и исследование показателей качества хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности / Н. И. Давыденко, О. В. Голуб, Т. Ю. Бурштыкова, Д. А. Сафьянов // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – № 2. – С. 7–11.

64. Давыденко, Н. И. Товароведение и экспертиза хлеба и хлебобулочных изделий : учеб. пособие / Н. И. Давыденко, Д. А. Сафьянов. – Кемерово : Кемеровский технол. ин-т пищевой пром-сти, 2008. – 99 с. – ISBN 978-5-89289-474-6.

65. Демчук, А. П. Исследование факторов, препятствующих возникновению картофельной болезни хлеба автореф. дис. … канд. техн. наук / А. П. Демчук. – Киев, 1968. – 29 с.

66. Демчук, А. П. Методы выявления и предупреждения картофельной болезни хлеба / А. П. Демчук, И. М. Ройтер. – Москва : ЦНИИТЭИпищепром, 1970. – 41 с.

67. Дробот, В. І. Замішування тіста у двошвидкісних машинах – шлях до покращення якості виробів / В. І. Дробот, О. В. Ковальов, І. М. Литовченко [та ін.] // Хранение и переработка зерна. – 1999. – № 3 (105). – С. 41–43.

68. Дудикова, Д. Проблемы картофельной болезни хлеба в Казахстане / Д. Дудикова // Хлебопродукты. – 2001. – № 11. – С. 23–26.

69. Екатеринбургский хлебокомбинат «Всеслав» : [сайт]. – URL: http://vseslav.org (дата обращения: 02.02.2019).

70. Ермош, Л. Г. Новый вид хлеба для северян / Л. Г. Ермош, Т. Н. Сафронова, В. В. Казина // Хлебопечение России. – 2018. – № 3. – С. 33–37.

71. Жаркова, И. М. Биотехнологические основы хлебопекарного производства : учеб. пособие / И. М. Жаркова, Т. Н. Малютина, В. В. Литвяк. – Воронеж : Воронежский гос. ун-т инженер. технологий, 2019. – 144 с. – ISBN 978-5-00032-438-7.

72. Заболотнова, Е. А. Обзор и тенденции развития рынка зернового хлеба / Е. А. Заболотнова, И. Ю. Резниченко // Пищевые инновации в биотехнологии : сб. тез. VI Междунар. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых : в 2 т. / под общ. ред. А. Ю. Просекова. – Кемерово : Кемеровский гос. ун-т, 2018. – Т. 2. – С. 205–207.

73. Заворохина, Н. В. Дегустационные методы анализа как инструмент маркетинга при разработке новых пищевых продуктов / Н. В. Заворохина, О. В. Чугунова // Пищевая промышленность. – 2008. – № 7. – С. 46–52.

74. 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.

75. 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. студентов и молодых ученых. – Бийск : Изд-во Алтайского гос. техн. ун-та, 2018. – С. 64–66.

76. 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. / отв. ред. В. Г. Попов. – Тюмень : Тюменский индустр. ун-т, 2018. – С. 25–30.

77. 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 / под науч. ред. Н. В. Кузнецова. – Гомель : Белорусский торгово-экон. ун-т потребительской кооперации, 2019. – С. 383–387. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41158942 (дата обращения: 03.02.2020).

78. 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 Урал. гос. экон. ун-та, 2018. – С. 27–30.

79. Захаревич, В. Б. Пакувальні матеріали для хлібобулочних виробів / В. Б. Захаревич, О. М. Гавва, М. І. Юхно // Харчова наука і технологія. – 2012. – № 1. – С. 104–106.

80. Зверева, Л. Ф. Технология и технохимический контроль хлебопекарного производства : учебник / Л. Ф. Зверева, З. С. Немцова, Н. П. Волкова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 416 с.

81. Инструкция по предупреждению «картофельной» болезни хлеба на хлебопекарных предприятиях : издание официальное. – Москва : Россельхозакадемия, 2012. – 32 с.

82. Как бороться с картофельной болезнью хлеба. Советы технолога // Хлебное дело. – 2001. – № 3 (5). – С. 41.

83. Каталог культур микроорганизмов. Бактерии. Мицелиальные грибы. Дрожжевые грибы / под ред. И. А. Тихоновича, Ю. С. Оледкина. – Санкт-Петербург : Россельхозакадемия, 2005. – 89 с.

84. Кветный, Ф. М. Применение консервантов в хлебопечении / Ф. М. Кветный, Т. В. Шарова, Н. К. Кушнарева // Хлебопечение России. – 1999. – № 3. – С. 21.

85. Колупаева, Т. Г. Влияние упаковки на развитие «картофельной болезни» хлеба / Т. Г. Колупаева, И. В. Матвеева, Т. С. Головко // Хлебопечение России. – 2001. – № 6. – С. 10–11.

86. Колупаева, Т. Г. Разработка технологических решений обеспечения качества хлебобулочных изделий при хранении : дис. … канд. техн. наук : 05.18.01 / Колупаева Татьяна Генриховна. – Москва, 2002. – 249 с.

87. Корячкина, С. Я. Методы исследования качества хлебобулочных изделий : учебно-методическое пособие для вузов / С. Я. Корячкина, Н. А. Березина, Е. В. Хмелёва. – Орел : ОрелГТУ, 2010. – 166 с.

88. Корячкина, С. Я. Методы исследования свойств сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Методы исследования свойств полуфабрикатов хлебопекарного производства : учеб.-метод. пособие / С. Я. Корячкина, Н. А. Березина, Е. В. Хмелёва. – Орел : Госуниверситет – УНПК, 2011. – 49 с.

89. Косован, А. П. Комплексные технологии пшеничного хлеба для решения проблем качества / А. П. Косован, Р. Д. Поландова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2005. – № 2. – С. 7–9.

90. Костюченко, М. Н. Научно-практические аспекты разработки хлебобулочных изделий функционального и специализированного назначения / М. Н. Костюченко // Технологии и продукты здорового питания. Функциональные пищевые продукты : тез. докл. юбилейной X Науч.-практ. конф. – Москва : МГУПП, 2012. – С. 25.

91. Котлер, Ф. Основы маркетинга. Краткий курс / Ф. Котлер. – Москва : Диалектика, 2018. – 496 с. – ISBN 978-5-8459-2013-3.

92. Красникова, Л. В. Микробиология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств : учеб. пособие / Л. В. Красникова, И. Е. Кострова. – Санкт-Петербург : С.-Петерб. гос. ун-т низкотемператур. и пищевых технологий, 2001. – 80 с. – ISBN 5-89565-047-3.

93. Кретович, В. Л. Проблема пищевой полноценности хлеба / В. Л. Кретович, Р. Р. Токарева. – Москва : Наука, 1978. – 287 с.

94. Кудинов, П. И. Методы определения картофельной болезни хлеба по изменению его химического состава / П. И. Кудинов, Т. В. Першакова, Ю. Ф. Якуба // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 1999. – № 1. – С. 69–71.

95. Лабораторный практикум по общей технологии пищевых продуктов / [З. Ф. Фалунина, И. А. Евницкая, А. А. Виноградова и др.] ; под ред. З. Ф. Фалуниной. – 2-е изд. – Москва : Пищевая промышленность, 1978. – 272 с.

96. Лабораторный практикум по общей технологии пищевых производств / [А. А. Виноградова, Г. М. Мелькина, Л. А. Фомичева и др.] ; под ред. Л. П. Ковальской. – Москва : Агропромиздат, 1991. – 335 с. – ISBN 5-10-002282-5.

97. Лавренов, А. В. Импрегнированный бетулином наноструктурированный углеродный сорбент / А. В. Лавренов, Л. Г. Пьянова, А. В. Седанова, Л. С. Лузянина. – DOI: 10.7868/S0023117715010090 // Химия твердого топлива. – 2015. – № 1. – С. 9–16.

98. Лаптева, Н. К. Перспективные сорта озимой тритикале для хлебопечения / Н. К. Лаптева, Л. В. Митькиных // Хлебопечение России. – 2011. – № 4. – С. 22−23.

99. Лейберова, Н. В. Разработка и применение балльной шкалы для оценки качества пастильных изделий / Н. В. Лейберова // Индустрия питания. – 2017. – № 2. – С. 50–56.

100. Лексаков, С. Грибковая обсемененность на предприятиях отрасли / С. Лексаков // Хлебопродукты. – 2003. – № 3. – С. 40−41.

101. Липсиц, И. В. Ценообразование : учеб.-практ. пособие / И. В. Липсиц. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2013. – 401 с. – ISBN 978-5-9916-2491-6.

102. Липсиц, И. В. Ценообразование : учебник и практикум для академического бакалавриата / И. В. Липсиц. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2014. – 368 с. – ISBN 978-5-9916-3896-8.

103. Лущик, Т. Проблемы в хлебопекарной отрасли / Т. Лущик // Хлебопродукты. – 2008. – № 2. – С. 48–49.

104. Марков, А. С. Инновации в хлебопекарном производстве : монография / А. С. Марков, А. С. Романов. – Кемерово : КемТИПП, 2016. – 132 с. – ISBN 978-5-89289-993-2.

105. Марков, А. С. Оценка методов определения объема хлеба и хлебобулочных изделий / А. С. Марков, Ю. В. Маркова, А. С. Романов. – DOI: 10.32462/0235-2508-2019-28-2-44-46 // Хлебопродукты. – 2019. – № 2. – С. 44–46.

106. Маркова, Ю. В. Особенности использования пароконвектомата для выработки хлебобулочных изделий / Ю. В. Маркова, А. С. Марков, А. С. Романов. – DOI: 10.21603/2074-9414-2018-2-136-142 // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. – С. 136–142.

107. Матвеева, И. Корректировка качества муки на основе ферментных препаратов / И. Матвеева, Ю. Белибова, М. Попов // Хлебопродукты. – 2007. – № 3. – С. 55–57.

108. Матвеева, И. В. Биотехнологические основы приготовления хлеба / И. В. Матвеева, И. Г. Белявская. – Москва : ДеЛи принт, 2001. – 150 с. – ISBN 5-94343-011-3.

109. Матвеева, И. В. Микроингредиенты и качество хлеба / И. В. Матвеева // Пищевые ингредиенты. – 2000. – № 1. – С. 28–31.

110. Матвеева, И. В. Пищевые добавки и хлебопекарные улучшители в производстве мучных изделий / И. В. Матвеева, И. Г. Белявская. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва, 2001. – 116 с.

111. Матюхина, З. П. Основы физиологии, питания, гигиены и санитарии : учеб. пособие / З. П. Матюхина. – 4-е изд., стер. – Москва : Academia, 2006. – 180 с. – ISBN 5-7695-3323-4.

112. Медведев, П. В. Методологические подходы к управлению качеством хлебобулочных изделий / П. В. Медведев, В. А. Федотов. – DOI: 10.32462/0235-2508-2019-28-12-55-59 // Хлебопродукты. – 2019. – № 12. – С. 55–59.

113. Медведев, П. В. Новые механизмы управления качеством хлебобулочных изделий / П. В. Медведев, В. А. Федотов. – DOI: 10.25198/1814-6457-218-140

// Вестник Оренбургского государственного университета. – 2018. – № 6 (218). – С. 140–148.

114. Медведев, П. В. Технология хлеба : учеб. пособие / П. В. Медведев, В. А. Федотов. – Оренбург : ОГУ, 2018. – ISBN 978-5-7410-2265-8.

115. Медведев, П. В. Факторы обсемененности зерна спорами *Bacillus subtilis* и *Bacillus mesentericus* / П. В. Медведев, В. А. Федотов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2011. – № 12. – С. 341−343.

116. Меджидов, М. М. Справочник по микробиологическим питательным средам / М. М. Меджидов. – Москва : Медицина, 2003. – 205 с. – ISBN 5-225-04763-7.

117. Мелешкина, Е. П. Метод определения «картофельной болезни» хлеба / Е. П. Мелешкина, А. В. Яицких, Д. С. Степененко // Контроль качества продукции. – 2017. – № 12. – С. 18–21.

118. Методическое руководство по производству хлебобулочных изделий с удлиненными сроками хранения / Р. Д. Поландова, Ф. М. Кветный ; ГосНИИХП. – Москва : Россельхозакадемия, 2002. – 48 с.

119. Моргун, К. Д. Средства борьбы с картофельной болезнью хлеба / К. Д. Моргун, Е. И. Ведерникова, Р. Ю. Павлюк // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. – 1973. – № 11. – С. 16–18.

120. Науменко, Н. В. Физико-химические свойства и методы контроля качества товаров : учеб. пособие / Н. В. Науменко. – Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2009. – 78 с.

121. Наумова, Н. Л. Исследование динамики черствения хлебобулочных изделий при использовании пищевой добавки «Селексен» / Н. Л. Наумова, Л. А. Маюрникова, Н. И. Давыденко // Современное хлебопекарное производство, перспективы его развития : материалы 8-й межрегион. науч.-практ. конф. – Екатеринбург : Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2007. – С. 30–33.

122. Нилова, Л. Использование нанотехнологий для повышения качества хлебобулочных изделий / Л. Нилова, Н. Науменко // Хлебопродукты. – 2007. – № 10. – С. 50–51.

123. Нилова, Л. П. Оптимизация ассортимента хлебобулочных изделий на основе анализа структуры потребительского рынка в г. Санкт-Петербурге и Челябинске / Л. П. Нилова, Н. В. Науменко, И. В. Калинина, К. Ю. Маркова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2011. – № 8 (225). – С. 183–189.

124. Нилова, Л. П. Товароведение и экспертиза зерномучных товаров : учебник / Л. П. Нилова. – Санкт-Петербург : ГИОРД, 2005. – 416 с. – ISBN 5-901065-88-3.

125. О безопасности пищевой продукции : технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 : утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 880 // Гарант : справочно-правовая система. – URL: https://base.garant.ru/70106650 (дата обращения: 31.01.2020).

126. О безопасности упаковки : технический регламент Таможенного союза ТР ТС 005/2011 : утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 16.08.2011 № 769 // Гарант : справочно-правовая система. – URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/12089391 (дата обращения: 31.01.2020).

127. О внесении изменений в статью 5 Федерального закона «О развитии сельского хозяйства» и Федеральный закон «Об основах государственного регулирования торговой деятельности в Российской Федерации» : федеральный закон от 28.11.2018 № 446-ФЗ // Гарант : справочно-правовая система. – URL: http://base.garant.ru/72114352 (дата обращения: 31.01.2020).

128. О внесении изменений в Стратегию развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 г. : распоряжение Правительства РФ от 30.06.2016 № 1378-р // КонсультантПлюс : справочно-правовая система. – URL: http://www.consultant.ru (дата обращения: 10.01.2019).

129. О пищевых добавках : регламент Европейского парламента и Совета Европейского союза от 16.12.2008 № 1333/2008 // Гарант : справочно-правовая система. – URL: https://base.garant.ru/2569467/ (дата обращения: 31.04.2020).

130. О развитии сельского хозяйства : федеральный закон от 29.12.2006 № 264-ФЗ (с изм. и доп.) // Гарант : справочно-правовая система. – URL: https://base.garant.ru/12151309 (дата обращения: 31.01.2020).

131. О Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности в Свердловской области на период до 2020 г. : постановление Правительства Свердловской области от 16.10.2013 № 1228-ПП // КонсультантПлюс : справочно-правовая система. – URL: http://www.consultant.ru (дата обращения: 10.01.2019).

132. Об основах государственного регулирования торговой деятельности в Российской Федерации : федеральный закон от 28.12.2009 № 381-ФЗ // Гарант : справочно-правовая система. – URL: https://base.garant.ru/12171992 (дата обращения: 31.01.2020).

133. Основные итоги социально-экономического развития Свердловской области за январь – декабрь 2014 г. // Официальный интернет-ресурс Министерства экономики и территориального развития Свердловской области. – URL: http://economy.midural.ru/content/osnovnye-itogi-socialno-ekonomicheskogo-razvitiya-sverdlovskoy-oblasti-za-yanvar-dekabr-2014 (дата обращения: 02.02.2019).

134. Павловская, Е. Н. Новые штаммы молочнокислых бактерий для борьбы с картофельной болезнью хлеба / Е. Н. Павловская, Л. И. Кузнецова [и др.] // Хлебопечение России. – 2002. – № 1. – С. 14–15.

135. 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.

136. 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 (Рыбное, 27 апреля 2018 г.). – Астрахань : Изд-во АГТУ, 2018. – 1 CD-ROM.

137. 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.

138. Патент № 2119749 Российская Федерация, МПК A21D 8/00. Способ подавления развития картофельной болезни в хлебе : № 98103050/13 ; заявл. 18.02.1998 ; опубл. 10.10.1998 / Тулякова Т. Г., Бирюков В. В., Щеблыкин И. Н. – 5 с.

139. Патент № 2139661 Российская Федерация, МПК A21D 8/02, 8/04 (2006.01). Способ подавления картофельной болезни хлеба : № 97119801/13 ; заявл. 02.12.1997 ; опубл. 20.10.1999 / Подкопаева Е. Е., Кострова И. Е., Федорова Г. А. – 8 с.

140. Патент № 2401118 Российская Федерация, МПК A61K 36/185, 31/015, 31/79 (2006.01). Композиция бетулина с биосовместимыми носителями и способ ее получения : № 2009114188/15 ; заявл. 14.04.2009 ; опубл. 10.10.2010 / Михайленко М. А., Шахтшнейдер Т. П., Брезгунова М. Е. [и др.]. – 11 с.

141. Патент № 96112337 Российская Федерация, МПК A21D 8/04 (1995.01). Способ подавления картофельной болезни пшеничного хлеба : № 96112337/13; заявл. 17.06.1996 ; опубл. 10.10.1998 / Подкопаева Е. Е., Кострова И. Е., Красникова Л. В., Литвинова М. Н. – 1 с.

142. Пащенко, Л. П. Технология хлебобулочных изделий / Л. П. Пащенко, И. М. Жаркова. – Москва : КолосС, 2006. – 389 с. – ISBN 5-9532-0149-4.

143. Пащенко, Л. П. Технология хлебопекарного производства : учебник / Л. П. Пащенко, И. М. Жаркова. – Санкт-Петербург : Лань, 2014. – 672 с. – ISBN 978-5-8114-1593-9.

144. Пащенко, Л. П. Физико-химические основы технологии хлебобулочных изделий / Л. П. Пащенко. – Воронеж : [б. и.], 2006. – 312 с. – ISBN 5-89981-422-5.

145. Перекалин, С. Н. Слагаемые успеха. Комплексная рейтинговая оценка состояния хлебопечения в субъектах Российской Федерации / С. Н. Перекалин // Хлебное дело. – 2009. – № 2 (35). – С. 20–22.

146. Пермиловская, З. В. Болезни хлеба и методы их предупреждения : конспект лекций / З. В. Пермиловская. – Киев : ИПК Госагропрома УССР, 1987. – 22 с.

147. Петраш, И. П. Сравнительная оценка способов приготовления теста для предотвращения картофельной болезни хлеба / И. П. Петраш, Л. С. Черная // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. – 1982. – № 9. – С. 22–24.

148. Пищевая продукция в части ее маркировки : технический регламент Таможенного союза ТР ТС 022/2011 : утвержден решением Комиссией Таможенного союза от 09.12.2011 № 881 // Гарант : справочно-правовая система. – URL: https://base.garant.ru/70106648 (дата обращения: 31.01.2020).

149. Поландова, Р. Д. Картофельная болезнь хлеба: проблемы и современные способы предупреждения / Р. Д. Поландова, Т. Г. Богатырева, А. А. Атаев // Хлебопечение России. – 1998. – № 4. – С. 13–14.

150. Поландова, Р. Д. Применение пропионовокислых заквасок в хлебопечении / Р. Д. Поландова, Т. В. Быковченко, Е. П. Рыжкова // Хлебопечение России. – 2005. – № 6. – С. 12–13.

151. Поландова, Р. Д. Приоритеты развития ассортимента диетических хлебобулочных изделий в России / Р. Д. Поландова // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2005. – № 11. – С. 6.

152. Полякова, С. П. Дезинфицирующие средства для хлебопекарных предприятий / С. П. Полякова // Хлебопечение России. – 2001. – № 5. – С. 12–13.

153. Полякова, С. П. Повышение микробиологической устойчивости хлебобулочных изделий при хранении : автореф. дис. … канд. техн. наук : 05.18.01 / Полякова Светлана Петровна. – Москва, 2002. – 24 с.

154. Попов, М. П. Метод определения декстринов и амилазы при одновременном присутствии их в растворе / М. П. Попов, Е. Ф. Шаненко, // Улучшители качества пищевых продуктов : межвуз. сб. науч. тр. – Москва, 1977. – С. 29–35.

155. Потавина, В. С. Сравнительная оценка добавок, предупреждающих порчу хлеба / В. С. Потавина, И. И. Лющинская // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. – 1980. – № 12. – С. 29–32.

156. Пучкова, Л. И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства / Л. И. Пучкова. – 4-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург : ГИОРД, 2004. – 259 с. – ISBN 5-901065-65-4.

157. Рахимберлина, Р. М. Роль споровых аэробов в этиологии «картофельной болезни» хлеба : автореф. дис. … канд. биол. наук : 14.00.07 / Рахимберлина Роза Мукановна. – Алма-Ата, 1980. – 20 с.

158. Резниченко, И. Ю. Обоснование продления сроков хранения зернового хлеба / И. Ю. Резниченко, Е. А. Заболотнова, В. В. Витвитский // Наука, образование, инновации: апробация результатов исследований : материалы междунар. науч.-практ. конф. – Прага : vydavatel «Osviceni», 2017. – С. 189–195. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28781802 (дата обращения: 03.02.2019).

159. Родина, Т. Г. Дегустационный анализ / Т. Г. Родина, Т. А. Вукс. – Москва : Колос, 2011. – 192 с. – ISBN 5-10-001870-4.

160. Ройтер, И. М. Новые методы контроля хлебопекарного производства / И. М. Ройтер, А. П. Демчук, В. И. Дробот. – Киев : Техніка, 1977. – 192 с.

161. Романов, А. Н. О черствении, усвояемости и плесневении хлеба / А. Н. Романов // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. – 1987. – № 12. – С. 22.

162. Романов, А. С. Объективные признаки завершения процесса пропекания мякиша хлебобулочных изделий / А. С. Романов, Н. С. Мартыненко, В. Ю. Богер // Хлебопродукты. – 2011. – № 8. – С. 52–54.

163. Романов, А. С. Растительные ингредиенты в хлебопекарной промышленности: опыт и перспективы применения / А. С. Романов, А. С. Марков // Актуальные проблемы хранения и переработки сельскохозяйственного сырья : коллективная монография. – Кемерово : Кузбасская гос. с.-х. акад., 2020. – С. 54–62.

164. Романов, А. С. Хлеб и хлебобулочные изделия. Сырье, технологии, ассортимент / А. С. Романов, О. А. Ильина, В. С. Иунихина, С. В. Краус. – М. : ДеЛи плюс, 2016. – 635 с. – ISBN 978-5-905170-86-7.

165. Россия в цифрах, 2019 : крат. стат. сб // Федеральная служба государственной статистики : [сайт]. – URL: https://www.gks.ru/storage/mediabank/rus19.pdf (дата обращения: 31.01.2020).

166. Рыжкова, Т. А. Гены wx и реологические свойства шрота мягкой пшеницы / Т. А. Рыжкова, М. Ю. Третьяков, В. П. Нецветаев [и др.] // Научные

ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2012. – № 15 (134). – С. 46–50.

167. Сагандыкова С. З. Повышение эффективности выделения молочнокислых бактерий из муки и использование их в хлебопечении : автореф. дис. … канд. биол. наук : 03.00.07 / Сагындыкова София Зулхарнаевна. – Алма-Ата, 1990. – 24 с.

168. Садовая, Т. Хлебопекарное и кондитерское производство: новые подходы для повышения эффективности / Т. Садовая, Е. Милованова, О. Вершинина // Хлебопродукты. – 2008. – № 6. – С. 52–53.

169. СанПиН 2.3.2.1293-03. Гигиенические требования по применению пищевых добавок : санитарно-эпидемиологические правила и нормативы : утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 18.04.2003 № 59 (с изм. и доп. на 23.12.2010) // Гарант : справочно-правовая система. – URL: https://base.garant.ru/4179282 (дата обращения: 31.01.2020).

170. Сборник рецептур на хлеб и хлебобулочные изделия / сост. П. С. Ершов. – Санкт-Петербург : Гидрометеоиздат, 1998. – 191 с. – ISBN 5-286-01365-1.

171. Сборник рецептур на хлебобулочные изделия, вырабатываемые по государственным стандартам / ГосНИИХП. – Санкт-Петербург : ГИОРД, 2004. – 92 с. – ISBN 5-901065-70-0.

172. Сборник технологических инструкций для производства хлеба и хлебобулочных изделий / М-во хлебопродуктов СССР. – Москва : Прейскурантиздат, 1989. – 494 с.

173. Семушина, Т. Н. Микробиологический контроль дрожжевого производства / Т. Н. Семушина, Н. И. Монахова, Л. А. Гусарова. – Москва : Лесная пром-сть, 1975. – 184 с.

174. Слабыня, Г. Н. Способ увеличения сроков хранения хлебобулочных изделий : автореф. дис. … канд. техн. наук : 05.18.07 / Слабыня Глеб Николаевич. – Санкт-Петербург, 2008. – 16 с.

175. Слюсаренко, Т. П. Лабораторный практикум по микробиологии пищевых производств / Т. П. Слюсаренко. – Москва : Легкая и пищевая пром-сть, 1984. – 208 с.

176. СМАК : [сайт]. – URL: http://www.smakhleb.ru (дата обращения: 02.02.2019).

177. Сорокулова, И. Б. Возбудители «картофельной болезни» хлеба и здоровье человека / И. Б. Сорокулова // Хлебопечение России. – 2000. – № 2. – С. 30–31.

178. СП 2.3.4.3258-15. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям по производству хлеба, хлебобулочных и кондитерских изделий : утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 11.02.2015 № 10 // Гарант : справочно-правовая система. – URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70774542 (дата обращения: 31.01.2020).

179. Спиричев, В. Б. Обогащение пищевых продуктов микронутриентами: научные подходы и практические решения / В. Б. Спиричев, Л. Н. Шатнюк, В. М. Позняковский // Пищевая промышленность. – 2003. – № 3. – С. 10–16.

180. Справочник по гидроколлоидам / под ред. Г. О. Филлипса, П. А. Вильямса. – Санкт-Петербург : ГИОРД, 2006. – 535 с. – ISBN 5-98879-033-X.

181. Срок годности пищевых продуктов. Расчет и испытание / под ред. Р. Стеле. – Санкт-Петербург : Профессия, 2006. – 480 с. – ISBN 5-93913-100-X.

182. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г. : [утверждена распоряжением Правительства РФ от 29.06.2016 № 1364-р]. – URL: http://static.government.ru/media/files/9JUDtBOpqmoAatAhvT2wJ8UPT5Wq8qIo.pdf (дата обращения: 03.03.2020).

183. ТагилХлеб – производство и продажа хлебобулочных изделий : [сайт]. – URL: http://tagilhleb.ru (дата обращения: 02.02.2019).

184. Темеркова, О. Гречневая мука в технологии пшеничного хлеба / О. Темеркова, Н. Егорцев, А. Зимичев // Хлебопродукты. – 2011. – № 11. – С. 38−39.

185. Теппер, Е. З. Практикум по микробиологии / Е. З. Теппер, В. К. Шильникова, Г. И. Переверзева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Колос, 1979. – 216 с.

186. Терехова, А. Упаковка хлебцев армейских специального назначения / А. Терехова, Т. Васильева, Л. Козина // Тара и упаковка. – 2002. – № 4. – С. 49.

187. Технология спирта / В. Л. Яровенко, В. А. Маринченко, В. А. Смирнов [и др.] ; под ред. В. Л. Яровенко. – Москва : Колос-Пресс, 2002. – 465 с. – ISBN 5-10-003574-9.

188. Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий / Л. И. Пучкова, Р. Д. Поландова, И. В. Матеева. – Санкт-Петербург : ГИОРД, 2005. – Ч. 1 : Технология хлеба. – 559 с. – ISBN 5-901065-83-2.

189. Технохимический контроль хлебопекарного производства / И. Н. Маслов, К. Н. Чижова, Т. И. Шкваркина [и др.]. – Москва : Пищепромиздат, 1960. – 360 с.

190. Типсина, Н. Н. Картофельное пюре как улучшитель качества булочных изделий / Н. Н. Типсина, Г. К. Селезнёва // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 12 (111). – С. 81–86.

191. Тутельян, В. А. От концепции государственной политики в области здорового питания населения России – к национальной программе здорового питания / В. А. Тутельян, А. В. Шабров, Е. И. Ткаченко // Клиническое питание. – 2004. – № 2. – С. 2–4.

192. Ухарцева, И. Ю. Упаковочная полиэтиленовая пленка с консервирующими органическими добавками / И. Ю. Ухарцева, В. А. Гольдаде, Л. С. Пинчук, А. С. Неверов // Пищевая промышленность. – 1993. – № 10. – С. 31–32.

193. Фараджева, Е. Д. Производство хлебопекарных дрожжей. Практическое руководство / Е. Д. Фараджева, Н. А. Болотов. – Санкт-Петербург : Профессия, 2002. – 167 с. – ISBN 5-93913-023-2.

194. Федеральная служба государственной статистики : [сайт]. – URL: https://www.gks.ru (дата обращения: 31.01.2020).

195. Флехтер, О. Б. Синтез тритерпеноидов ряда лупана и их гепатопротекторная активность / О. Б. Флехтер [и др.] // Биоорганическая химия. – 2000. – № 26 (3). – С. 215–230.

196. Халиков, Р. М. Трансформация макромолекул амилозы и амилопектина при технологической переработке крахмальных гранул растительного сырья

в пищевой индустрии / Р. М. Халиков, Г. Б. Нигаматуллина // Nauka-rastudent.ru. – 2015. – № 1 (13). – URL: http://nauka-rastudent.ru/13/2315 (дата обращения: 31.01.2020).

197. Химический состав пищевых продуктов. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности блюд и кулинарных изделий / под ред. И. М. Скурихина. – Москва : Легкая и пищевая промсть, 1984. – 328 с.

198. Хлебобулочные изделия. Технические условия : сборник. – Москва : Изд-во стандартов, 1998. – 295 с.

199. Цыганова, Т. Б. Влияние йодированной соли на микрофлору хлеба из пшеничной муки / Т. Б. Цыганова, Л. Н. Шатнюк, М. Н. Костюченко // Хлебопечение России. – 2001. – № 4. – С. 24–25.

200. Цыганова, Т. Б. Ингредиенты в хлебопечении / Т. Б. Цыганова, В. В. Тарасова // Пищевые ингредиенты в создании современных продуктов питания / под ред. В. А. Тутельяна, А. П. Нечаева]. – Москва : ДеЛи плюс, 2014. – С. 281–296.

201. Цыганова, Т. Б. Справочное пособие по контролю за качеством хлебобулочных и макаронных изделий / Т. Б. Цыганова, И. В. Матвеева. – Офиц. изд. Гос. хлеб. инспекции при Правительстве Рос. Федерации. – Москва, 1999. – 111 с.

202. Цыганова, Т. Б. Технология и организация производства хлебобулочных изделий : учебник / Т. Б. Цыганова. – Москва : Academia, 2006. – 448 с. – ISBN 5-7695-2355-7.

203. Цыганова, Т. Б. Технология хлебопекарного производства : учебник / Т. Б. Цыганова. – Москва : ПрофОбрИздат, 2001. – 428 с. – ISBN 5-94231-006-8.

204. Чалдаев, П. А. Современные направления обогащения хлебобулочных изделий / П. А. Чалдаев, А. В. Зимичев // Хлебопечение России. – 2011. – № 2. – С. 24–27.

205. Челекбаев, М. Д. Повышение эффективности применения молочнокислых бактерий в хлебопекарной промышленности : автореф. дис. … канд. техн. наук : 05.18.01 / Челекбаев Мурат Дутбаевич. – Москва, 1982. – 25 с.

206. Чепоров, А. Царство российской упаковки / А. Чепоров // Хлебопродукты. – 1998. – № 10. – С. 26–28.

207. Чернышова, И. Т. Хлеб как функциональный продукт – какой он? / И. Т. Чернышова // Хлебопечение России. – 2010. – № 3. – С. 12–14.

208. Чижова, К. Н. Справочник для работников лабораторий хлебопекарных предприятий / К. Н. Чижова, Т. И. Шкваркина, Н. П. Волкова, А. М. Чинчук. – Москва : Пищевая пром-сть, 1978. – 192 с.

209. Чубенко, Н. Т. Развитие ассортимента хлебобулочных изделий в Российской Федерации / Н. Т. Чубенко // Хлебопечение России. – 2011. – № 1. – С. 8–9.

210. Шабурова, Л. Н. Методические указания к выполнению лабораторных работ по микробиологии пищевых производств / Л. Н. Шабурова, Н. Г. Ильяшенко, Ю. В. Каптерова. – Москва : МГУПП, 2004. – 23 с.

211. Шатнюк, Л. Обогащение хлебобулочных изделий микронутриентами / Л. Шатнюк // Хлебопродукты. – 2005. – № 1. – С. 26–28 ; № 2. – С. 34–37 ; № 3. – С. 40–42.

212. Шендеров, Б. А. Функциональное питание и пробиотики: микробиологические аспекты / Б. А. Шендеров, М. А. Манвелова. – Москва : Агар, 1997. – 23 с. – ISBN 5-89218-028-3.

213. Шипинский, В. Вакуумное упаковочное оборудование / В. Шипинский // Тара и упаковка. – 2001. – № 5. – С. 24–27.

214. Шлеленко, Л. А. Современный ассортимент хлебобулочных изделий для профилактического и лечебного питания / Л. А. Шлеленко // Хлебопечение России. – 2004. – № 2. – С. 17–18.

215. Экспертиза хлеба и хлебобулочных изделий. Качество и безопасность: Справочное пособие / [А. С. Романов, Н. И. Давыденко, Л. Н. Шатнюк и др.]. – Новосибирск : Сибирское унив. изд-во, 2005. – 278 с. – ISBN 5-94087-310-3.

216. Ahvenainen, R. Active and intelligent packaging: an introduction / R. Ahvenainen. – DOI: 10.1533/9781855737020.1.5 // Novel Food Packaging Techniques / ed. by R. Ahvenainen. – Cambridge : Woodhead Publishing, 2003. – P. 5–21.

217. Berni, E. Effect of ethanol on growth of *Chrysonilia sitophila* (‘the red bread mould’) and *Hyphopichia burtonii* (‘the chalky mould’) in sliced bread. – DOI: 10.1111/lam.12119 / E. Berni, N. Scaramuzza // Letters in applied microbiology. – 2013. – Vol. 57, iss. 4. – P. 344–349.

218. Delves-Broughton, J. Nisin and its application as a food preservative / J. Delves-Broughton. – DOI: 10.1111/j.1471-0307.1990.tb02449.x // Journal of the Society of dairy technology. – 1990. – Vol. 43, iss. 3. – P. 73–76.

219. Enzymes in Industry: Production and Application / ed. by W. Aehle. – 3rd edition. – Weinheim : Wiley-VCH, 2007. – 516 p. – ISBN 978-3-527-31689-2.

220. Ermosh, L. G. Features of biotechnological processes of bread production enriched with inulin-containing raw materials / L. G. Ermosh, T. N. Safronova, N. V. Prisuhina. – DOI: 10.1088/1755-1315/421/2/022018 // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 421, iss. 2. – URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/421/2/022018 (last access: 09.05.2020).

221. Garneau, S. Two-peptide bacteriocins produced by lactic acid bacteria / S. Garneau, N. I. Martin, J. C. Vederas. – DOI: 10.1016/S0300-9084(02)01414-1 // Biochimie. – 2002. – Vol. 84, iss. 5–6. – P. 577–592.

222. Glavxleb – изготовим и продадим муку : [сайт ООО «Главхлеб»]. – URL: http://www.glavxleb.ru (дата обращения: 02.02.2019).

223. Grechishnikova, N. A. Modeling of technological processes for processing vegetable raw materials / N. A. Grechishnikova, E. A. Strupan, N. N. Tipsina [et al.]. – DOI: 10.1088/1755-1315/421/8/082030 // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 421, iss. 8. – URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/421/8/082030 (last access: 09.05.2020).

224. Guan, L. Wet-milling of waxy wheat flours and characteristics of waxy wheat starch : M. Sc. thesis / Lan Guan. – Kansas State University, 2008. – 95 p. – URL: https://krex.k-state.edu/dspace/handle/2097/955 (дата обращения: 01.10.2019).

225. Guder, A. Posttranslationally modified bacteriocins – the lantibiotics / A. Guder, I. Wiedemann, H. G. Sahl. – DOI: 10.1002/1097-

0282(2000)55:1%3C62::AID-BIP60%3E3.0.CO;2-Y // Biopolymers. – 2000. – Vol. 55, iss. 1. – P. 62–73.

226. Hayakawa, K. End use quality of waxy wheat flour in various grain-based foods / K. Hayakawa, K. Tanaka, T. Nakamura [et al.]. – DOI: 10.1094/cchem.2004.81.5.666 // Cereal chemistry. – 2004. – Vol. 81, iss. 5. – P. 666−672.

227. Hayakawa, K. Quality characteristics of waxy hexaploid wheat (Triticum aestivum L.): properties of starch gelatinization and retrogradation / K. Hayakawa, K. Tanaka, T. Nakamura [et al.]. – DOI: 10.1094/cchem.1997.74.5.576 // Cereal chemistry. – 1997. – Vol. 74, iss. 5. – P. 576–580.

228. Högberg, L. Oats to children with newly diagnosed coeliac disease: a randomised double blind study / L. Högberg, P. Laurin, K. Falth-Magnusson [et al.]. – DOI: 10.1136/gut.2003.026948 // Gut. – 2004. – Vol. 53. – P. 649–654.

229. Hugenholts, J. Application of nisin A and nisin Z in dairy technology / J. Hugenholts, G. J. C. M. de Veer // Nisin and Novel Lantibiotics / ed. by H.-G. Sahl, J. Jung. – Leiden : ESCOM Sci. Publ., 1991. – P. 440–447.

230. Jack, R. W. Bacteriocins of gram-positive bacteria / R. W. Jack, J. R. Tagg, B. Ray // Microbiological reviews. – 1995. – Vol. 59, iss. 2. – P. 171–200.

231. Jane, J.-L. Starch: structure and properties / J.-L. Jane // Chemical and functional properties of food saccharides / ed. by P. Tomasik. – DOI: 10.1201/9780203495728. – Boca Raton, FL : CRC Press, 2004. – P. 81–101.

232. Kalisvaart, B. F. UV-licht entkeimt Verpackungsmaterialen / B. F. Kalisvaart // Ernahrungsindustrie. – 1994. – Nr. 4. – S. 62–63.

233. Klaenhammer, T. R. Bacteriocins of lactic agid bacteria / T. R. Klaenhammer. – DOI: 10.1016/0300-9084(88)90206-4 // Biochemie. – 1988. – Vol. 70, iss. 3. – P. 337−349.

234. Kohajdová, Z. Influence of hydrocolloids on quality of baked goods / Z. Kohajdová, J. Karovičová // Acta scientiarum polonorum technologia alimentaria. – 2008. – Vol. 7, iss. 2. – P. 43–49.

235. Kuipers, O. P. Protein engineering of lantibiotics / O. P. Kuipers, G. Bierbaum, B. Ottenwalder [et al.]. – DOI: 10.1007/BF00399421 // Antonie van Leeuwenhoek. – 1996. – Vol. 69. – P. 161–170.

236. Labuza, T. P. Applications of “active packaging” for improvement of shelf-life and nutritional quality of fresh and extended shelf-life foods / T. P. Labuza, W. M. Breene. – DOI: 10.1111/j.1745-4549.1989.tb00090.x // Journal of food processing and preservation. – 1989. – Vol. 13, iss. 1. – P. 1–69.

237. Leman, P. Maltogenic amylase has a non-typical impact on the molecular and rheological properties of starch / P. Leman, H. Goesaert, G. Vandeputte [et al.]. – DOI: 10.1016/j.carbpol.2005.02.023 // Carbohydrate polymer. – 2005. – Vol. 62, iss. 3. – P. 205–213.

238. Leman, P. Residual amylopectin structures of amylase treated wheat slurries reflect amylase mode of action / P. Leman, H. Goesaert, J. Delcour. – DOI: 10.1016/j.foodhyd.2007.12.007 // Food hydrocolloids. – 2009. – Vol. 23, iss. 1. – P. 153–164.

239. Liu, W. Some chemical and physical properties of nisin, a small protein antibiotic produced by Lactococcus lactis / W. Liu, J. N. Hansen. – DOI: 10.1128/aem.56.8.2551-2558.1990 // Applied and environmental microbiology. – 1990. – Vol. 56, iss. 8. – P. 2551–2558.

240. McAuliffe, O. Lantibiotics: structure, biosynthesis and mode of action / O. McAuliffe, R. P. Ross, C. Hill. – DOI: 10.1111/j.1574-6976.2001.tb00579.x // FEMS microbiology reviews. – 2001. – Vol. 25, iss. 3. – P. 285–308.

241. Nielsen, P. V. Inhibition of fungal growth on bread by volatile compounds from spices and herbs, and the possible application in active packaging, with special emphasis on mustard essential oil / P. V. Nielsen, R. Rios. – DOI: 10.1016/S0168-1605(00)00343-3 // International journal of food microbiology. – 2000. – Vol. 60. – P. 219–229.

242. O’Sullivan, L. Potential of bacteriocin-producing lactic acid bacteria for improvements in food safety and quality / L. O’Sullivan, R. P. Ross, C. Hill. – DOI: 10.1016/s0300-9084(02)01457-8 // Biochimie. – 2002. – Vol. 84, iss. 5–6. – P. 593–604.

243. Ribotta, P. D. Interactions of hydrocolloids and sonicated-gluten protein / P. D. Ribotta, S. F. Ausar, D. M. Beltrano [et al.]. – DOI: 10.1016/j.foodhyd.2004.04.018 // Food hydrocolloids. – 2005. – Vol. 19, iss. 1. – P. 93−99.

244. Rollema, H. S. Structure and biological activity of chemically modified nisin A species / H. S. Rollema, J. W. Metzger, P. Both [et al.]. – DOI: 10.1111/j.1432-1033.1996.00716.x // European journal of biochemistry. – 1996. – Vol. 241, iss. 3. – P. 716–722.

245. Ruhr, E. Mode of action of the peptide antibiotic nisin and influence on the membrane potential of whole cells and on cytoplasmic and artificial membrane vesicles / E. Ruhr, H. G. Sahl. – DOI: 10.1128/aac.27.5.841 // Antimicrobial agents and chemotherapy. – 1985. – Vol. 27. – P. 841–845.

246. Sanz Penella, J. M. Effect of wheat bran and enzyme addition on dough functional performance and phytic acid levels in bread / J. M. Sanz Penella, C. Collar, M. Haros. – DOI: 10.1016/j.jcs.2008.03.006 // Journal of cereal science. – 2008. – Vol. 48, iss. 3. – P. 715–721.

247. Schnell, N. Prepeptide sequence of epidermin, a ribosomally synthesized antibiotic with four sulphide-rings / N. Schnell, K. D. Entain, U. Schneider [et al.]. – DOI: 10.1038/333276a0 // Nature. – 1988. – Vol. 333. – P. 276–278.

248. Shalini, K. G. Influence of additives on rheological characteristics of whole-wheat dough and quality of chapatti (Indian unleavened flat bread), Part I – hydrocolloids / K. G. Shalini, A. Laxmi. – DOI: 10.1016/j.foodhyd.2006.03.002 // Food Hydrocolloid. – 2007. – Vol. 21, iss. 1. – P. 110–117.

249. Stevens, K. A. Nisin treatment for the inactivation of Salmonella species and other Gram-negative bacteria / K. A. Stevens, B. W. Sheldon, N. A. Klapes, T. R. Klaenhammer. – DOI: 10.1128/aem.57.12.3613-3615.1991 // Applied and environmental microbiology. – 1991. – Vol. 57. – P. 3613–3615.

250. The yeasts: a taxonomic study / [J. Lodder] ; ed. by N. J. W. Kreger-van Rij. – Amsterdam : North-Holland, 1952. – 713 p.

251. The yeasts: a taxonomic study / ed. by N. J. W. Kreger-van Rij. – 3rd revised and enlarged edition. – Amsterdam : Elsevier, 1984. – ISBN 0-444-80421-8. – 1082 p.

252. Tribole, E. Celiac sprue / E. Tribole, C. Kupper, M. Pietzak // The New England journal of medicine. – 2002. – Vol. 347, iss. 6. – P. 446–448.

253. Van Belkum, M. J. Nonlantibiotic antibacterial peptides from lactic acid bacteria / M. J. van Belkum, M. E. Stiles. – DOI: 10.1039/a801347k // Natural product reports. – 2000. – Vol. 17, iss. 4. – P. 323–335.

254. Van Kraaij, C. Engineering a disulfide bond and free thiols in the lantibiotic nisin Z / C. van Kraaij, E. Breukink, H. S. Rollema [et al.]. – DOI: 10.1046/j.1432-1327.2000.01075.x // European journal of biochemistry. – 2000. – Vol. 267. – P. 901−909.

255. Van Oort, M. Enzymes in bread making / M. van Oort. – DOI: 10.1002/9781444309935.ch6 // Enzymes in food technology / ed. by R. J. Whitehurst, M. van Oort. – 2nd edition. – Chichester : Wiley-Blackwell, 2009. – P. 103–143.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Опросный лист для проведения мониторинга качества хлебобулочных изделий в рамках реализации стратегического проекта «Производство качественных продовольственных товаров – здоровый образ жизни горожан»

1. Место проведения опроса _____

2. Как часто Вы посещаете наш магазин?

- ☐ каждый день
- ☐ обычно не посещаю
- ☐ зашел(ла) в первый раз

3. Почему Вы купили хлеб в нашем магазине?

- ☐ удобное расположение
- ☐ выгодная цена
- ☐ случайный выбор магазина
- ☐ широкий ассортимент
- ☐ свежесть и качество
- ☐ другое

4. Как Вы оцениваете обеспеченность населения вашего района хлебобулочными изделиями?

- ☐ высокая
- ☐ достаточная
- ☐ удовлетворительная
- ☐ слабая

5. Какие хлебобулочные изделия Вы приобретаете чаще:

- ☐ Хлеб «Чусовской»
- ☐ Хлеб пшеничный
- ☐ Батон «Подмосковный»

- другое

6. Хлеб какой торговой марки Вы покупаете чаще?

- СМАК
- Всеслав
- Реж Хлеб
- Русский хлеб
- Альфа-Хлеб
- Каравай
- Наш хлеб
- Главхлеб
- другое

7. Устраивает ли Вас график работы нашего магазина?

- да
- нет Если «нет», укажите желаемый _____

8. Возраст _____

9. Род занятий _____

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Технические условия ТУ 10.61.24-010-02069214-2019
«Комплексная добавка для хлеба „Бетуларин“»

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ОКПД 10.61.24.000

Группа Н 32
ОКС 67.220

Утверждаю:
Ректор ФГБОУ ВО УрГЭУ
_____ Я.П. Силин
«07» февраля 2019 г.

Комплексная добавка для хлеба «Бетуларин»
Технические условия
ТУ 10.61.24-02069214-010-2019

Дата введения в действие
«07» февраля 2019 г.
Без ограничения срока действия

Разработчик:
Уральский государственный экономический университет, кафедра технологии питания
аспирант _____ Панкратьева Н.А.
зав. каф., д.т.н. _____ Чугунова О.В.

Екатеринбург, 2019

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Технологическая инструкция ТИ 10.61.24-010-02069214-2019
«Комплексная добавка для хлеба „Бетуларин“»

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ОКПД 10.61.24.000

Группа Н 32
ОКС 67.220

Утверждаю:
Ректор ФГБОУ ВО УрГЭУ
_____ Я.П. Силин
«07» февраля 2016г

Технологическая инструкция
Комплексная добавка для хлеба «Бетуларин»
ТИ ТУ 10.61.24-02069214-010-2019
(вводится впервые)

Дата введения в действие
«07» февраля 2019 г.
Без ограничения срока действия

Разработчик:
Уральский государственный экономический университет, кафедра технологии питания
аспирант _____ Панкратьева Н.А.
зав. каф., д.т.н. _____ Чугунова О.В.

Екатеринбург, 2019

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Технические условия ТУ 10.72.19-02069214-009-2019 «Хлеб длительного хранения „Хлебушко“ из пшеничной муки первого сорта»

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ОКПД 10.72.19.111

Группа Н 32
ОКС 67 060

Утверждаю:
Ректор ФГБОУ ВО УрГЭУ
Я.П. Силин
«07» февраля 2019г

Хлеб длительного хранения «Хлебушко» из пшеничной муки 1 сорта

Технические условия

ТУ 10.72.19- 02069214-009-2019

(вводится впервые)

Дата введения в действие
«07» февраля 2019 г.
Без ограничения срока действия

Разработчик:
Уральский государственный экономический университет, кафедра технологии питания
аспирант Панкратьева Н.А.
зав. каф., д.т.н. Чугунова О.В.

Екатеринбург, 2019

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Технологическая инструкция ТИ 10.72.19-02069214-009-2019
«Хлеб длительного хранения „Хлебушко“ из пшеничной муки первого сорта»

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ОКПД 10.72.19.111

Группа Н 32
ОКС 67 060

Утверждаю:
Ректор ФГБОУ ВО УрГЭУ
_____ Я.П. Силин
«07» февраля 2019

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ

Хлеб длительного хранения «Хлебушко» из пшеничной муки 1 сорта

ТИ 10.72.19- 02069214-009-2019

Дата введения в действие
«07» февраля 2019 г.
Без ограничения срока действия

Разработчик:
Уральский государственный
экономический университет,
кафедра технологии питания
аспирант _____ Панкратьева Н.А.
зав. каф., д.т.н. _____ Чугунова О.В.

Екатеринбург, 2019

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Патент РФ № 2723520 «Способ подавления картофельной болезни и плесневения»

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2723520

Способ подавления картофельной болезни и плесневения хлеба

Патентообладатель: ***Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уральский государственный экономический университет" (УрГЭУ) (RU)***

Авторы: ***Панкратьева Наталья Анатольевна (RU), Заворохина Наталия Валерьевна (RU), Чугунова Ольга Викторовна (RU)***

Заявка № **2019100804**
Приоритет изобретения **10 января 2019 г.**
Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **11 июня 2020 г.**
Срок действия исключительного права на изобретение истекает **10 января 2039 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Акты внедрения результатов диссертационных исследований в ООО «Багет» (г. Челябинск)

Предприятие пищевой промышленности

Общество с ограниченной ответственностью

БАГЕТ

454047, г. Челябинск, ул. 60 лет Октября, д. 2-б, тел/факс (351)7358994

р/с 40702810972210020050 в Челябинском отделении №8597 г. Челябинск

к/с 30101810700000000602, БИК 047501602

ИНН 7450005805 КПП 746001001

ОГРН 1027402820103

Акт

внедрения в производство
хлеба из муки пшеничной 1 сорта длительного хранения,
на основе наносуспензии бетулина

Мы, нижеподписавшиеся, комиссия в составе:
Председатель: директор Козлов Юрий Алексеевич
Члены комиссии:
Директор по производству: Лосев Андрей Вячеславович
Коммерческий директор: Хара Евгений Петрович
Технолог: Пашнина Айслу Жангировна

настоящим актом подтверждаем, что хлеб из муки пшеничной 1 сорта длительного хранения, на основе наносуспензии бетулина, по технологии и рецептуре, разработанной старшим преподавателем кафедры технологии питания Уральского государственного экономического университета Панкратьевой Натальей Анатольевной, апробировали в производственных условиях ООО «Багет».

Внутренняя дегустационная комиссия ООО «Багет» дала положительную оценку образцам хлеба.

Хлеб из муки пшеничной 1 сорта длительного хранения на основе наносуспензии бетулина был утвержден на внедрение в производство дегустационной комиссией (протокол № 12 от 05.09.2019г).

Председатель комиссии
директор ООО «Багет» _____ Ю.А Козлов
Члены комиссии
директор по производству _____ А В. Лосев

коммерческий директор _____ Е.П. Хара

технолог _____ А. Ж.Пашнина.

Российская Федерация Общество с ограниченной ответственностью «БАГЕТ» г. Челябинск

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Технические условия ТУ 10.72.11-012-02069214-2019
«Хлеб из пшеничной муки „Жито“ длительного хранения»

ООО ЦЕНТР «ДЕГУСТАТОР»

ОКПД 10.72.19.111

Группа Н 32
ОКС 67 060

УТВЕРЖДАЮ:
Директор
_____ Заворохина Н.В.
«02» декабря 2019г

Хлеб из пшеничной муки «Жито» длительного хранения

Технические условия

ТУ 10.72.19- 02069214-012-2019

(вводится впервые)

Дата введения в действие
«02» декабря 2019 г.
Без ограничения срока действия

Разработчик:

Ст. преподаватель кафедры технологии питания ФГБОУ ВО УрГЭУ

Панкратьева Н.А._____

Екатеринбург, 2019

ПРИЛОЖЕНИЕ К

Технологическая инструкция ТИ 10.72.11-012-02069214
«Хлеб из пшеничной муки „Жито“ длительного хранения

ООО ЦЕНТР «ДЕГУСТАТОР»

ОКПД 10.72.19.111

Группа Н 32
ОКС 67 060

УТВЕРЖДАЮ:
Директор
Центра «Дегустатор» Шаворохина Н.В.
«02» декабря 2019г

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ

Хлеб из пшеничной муки «Жито» длительного хранения

ТИ 10.72.19- 02069214-012-2019

Дата введения в действие
«03» декабря 2019г.
Без ограничения срока действия

Разработчик:

Ст. преподаватель кафедры технологии питания ФГБОУ ВО УрГЭУ

Панкратьева Н.А.

Екатеринбург, 2019

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Акт о внедрении результатов диссертационных исследований в ООО Центр «Дегустатор» (г. Екатеринбург)

центр·ДЕГУСТАТОР·
Все грани вкуса!
620057, г.Екатеринбург, ул.Таганская, д.52, оф.294, тел/факс (343) 319-46-73,
e-mail: degustator@olympus.ru, www.degustato.ru

Исх. 23/2 от 14.01.2020

АКТ О ВНЕДРЕНИИ

диссертационных исследований, выполненных
Панкратьевой Натальей Анатольевной
на тему:
«Разработка хлеба длительного хранения и его товароведная оценка»

на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов функционального и специализированного назначения и общественного питания

Настоящим подтверждаем, что материалы диссертационной работы Панкратьевой Н.А. «Разработка хлеба длительного хранения и его товароведная оценка» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов функционального и специализированного назначения и общественного питания внедрены в ООО «Центр» Дегустатор в части:
- использования описательной дегустационной балльной шкалы степени зараженности хлеба картофельной болезнью;

Исполнительный директор к.х.н. Андреева И.А.

Российская Федерация г. Екатеринбург Общество с ограниченной ответственностью Центр «Дегустатор» ИНН 6673134496 ОГРН 1056604332780

ПРИЛОЖЕНИЕ М

Акт о внедрении результатов диссертационных исследований на кафедре технологии питания ФГБОУ ВО «УрГЭУ»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе и качеству образования ФГБОУ ВО
« Уральский государственный экономический университет»
д-р экон. наук, доцент
Д.А.Карх
_____2020

АКТ

внедрения материалов диссертационного исследования Панкратьевой Натальи Анатольевны в учебный процесс кафедры технологии питания

Мы, нижеподписавшиеся, заведующая кафедрой технологии питания, д-р техн. наук, профессор Чугунова О.В. и доцент, ученый секретарь кафедры технологии питания, канд. техн. наук Кокорева Л.А. составили настоящий акт о том, что материалы диссертационной работы старшего преподавателя кафедры Панкратьевой Н.А. «Разработка хлеба длительного хранения и его товароведная оценка» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.15 — Технология и товароведение пищевых продуктов функционального и специализированного назначения и общественного питания ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет» используются при проведении лекционных и практических занятий, а также при выполнении выпускных квалификационных работ бакалаврами, обучающимися по направлению подготовки «Технология продукции и организация общественного питания».

Заведующая кафедрой технологии питания,
д-р техн. наук, профессор
ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет» _____Чугунова Ольга Викторовна

Доцент, учёный секретарь кафедры технологии питания,
канд. техн. Наук
ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет» _____Кокорева Лариса Анатольевна