

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЗАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи



Маслов Александр Васильевич

**РАЗРАБОТКА ПИЩЕВОЙ КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ
РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ
ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

4.3.3. Пищевые системы

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
доцент, Мингалеева З.Ш.

Казань – 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	13
1.1 Тенденции развития хлебопекарной промышленности в соответствии с государственной политикой в области здорового питания	13
1.2 Применение растительного сырья для расширения ассортимента хлебобулочных изделий	20
1.3 Обоснование и способы создания пищевой комплексной добавки	30
1.3.1 Общая характеристика, физиологическая ценность и перспективы применения растительного сырья в хлебопекарном производстве	31
Заключение к обзору литературы.....	47
ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	49
2.1 Сырье и материалы, используемые при проведении исследований	49
2.2 Методы исследований	51
2.2.1 Методы анализа сырья	51
2.2.2 Методы оценка качества полуфабрикатов и готовых изделий.....	53
2.2.3 Способы изучения антиоксидантной и ферментингибирующей активности экстрактов сырья и хлебобулочных изделий	56
2.2.4 Методы статистической обработки результатов.....	60
ГЛАВА 3 ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ПИЩЕВОЙ КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКИ.....	61
3.1 Исследование химического состава и качественных показателей растительного сырья	61
3.2 Исследование влияния растительного сырья на качество пшеничной муки высшего сорта и биотехнологические показатели прессованных хлебопекарных дрожжей	75
3.3 Разработка способов предварительной активации хлебопекарных прессованных дрожжей	83
3.4 Исследование влияния растительного сырья на процессы тестоведения.....	87

3.5 Исследование влияния растительного сырья на показатели качества хлебобулочных изделий	92
3.6 Математическая оптимизация соотношения растительного сырья в составе пищевой комплексной добавки по показателям качества	99
3.7 Исследование свойств пищевой комплексной добавки.....	105
ГЛАВА 4 ВЛИЯНИЕ ПИЩЕВОЙ КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКИ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА СЫРЬЯ	112
4.1 Исследование влияния пищевой комплексной добавки на состояние белково-протеиназного и углеводно-амилазного комплексов муки пшеничной высшего сорта.....	112
4.2 Исследование влияния пищевой комплексной добавки на реологические свойства теста и вязкость водно-мучной суспензии из муки пшеничной высшего сорта и смеси ржаной обдирной муки и пшеничной муки первого сорта	115
4.3 Исследование влияния пищевой комплексной добавки на газообразующую и газодерживающую способности муки	133
4.4 Исследование влияния пищевой комплексной добавки на биотехнологические показатели хлебопекарных прессованных дрожжей и концентрированной молочнокислой закваски	139
ГЛАВА 5 РАЗРАБОТКА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ	145
5.1 Разработка хлебобулочных изделий из муки пшеничной высшего сорта с пищевой комплексной добавкой	145
5.2 Разработка хлебобулочных изделий из ржано-пшеничной муки с пищевой комплексной добавкой	167
ГЛАВА 6 ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА РАЗРАБОТАННОЙ ПРОДУКЦИИ.....	179
6.1 Исследование химического состава и антиоксидантной активности хлебобулочных изделий	179
6.2 Исследование влияния водных экстрактов хлебобулочных изделий на активность ферментов гидролаз	188

6.3 Исследование микробиологических показателей безопасности хлебобулочных изделий в процессе хранения	191
ГЛАВА 7 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ РАЗРАБОТАННЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ	194
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	201
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	205
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	253
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Шкала органолептической оценки расчета среднего бала качества хлебобулочных изделий	253
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Регрессионный анализ зависимости прироста подъемной силы прессованных хлебопекарных дрожжей от условий проведения предварительной активации с использованием пророщенной спельты и порошка вешенки	254
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Патент на изобретение «Способ предварительной активации прессованных хлебопекарных дрожжей»	255
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Патент на изобретение «Способ предварительной активации прессованных хлебопекарных дрожжей»	256
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Регрессионный анализ зависимости прироста кислотности тестовых полуфабрикатов в процессе брожения по сравнению с контрольными образцами от времени брожения	257
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Технические условия на пищевую комплексную добавку «Вкус осени»	258
ПРИЛОЖЕНИЕ 7. Патент на изобретение «Способ предварительной активации прессованных хлебопекарных дрожжей для производства хлебобулочных изделий»	259
ПРИЛОЖЕНИЕ 8. Нормативно-техническая документация на хлебобулочные изделия из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта.....	260
ПРИЛОЖЕНИЕ 9. Аппаратно-технологические схемы производства хлебобулочных изделий из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта «Осенние»	264

ПРИЛОЖЕНИЕ 10. Акты выработки опытных партий хлебобулочных изделий из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта	265
ПРИЛОЖЕНИЕ 11. Нормативно-техническая документация на хлебобулочные изделия из смеси ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта.....	266
ПРИЛОЖЕНИЕ 12. Аппаратно-технологическая схема производства хлебобулочных изделий из смеси ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта «Аппетитные»	269
ПРИЛОЖЕНИЕ 13. Акт выработки опытной партии хлебобулочных изделий из смеси ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта.....	270
ПРИЛОЖЕНИЕ 14. Протокол исследования содержания минеральных и токсичных элементов в растительном сырье и хлебопекарной муке	272
ПРИЛОЖЕНИЕ 15. Протокол исследования химического состава растительного сырья и хлебопекарной муки.....	273
ПРИЛОЖЕНИЕ 16. Протокол исследования истинной плотности растительного сырья и хлебопекарной муки с использованием гелевого пикнометра АссуРус II 1340.....	274
ПРИЛОЖЕНИЕ 17. Протокол исследования гранулометрического состава растительного сырья и хлебопекарной муки.....	275
ПРИЛОЖЕНИЕ 18. Сертификаты, свидетельства, дипломы	276

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Обеспечение здоровья населения в настоящее время – это важная стратегическая задача для государства, решение которой связано с созданием условий для сбалансированного питания граждан. Распространение неинфекционных алиментарно-зависимых заболеваний приводит к потерям трудоспособности населения и снижению продолжительности жизни [47]. Мониторинг удовлетворенности потребности различных групп детского и взрослого населения в пищевых веществах и энергии показывает, что структура потребления в Российской Федерации не соответствует принципам здорового питания: повышенная калорийность рациона, избыточное потребление жиров, дефицит белков, витаминов, макро- и микроэлементов, клетчатки [107, 191].

Указ Президента РФ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» (от 7 мая 2018 г. № 204) ставит задачу «формирования системы мотивации граждан к здоровому образу жизни, включая здоровое питание» [231]. Согласно «Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г.» (распоряжение Правительства РФ от 29 июня 2016 г. № 1364-р) с целью решения проблемы роста заболеваемости населения при потреблении продуктов питания с низкими потребительскими свойствами предполагается производить продукцию нового поколения с заданными характеристиками качества, разрабатывать инновационные технологии глубокой переработки сельскохозяйственного сырья и производства пищевых ингредиентов для получения новых видов обогащенной пищевой продукции, отвечающей принципам здорового питания [190]. «Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года» (распоряжение Правительства РФ от 8 сентября 2022 г. № 2567-р) предполагает создание условий для экономической доступности пищевой продукции, требуемой для составления рациона здорового питания [189]. Кроме того, «Стратегия социально-экономического развития Республики Татарстан до 2030 года» (закон РТ от 17 июня 2015 г. № 40-ЗРТ) в качестве одной

из направлений деятельности предполагает популяризацию культуры здорового питания [62].

В связи с обозначенными нормативно-правовыми актами актуальность представляют исследования, направленные на снижение недостатка нутриентов в продуктах питания путем их обогащения ингредиентами повышенной физиологической ценности. Обеспечение требуемой сбалансированности рациона предполагает обогащение продуктов питания массового потребления, таких как хлебобулочные изделия, ежедневно присутствующих в рационе и доступных различным слоям населения.

В настоящее время для повышения физиологической ценности продукции в хлебопекарной промышленности широко используются различные многокомпонентные смеси и комплексные добавки [1, 14, 112, 113, 187, 188]. Исследования по созданию комплексных добавок не всегда направлены на оптимизацию их состава математическими методами. Кроме того, не достаточно исследовано влияние применяемых комплексных добавок на технологические процессы и качественные показатели готовой продукции. Поэтому решение задач по повышению качества готовой продукции с использованием комплексных добавок на сегодняшний день остается актуальным. С точки зрения химического состава и технологических свойств перспективному сырью для создания комплексной добавки относятся пророщенная спельта, семена тыквы, грибы вешенки и ягоды крыжовника [25, 43, 279, 359, 365, 392].

Степень разработанности темы. Значительный вклад в разработку технологий обогащенных хлебобулочных изделий внесли такие отечественные и зарубежные ученые, как Т.Б. Цыганова, С.Я. Корячкина, В.Ю. Айрумьян, Н.М. Дерканосова, И.А. Тюрина, Е.В. Невская, ВU. Gawlik-Dziki, G. Bonafaccia, P. Chareonthaikij и другие. В работах исследователей приведены перспективы использования растительного сырья при производстве продукции повышенной физиологической ценности.

Цель работы: оптимизация состава пищевой комплексной добавки с применением растительного сырья и ее использование при производстве пшеничных и ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с заданными свойствами.

Для реализации поставленной цели решались следующие задачи:

- обоснование и оптимизация компонентного состава пищевой комплексной добавки;
- исследование влияния пищевой комплексной добавки на показатели качества сырья и свойства полуфабрикатов;
- исследование влияния пищевой комплексной добавки на процессы тестоведения и качество хлебобулочных изделий;
- исследование влияния пищевой комплексной добавки на химический состав, антиоксидантную активность готовой продукции;
- исследование влияния пищевой комплексной добавки на безопасность хлебобулочных изделий в процессе хранения;
- разработка нормативно-технической документации, проведение производственных испытаний и определение экономической эффективности разработанных хлебобулочных изделий.

Научная новизна.

Исследовано влияние порошков семян тыквы, грибов вешенок и ягод крыжовника, полученных сушкой сырья в вибрационной сушилке-мельнице, на углеводно-амилазный и белково-протеиназный комплексы муки, биотехнологические показатели прессованных хлебопекарных дрожжей, процессы тестоведения и качество хлебобулочных изделий.

Расчетным способом с использованием алгоритмов метода обобщенного приведенного градиента и методом дробного факторного эксперимента установлено соотношение пророщенной спельты, порошков семян тыквы, грибов вешенок, ягод крыжовника и муки пшеничной обойной в составе пищевой комплексной добавки, масс. %: 25:17,2:0,9:0,6:56,3, соответственно.

Установлены условия для предварительной активации прессованных хлебопекарных дрожжей: концентрация пищевой комплексной добавки – 16 г/2 г дрожжей, продолжительность активации – 20 минут, температура – 32 °С, что позволило повысить их биотехнологические показатели: увеличить подъемную

силу на 46,9 %, зимазную активность на 37,7 %, мальтазную активность на 13,4 % по сравнению с контролем.

Научно и экспериментально доказана целесообразность применения пищевой комплексной добавки при производстве хлебобулочных изделий, что позволяет сократить процесс приготовления пшеничных тестовых полуфабрикатов на 33,3 % при безопасном способе тестоведения, на 30,6 % при опарном способе, ржано-пшеничного теста на 8,3 % по сравнению с контрольными образцами и улучшить качество готовой продукции.

Установлено антимикробное действие пищевой комплексной добавки в процессе хранения хлебобулочных изделий и повышение антиоксидантной активности водных экстрактов хлебобулочных изделий «Осенние» и «Аппетитные» по показателю восстанавливающая активность на 105,6 % и 20,7 % по сравнению с контрольными образцами.

Практическая значимость работы. На основе проведенных исследований разработаны:

- хлебобулочные изделия «Осенние» из пшеничной муки высшего сорта с внесением в рецептуру пищевой комплексной добавки на стадии предварительной активации дрожжей;

- хлебобулочные изделия «Аппетитные» из смеси ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта с внесением в рецептуру пищевой комплексной добавкой на стадии замеса теста.

Разработана и утверждена нормативно-техническая документация: на пищевую комплексную добавку «Вкус осени» (ТУ 10.89.19-001-2000843913-2021), на хлебобулочные изделия из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта «Осенние» (СТО 23333135-001-2021, РЦ СТО 23333135-001-2021, ТИ СТО 23333135-001-2021, ТИ СТО 23333135-002-2021), на хлебобулочные изделия из смеси ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта «Аппетитные» (СТО 96888177-001-2022, РЦ СТО 96888177-001-2022, ТИ СТО 96888177-001-2022).

Производственные испытания проведены на АО «Булочно-кондитерский комбинат» (г. Казань); ООО «Центральное производство» (г. Казань).

Практическая значимость подтверждается следующими патентами: RU № 2711369, RU № 2737397, RU № 2762430.

Методология и методы исследования. Методологической основой исследования послужили научные работы, выполненные отечественными и зарубежными учеными, по изучению химического состава растительного сырья, обогащению продуктов питания нутриентами, созданию, оптимизации мучных смесей и разработке хлебобулочных изделий с заданными потребительскими свойствами.

Поставленные задачи исследования решались с использованием современных общепринятых и специальных методов исследования сырья, полуфабрикатов и готовых изделий, методы планирования экспериментов и анализа результатов.

Научные положения, выносимые на защиту:

- математическая оптимизация пищевой комплексной добавки по следующим параметрам: пористость, кислотность, удельный объем, выход и органолептическая оценка готовых изделий;

- экспериментальные данные влияния пищевой комплексной добавки на показатели качества сырья, процессы тестоведения пшеничных и ржано-пшеничных хлебобулочных изделий;

- обоснование использования пищевой комплексной добавки для повышения физиологической ценности готовой продукции.

Степень достоверности. Достоверность результатов исследования обеспечивается многократным повторением экспериментов и статистической обработкой данных с использованием компьютерных программ Microsoft Excel и Statistica 13, а также совместимостью теоретических и экспериментальных данных.

Апробация результатов. Основные положения диссертационной работы были представлены на научных конференциях различных уровней: VII, VIII и IX Международных научно-практических конференциях «Биотехнология: наука и практика» (Севастополь, 2019; Ялта, 2020; Крым, 2021); IX Международной молодежной научной конференции «Молодежь и XXI век – 2019» (Курск, 2019);

Всероссийских конференции молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием «Пищевые технологии и биотехнологии» (Казань, 2019, 2020, 2021, 2023); XXV Международной научно-практической конференции «Приоритетные направления развития науки и технологий» (Тула, 2019); Международной научно-практической конференции: «Адыгейский сыр: история, традиции, инновации» (Майкоп, 2019); Международной научно-практической конференции «Наука и образование в XXI веке: теория, методология, практика» (Уфа, 2019); II Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Инновационные технологии пищевых производств» (Севастополь, 2019); XV Международной научно-практической конференции «Качество продукции, технологий и образования» (Магнитогорск, 2020); Международной научно-практической конференции «Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции» (Саратов, 2020); III Всероссийской конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов «Актуальные проблемы и вопросы технологии производства продукции общественного питания, животноводства и растениеводства» (Казань, 2020); VI Международной научно-практической онлайн-конференции «Наука, образование и инновации для АПК: состояние, проблемы и перспективы» (Майкоп, 2020); международной научной конференции «Современные проблемы пищевой безопасности» (Санкт-Петербург, 2020); Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Горизонты биотехнологии» (Орел, 2020); Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежная наука – развитию агропромышленного комплекса» (Курск, 2020); II Международной научно-практической конференции в рамках международного научно-практического форума, посвященного Дню Хлеба и соли «Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции» (Саратов, 2021); III Международной научно-практической молодежной конференции «Пищевые технологии будущего: инновационные идеи, научный поиск, креативные решения» (Москва, 2021);

Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции «Продовольственная безопасность как фактор повышения качества жизни» (Орел, 2021); Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы прикладной биотехнологии и инженерии» (Оренбург, 2022); XIX Международной научно-практической конференции «Пища. Экология. Качество» (Новосибирск, 2022); Международном конкурсе научно-исследовательских проектов молодежи «Продовольственная безопасность» (Екатеринбург, 2023).

Публикации результатов работы. По материалам выполненных исследований опубликованы 32 научные работы, в том числе 1 статья в журнале, включенном в список Scopus, 6 статей в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, получено 3 патента РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 7 глав, заключения, списка используемой литературы и 18 приложений. Работа изложена на 276 страницах машинописного текста и содержит 56 таблиц, 79 рисунков. Список литературы включает 414 наименований российских и зарубежных авторов.

ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Тенденции развития хлебопекарной промышленности в соответствии с государственной политикой в области здорового питания

Хлебопекарная промышленность в Российской Федерации характеризуется концентрацией производственных мощностей на крупных предприятиях и в то же время большим количеством малых предприятий. На сегодняшний день хлебопекарные предприятия в России разделяются по объему общего производства следующим образом: доля крупных и средних пекарен на рынке составляет 72 %, доля небольших пекарен и пекарен в сетевых магазинах – 28 % [6]. Уровень использования среднегодовой производственной мощности промышленных хлебопекарен находится примерно на одном уровне (41,6 %), что говорит о наличии резервов для увеличения производства хлебобулочных изделий [196].

Необходимо отметить, что доля хлебобулочных изделий, вырабатываемых на промышленных хлебопекарных предприятиях, будет в дальнейшем снижаться, однако современные промышленные предприятия сохраняют тенденцию развития, при этом устаревшие предприятия покинут рынок [82]. Наряду с этим в крупных городах развиваются магазины по продаже пирогов, тандырного хлеба, пекарни-кафе-кондитерские эконом-сегмента, кроме того такие мини предприятия в будущем продолжат развитие в малых городах и будут занимать 2-3 % доли рынка хлеба в целом. Наиболее развивающийся сектор в российском хлебопечении за последние десять лет – это пекарни в местах продаж (особенно в сетевом ритейле), прирост объёмов которых составляет 0,5-1 % ежегодно [216].

В последнее время, наблюдается перераспределение потребления основных продуктов питания. На рисунке 1.1 представлен график потребления некоторых основных продуктов питания по Российской Федерации за период 2009-2022 гг. [233]. График показывает, что существует тенденция снижения потребления относительно дешевых и углеводистых продуктов, таких как хлебобулочные изделия и картофель, с одновременным увеличением потребления более дорогих

продуктов, содержащих витамины и белки, таких как овощи, фрукты, ягоды и мясопродукты. Данная тенденция связана с увеличением доходов населения и распространением рационального подхода к питанию. При этом, среди указанных групп основных продуктов питания потребление хлебобулочных изделий на душу населения в год остается максимально стабильным.

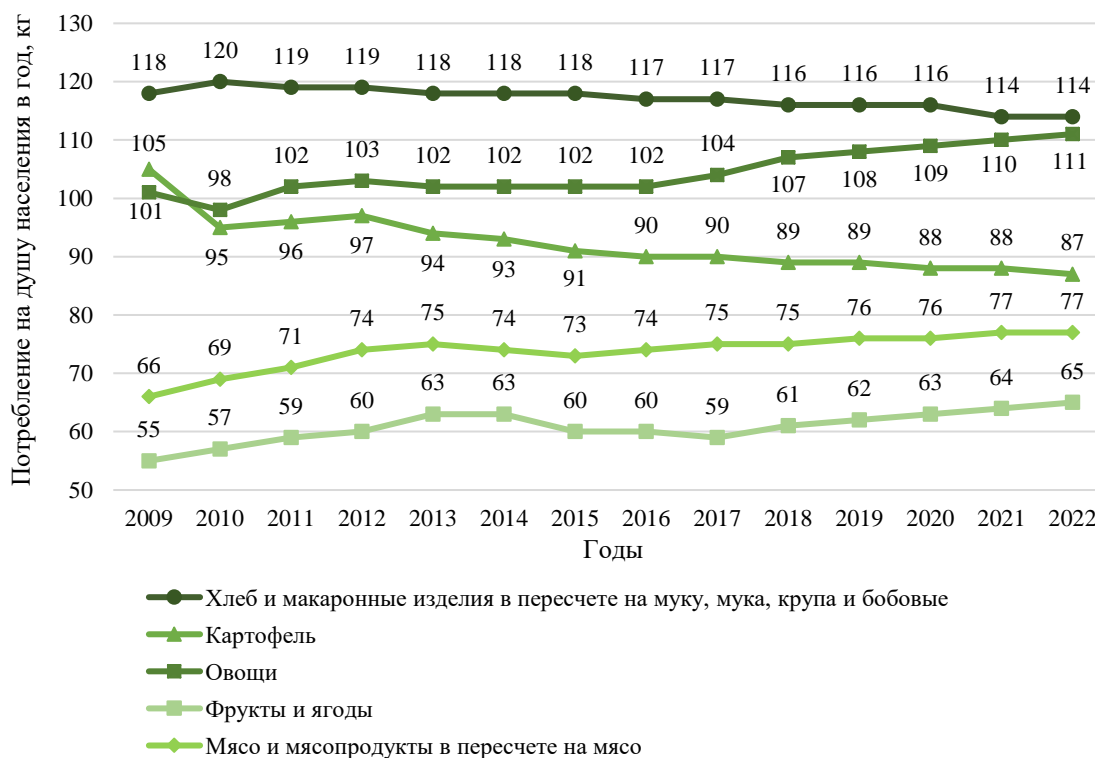


Рисунок 1.1 – Потребление основных продуктов питания по Российской Федерации за период 2009-2022 гг.

Потребление хлебобулочных изделий зависит от уровня доходов населения. На рисунке 1.2 представлена структура потребительских расходов домашних хозяйств по хлебобулочным изделиям и крупам по отношению к расходам на покупку продуктов для домашнего питания в зависимости от уровня среднедушевых располагаемых ресурсов по децильным группам населения.

Данные рисунка 1.2 показывают, что по мере увеличения дохода (децильной группы) уровень потребления хлебобулочных изделий и круп сокращается. Следовательно, люди, которые имеют меньше всего располагаемых ресурсов,

выступают основными потребителями хлебобулочных изделий и круп, так как большинство их потребительских расходов приходится именно на приобретение такой продукции [80, 233].

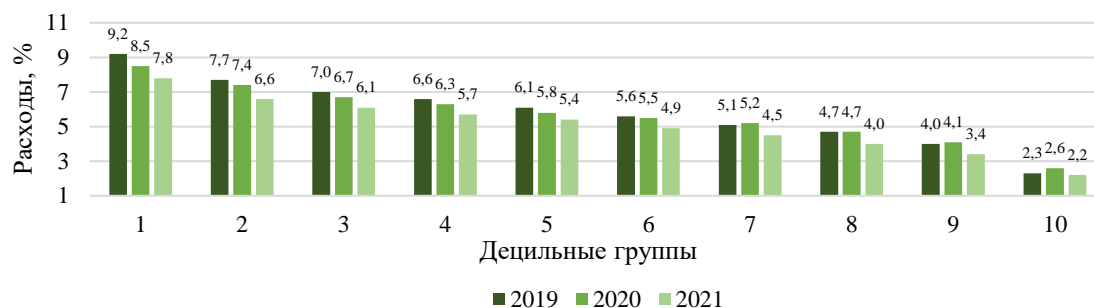


Рисунок 1.2 – Структура потребительских расходов домашних хозяйств по хлебобулочным изделиям и крупам

В декабре 2019 года мир столкнулся с новой инфекцией COVID-19, которая оказала огромное влияние на экономику, в том числе и на хлебопекарную промышленность. Согласно данным Росстата, объем потребления хлеба и хлебобулочных изделий во время пандемии оставался на таком же уровне, как и до нее. В структуре продаж доля дешевого хлеба увеличилась, это обуславливается снижением реальных доходов населения страны на фоне объявленных ограничений [233].

Кроме того, в период первой волны пандемии число российских потребителей, покупающие хлебобулочные изделия сократилось, что связано с увеличением доли россиян, занимающихся домашним хлебопечением, это также подтверждается увеличением продаж муки и дрожжей в весенний период на 8 % и 12 %, соответственно [5, 195, 206, 233]. Установлено, что один из самых популярных видов хлеба – ржаной (60,3 %), на втором месте находятся цельнозерновой хлеб (45,9 %), а на третьем – с добавлением семян (41,8 %). Пшеничный хлеб занял пятое место (32,9 %), за ними следуют лаваш (30,1 %) [64].

Анализируя ситуацию с потреблением хлеба и мучных изделий, следует рассмотреть реализацию политики здорового образа жизни в России [81, 86, 110, 206, 229]. Базу для обеспечения полноценного и здорового питания в России

составляют такие документы, как «Стратегия формирования здорового образа жизни населения, профилактики и контроля неинфекционных заболеваний на период до 2025 года», а также федеральный проект «Укрепление общественного здоровья» в рамках национального проекта «Демография» и закон о здоровом питании, принятый в 2020 году. Указанные законодательные документы вводят понятие «здоровое питание», указывают его принципы, особенности организации качественного, безопасного и здорового питания детей и отдельных групп населения [119, 175, 234].

В группу субъектов Российской Федерации, характеризующихся сильным влиянием на состояние здоровья населения факторов образа жизни, включена Республика Татарстан. Динамика заболеваемости населения Республики Татарстан, связанной с питанием, показана на рисунке 1.3 [222].



Рисунок 1.3 – Динамика заболеваемости населения Республики Татарстан, связанной с питанием

Данные рисунка 1.3 показывают, что в Республике Татарстан количество заболеваний, связанных с недостаточным поступлением в организм человека необходимых нутриентов, остается высоким.

Необходимо отметить, что по данным Росстата среди всех возрастных групп населения России от 14 до 80 лет наблюдаются заболевания, связанные с питанием (рисунок 1.4). При проведении исследования Росстатом респонденты отвечали на вопросы о наличии у них следующих заболеваний, связанных с питанием: повышенное артериальное давление, диабет, высокие уровни сахара и холестерина

в крови, инфаркт миокарда, инсульт, туберкулез, гепатит, сколиоз, остеопороз, анемия, заболевание желудочно-кишечного тракта, онкологическое заболевание, пищевая аллергия и переломы костей. При этом среди возрастной группы 14-17 лет 74,1 % респондентов страдают хотя бы одним заболеванием и 25,9 % имеют два и более заболеваний. При увеличении возраста количество заболеваний, связанных с питанием, возрастает [233].

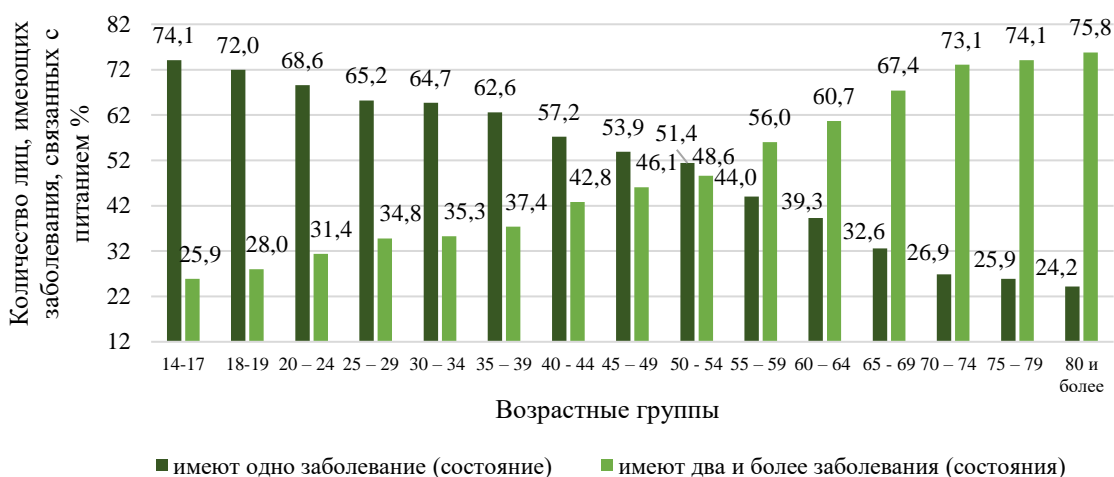


Рисунок 1.4 – Распределение лиц по количеству заболеваний, связанных с питанием

Согласно данным Татарстанстата потребление населением республики основных продуктов питания не соответствует рекомендации по адекватным нормам потребления продуктов питания, отвечающим современным требованиям здорового питания. Отмечается превышение рекомендуемых норм потребление мяса и мясопродуктов на 11,6 %, молока и молокопродуктов – на 10,4 %, яиц – на 18,8 %, продуктов переработки зерна – на 26 %, картофеля – на 49 %. Так, наблюдается уровень потребления овощей ниже рекомендуемых норм на 34 %, а по фруктам и ягодам на 21,5 %. Это связано с национальными традициями питания населения Республики Татарстан. В национальной кухне значительное место занимают следующие виды изделий: бэлеш, перемяч, эч-почмак, губадия, чак-чак и пр. [250].

Кроме того, более половины россиян предрасположены к лишнему весу. Основная причина развития ожирения и артериальной гипертензии –

нерациональное питание, прежде всего, высокий уровень потребления сахара, насыщенных жирных кислот и соли. Особое опасение вызывает увеличение числа детей и подростков с ожирением [233].

Разработка инновационных и полезных продуктов может снизить вероятность увеличения числа заболеваний, связанных с питанием, на протяжении всей жизни человека. Следует отметить, что в настоящее время производство специализированных изделий, в том числе диетических, и обогащенных микроэлементами продуктов составляет менее 2 %, а потребление «социального» хлеба – около 10 %, сохраняется на одном уровне в течение последних 50 лет [20, 86, 175, 206, 220, 229].

Показано, что под влиянием распространения направления здорового образа жизни потребители хотят больше получать пользы от хлебобулочных изделий за счет добавления повышенного количества семян, орехов и сухофруктов (44,5 %), а также добавления нетрадиционных для хлеба видов муки (гречневая, рисовая и др.) (40,4 %). Вместе с тем, потребителей интересуют фитнес-позиции (37,7 %), например, хлебобулочные изделия с пониженным содержанием сахара, с увеличением содержания клетчатки, хлеба с пониженной калорийностью и т.д. Потребителям интересны изделия с необычными сочетаниями добавок (например, ржаной с цедрой лимона, шоколадом и морской солью) (27,4 %) и изделия, обогащенные витаминами (16,4 %) [64].

Исследования рынка хлебобулочных изделий показали, что предпочтения потребителей меняются в сторону продуктов, которые считаются более полезными, то есть ориентированных не только на восполнение энергии (источник калорий), но и обладающих функциональными свойствами. Так, при покупке хлебобулочных изделий в 17 % случаев потребители в первую очередь обращают внимание на вкус, внешний вид и полезность. Следует отметить, что большее число потребителей обращают внимание на полезность, чем на цену, которую выделяют примерно 15 % покупателей [205, 220].

В то же время низкоуглеводные сорта хлеба отвечают требованиям здорового образа жизни. Перспективны разработки рецептур хлебобулочных изделий на

основе готовых сухих смесей, состоящих из муки нетрадиционных видов культур: овса, гречихи, кукурузы, а также содержащие семена льна, кунжута, подсолнечника, тыквы и других культур [119, 175, 205].

Поскольку хлеб и хлебобулочные изделия – продукты повседневного питания, спрос на этот вид продукции остается стабильным, однако в структуре потребления наблюдается замена хлебобулочных изделий другими продуктами, которые потребители считают более полезными. В связи с этим структура производства также должна измениться, и доля хлебобулочных изделий с добавленной стоимостью, которые население считает не только источником калорий, но и функциональным продуктом, должна увеличиться. По прогнозам, развитие рынка хлеба и муки в среднесрочной перспективе обусловлено растущим спросом на нетрадиционные сорта продуктов с более сложными рецептурами.

В современном мире наблюдается рост заболеваний обмена веществ, гипертонии, атеросклероза и сахарного диабета, в связи с чем актуальна разработка технологий применения низкоуглеводного сырья в хлебопекарной промышленности.

Исходя из современных знаний науки о питании и концепции развития хлебопекарной промышленности, можно выделить следующие актуальные пути изменения ассортимента хлебобулочных изделий:

- увеличение доли производства изделий с применением новых видов сырья и современных физико-химических методов;
- создание хлебобулочных изделий для диетического профилактического питания, отличающихся повышенным содержанием пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ, то есть имеющих высокую физиологическую ценность;
- создание сухих смесей из злаков, семян и другого сырья для производства хлебобулочных изделий;
- расширения ассортимента хлебобулочных изделий для населения разных возрастных групп, включая школьников и жителей экологически неблагополучных территорий Российской Федерации [81, 86, 110, 205, 206, 220, 229].

Таким образом, задача производства инновационных хлебобулочных изделий, состав которых согласуется с последними научными открытиями о здоровом образе жизни, выступает актуальной для российской хлебопекарной промышленности. Выполнение этой задачи требует модернизации существующих технологий производства обогащенных хлебобулочных изделий.

1.2 Применение растительного сырья для расширения ассортимента хлебобулочных изделий

В последние годы опыт использования растительного сырья в производстве хлебобулочных изделий значительно расширился [28, 129, 168, 177, 199, 218, 241]. Имеющиеся в научной литературе данные показывают, что растительное сырье способствует повышению физиологической ценности, улучшению потребительских характеристик и увеличению сроков хранения хлебобулочных изделий, а также придают им профилактические и функциональные свойства [38, 50, 51, 93, 94, 104, 163, 207].

Применение растительного сырья в технологиях хлебобулочных изделий требует разработку новых подходов, обеспечивающих получение готовых продуктов с хорошими потребительскими характеристиками качества [4, 12, 16, 19, 21, 61, 113, 179]. Так, проведены исследования с целью установления возможности применения муки из семян подсолнечника для повышения физиологической ценности хлебобулочных изделий [185, 218]. Известна технология производства хлебобулочных изделий из полбяной цельнозерновой муки с введением в рецептуру семян тыквы, томатной пасты и куркумы молотой, а также ВМК-премикса [168].

С целью повышения физиологической ценности хлебобулочных изделий и улучшения их потребительских характеристик разработаны способы применения ячменной муки, подвергнутой биоконверсии с использованием мезофильных заквасок, порошков и экстрактов крапивы двудомной и ее корня, закваски из овсяной крупы использованием сухого лактобактерина, люпиновой муки [16, 19, 53, 51, 94, 208, 241]. Проведены исследования по повышению физиологической

ценности мелкоштучных хлебобулочных изделий с использованием композиции добавок, состоящих из муки пшеничной обойной и высшего сорта овсяных хлопьев и отварного дикого риса [21]. Известна технология применения яблочного сока (30 % к массе жидкости для замеса теста), позволяющая повысить пищевую ценность хлебобулочных изделий, вырабатываемых ускоренным «холодным» способом тестоведения [4].

Для повышения содержания в хлебобулочных изделиях белка применяют различные белковые обогатители. Так, обоснован способ производства хлеба повышенной физиологической ценности с использованием муки из зерновой культуры сорго сорта «Рось», а также порошка из ямса [24, 163, 201]. Предложен способ производства хлебобулочных изделий для профилактического питания, который предусматривает внесение в тесто белковой массы, которую получают измельчением подсолнечного жмыха в тонкой, вращающейся по спирали пленке [138, 139].

В научно-технической литературе широко представлены технологии повышения физиологической ценности хлебобулочных изделий путем внесения в рецептуры изделий овощных, ягодных и плодовых порошков [12, 113, 179, 199, 207]. Так, показано, что морковный порошок позволяет улучшить структурные свойства теста и формоудерживающую способность хлеба [118, 183]. Выявлено, что внесение порошков из тыквы и моркови в рецептуру ржано-пшеничного хлеба способствует сокращению длительности брожения, улучшает потребительские свойства и увеличивает содержание β -каротина, пектина и пищевых волокон в готовой продукции, а также повышает антиоксидантную активность изделий [113].

Предложено вносить порошок свеклы и гранулированного чеснока в рецептуру ржано-пшеничного хлеба [61]. Установлено, что при использовании сушеных морковных, тыквенных и свекольных выжимок происходит ухудшение пористости и уменьшение объема готовых изделий [50]. Изучена возможность использования порошка лука, моркови и болгарского перца для изготовления ржано-пшеничного хлеба [207]. Выявлено, что внесение в пшеничную муку высшего сорта порошков томатов, капусты белокочанной и свеклы столовой способствует снижению массовой доли сырой клейковины, растяжимости,

гидратационной способности при незначительном изменении упругости клейковины. Показано, что указанные порошки в условиях предварительной активации хлебопекарных дрожжей интенсифицируют газообразование [198]. Предложено использовать смесь тонкодисперсных порошков моркови, тыквы и апельсина в комбинации с сиропом чёрной смородины для внесения в рецептуру ржано-пшеничного хлеба [179]. Обоснована целесообразность внесения в рецептуру пшеничного хлеба порошков из плодов рябины, черной смородины и листьев шпината [177].

Разработана технология производства функциональных хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта, обогащенных селеном, которая заключается в применении порошков капусты брокколи и лука порея [72, 75, 178, 225]. Известна технология получения порошков из капусты брокколи с применением конвективного и лиофильного способов сушки [37, 38, 75]. Предложено использовать порошок брокколи в смеси с порошком томата при производстве пшеничного хлеба [36].

Обоснована технология обогащения сдобных хлебобулочных изделий порошком из выжимок ягод костяники каменистой [199]. Предложено использовать плоды рябины красной для повышения содержания пищевых волокон и минеральных веществ в мучной продукции [104]. Изучена возможность использования порошков земляники, малины, красной смородины, облепихи и жмыха арбузных семян при производстве ржано-пшеничного хлеба [150, 174, 180]. Разработана технология применения биологически активных добавок, приготовленных из айвы, яблок, винограда, свеклы и моркови [167]. Обоснована целесообразность использования листьев, корней цикория и сухих продуктов из него при производстве функциональных хлебобулочных изделий [180]. Разработаны хлеб пшеничный с порошком цикория, сайки с порошком сои, фасоли, пюре из фасоли, багеты с цедрой лимона и апельсина, хлебушек с овсяными отрубями, булочки на сыворотке с лактулозой, лодочки с яблоками [28, 52, 98].

Предложено вносить выжимки из ягод крыжовника при выпечке пшеничного хлеба для улучшения его качества. Результаты органолептического анализа

показали, что выжимки ягод крыжовника можно использовать при выпечке пшеничного хлеба [323]. Разработана рецептура злакового батончика с крыжовником для питания работающих с аминами и нитросоединениями бензола [161]. Изучена возможность применения порошка крыжовника при производстве мучных кондитерских изделий с повышенной пищевой ценностью: кексов и печенья [228]. Исследованы реологические свойства теста при различном содержании порошка крыжовника. Обнаружено, что вязкость теста, содержащего крыжовник, ниже, чем у образцов без крыжовника [280].

Предложен способ производства ржано-пшеничного хлеба с использованием грибного порошка вешенки обыкновенной, который позволяет улучшить органолептические показатели качества и повысить содержание белков, незаменимых аминокислот, минеральных веществ, витаминов и пищевых волокон в готовых изделиях [31, 32]. Изучена возможность обогащения пшеничного подового хлеба соком грибов вешенок. Показано увеличение содержания витаминов (В₂, В₅ и РР) и минеральными веществами (Сu, К и Р) в готовой продукции [217]. Исследовано влияние бета-1,3/1,6-глюканов, экстрагированных из грибов вешенка обыкновенная, на реологические характеристики теста. Установлено, что внесение бета-1,3/1,6-глюканов не оказало серьезного воздействия на изучаемые показатели теста, и сделан вывод о перспективности применения указанных добавок в хлебопечении [35]. Предложено использовать мицелий вешенки в качестве белковой добавки и источника балластных веществ для хлебобулочных изделий [236]. Рассмотрена возможность использования измельченных сушеных грибов вешенок в рецептуре пшеничного хлеба. Показано положительное влияние вешенки на вкус и пищевую ценность хлеба [8].

Технология производства хлебобулочных изделий включает определенные стадии. С целью повышения пищевой и физиологической ценности готовых изделий растительное сырье может вноситься не только непосредственно при замесе тестовых полуфабрикатов, а также при предварительной активации прессованных хлебопекарных дрожжей и при приготовлении заквасок. Обнаружено, что в указанных

случаях происходит не только обогащение хлеба необходимыми нутриентами, а также интенсифицируется активность дрожжей и молочнокислых бактерий, соответственно.

Известно, что энергетический обмен в клетках хлебопекарных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* происходит по пути гликолиза. Потребляемые углеводы метаболизируются до этилового спирта и диоксида углерода, который разрыхляет тесто. Предпочтительные источники углерода для дрожжей *S. cerevisiae* – глюкоза и фруктоза, а также сахароза после гидролиза до глюкозы [342, 413]. Установлено, что в пшеничном тесте моно- и дисахариды присутствуют в небольшом количестве, а основным углеводом пшеничного теста выступает крахмал, который при созревании теста под действием амилолитических ферментов гидролизует до мальтозы [342]. Имеются данные, что в пшеничном тесте, приготовленном без добавления сахарозы, свободные сахара полностью ферментируются в течение первого часа, и в тесте остается только мальтоза, полученная из крахмала, поэтому дрожжи, используемые при приготовлении теста, должны обладать высокой способностью усваивать мальтозу [142, 336].

Необходимо отметить, что активность ферментов дрожжевых клеток, участвующих при усвоении углеводов, зависит от наличия в питательной среде соответствующих субстратов. В частности, известно, что индукция и подавление генов, задействованных при метаболизме глюкозы, зависит от присутствия глюкозы в среде для культивирования дрожжей [362]. Исследования показывают, что дрожжи *S. cerevisiae* способны реагировать на присутствие широкого спектра питательных веществ в окружающей среде с помощью сенсорных и сигнальных путей, которые идентифицируют питательные вещества, определяют их концентрации, в результате чего происходит регуляция экспрессии генов, роста, размножения и морфологии клеток [333, 341]. Описанные свойства дрожжевых клеток применяются в технологиях хлебопекарного производства в виде предварительной активации, которая проводится с целью улучшения их биотехнологических свойств [55, 318]. Предварительная активация заключается в выдержке дрожжей в питательной среде, содержащей компоненты, которые ускоряют синтез бродильных ферментов, что приводит к уменьшению

себестоимости хлебопекарной продукции за счет сокращения длительности технологического процесса производства [11, 42, 59, 76, 77, 84, 403].

Так, известна технология ускоренного производства хлебобулочных изделий на основе использования измельченных плодов можжевельника, которая позволяет интенсифицировать процесс брожения за счет увеличения количества клеток дрожжей на стадии их предварительной активации [149]. Доказано положительное влияние предварительной активации с использованием выжимок томатов и семян винограда на подъемную силу и потребительские характеристики качества хлебобулочных изделий. Показано положительное влияние порошка виноградных косточек на микрофлору квасных заквасок: молочнокислых бактерий и дрожжей *S. cerevisiae* [148]. Изучена возможность применения муки амарантовой белковой обезжиренной, а также белковой массы из подсолнечного жмыха для повышения биотехнологических свойств бродильного полуфабриката [140, 156]. Разработаны способы предварительной активации прессованных хлебопекарных дрожжей с использованием продуктов переработки хмеля в комбинации с обработкой питательной среды для активации озоновоздушной смесью, порошков из жмыха арбузных семян, смеси семян арбуза и выжимок арбуза, выжимок яблок, вторичных ресурсов, образующихся в процессе протирки груш, тыквы, свеклы, моркови и красного сладкого перца, очищенных от кожуры желудей дуба, семян винограда и зерен гречихи, семян чечевицы, шелушенного краснозерного риса, зерна тритикале, зародышей пшеницы, листьев стевии, тыквенной массы, полученной из семян тыквы, муки из рисовых отрубей [26, 55, 73, 77, 84, 124, 125, 127-137, 141, 164, 223]. Известны способы активации дрожжей *S. cerevisiae* с использованием водных экстрактов пихты сибирской (*Abies sibirica*), плодов расторопши пятнистой, корней одуванчика, фитосиропом клевера лугового [11, 42, 77, 78, 93, 142, 152].

В связи с увеличением доли малых хлебопекарных предприятий на рынке хлебобулочных изделий преобладают пшеничные и ржано-пшеничные сорта хлеба, приготовленные по ускоренным технологиям, с использованием сухих смесей и улучшителей. На малых хлебопекарных предприятиях из-за нехватки производственных площадей трудно реализовывать сложную технологию

разведения и дальнейшего поддержания заквасок [87]. Вследствие этого проводятся исследования по оптимизации и интенсификации технологии приготовления заквасок с использованием нетрадиционного растительного сырья. Обоснована целесообразность внесения муки из семян тыквы сорта Голосеменная в ржаную симбиотическую естественную закваску. Показано, что вносимое сырье в концентрациях 5-10 % взамен муки ускоряет накопление кислотности в 1,5 раза и увеличивает подъемную силу на 26 % по сравнению с контролем [89]. Предложено вносить ячменную муку в количестве 5-10 % взамен муки в тесте при приготовлении осахаренной заварки для разводочного цикла ацидофильной закваски. Установлено, что применение ячменной муки позволяет сократить длительность созревания закваски на 60-120 минут [109]. Обоснован способ производства диетического хлеба, предусматривающий приготовление закваски из диспергированной зерновой массы из овсяной крупы или овсяных хлопьев. Показано, что использование овсяной крупы и овсяных хлопьев позволяет сократить продолжительность тестоведения, максимально сохранить в хлебе β -глюкан и улучшить потребительские свойства готовых изделий [143]. Исследована возможность использования ферментативного гидролизата измельчённых пророщенных зёрен пшеницы в качестве субстрата для заквасок разного микробиологического состава [91, 170, 224]. Известна технология активирования ржаной и хмелевой заквасок яблочным пектином, который вносят в количестве 5 % взамен муки. Выявлено, что яблочный пектин способствует сокращению процесса приготовления теста [238]. Доказана практическая значимость использования гороховой закваски для замедления развития картофельной болезни по сравнению с контролем [71].

Предложен способ выращивания чистых культур микроорганизмов с использованием зерен пророщенной зеленой гречихи в качестве субстрата при производстве ржано-пшеничного хлеба [151]. Известен также способ производства ржаного хлеба с использованием термофильной закваски на гречневой муке [145]. Обоснована возможность использования порошка виноградных косточек при производстве молочнокислой закваски для ржанных и ржано-пшеничных сортов хлеба [147]. Разработана технология выведения закваски с использованием

амарантовой муки для приготовления безглютенового хлеба [157]. Известны технологии применения следующих растительных добавок при приготовлении заквасок для хлебобулочных изделий: мука из семян кунжута, рис, изюм, хмель, биоактивированное зерно пшеницы, виноградный муст и кукурузная мука, иван-чай, гидролизованное пюре из якона, водный экстракт девясила британского, тритикалевая и цельнозерновая полбяная мука [13, 44, 60, 88, 96, 103, 115, 123, 144, 146, 153, 154, 158-172, 221].

В таблице 1.1 представлен ассортимент обогащенных растительным сырьем хлебобулочных изделий, реализуемых в торговых предприятиях г. Казани и Республики Татарстан.

Таблица 1.1 – Ассортимент обогащенных растительным сырьем хлебобулочных изделий, реализуемых в торговых предприятиях г. Казани и Республики Татарстан

№ п/п	Наименование и масса хлебобулочных изделий	Обогащающее растительное сырье	Цена за ед., руб.	Цена за 1 кг, руб.
1	2	3	4	5
АО «Казанский хлебозавод №3»				
1.	Хлеб «Спортивный» (заварной), 0,35 кг	семена подсолнечника, бобы соевые дробленые, семена льна, крупа ржаная микронизированная, мука пшеничная солодовая обжаренная, отруби пшеничные	80,00	228,57
2.	Хлеб «Заливной с пророщенным зерном», 0,3 кг	пророщенное зерно ржи, семена подсолнечника	89,99	299,97
3.	Хлеб «Купеческий», 0,25 кг	зерно овсяное резаное, крупа кукурузная, семена льна темного, семена льна белого, отруби ржаные, солод ржаной неферментированный, закваска ячменная, ядро подсолнечника, семена тыквы, порошок ацеролы	57,00	228,00
4.	Хлеб «Живая рожь», 0,3 кг	осолодованное зерно ржи, закваска ячменная, порошок ацеролы	54,90	183,00
5.	Хлеб «Традиционный» с клетчаткой, 0,32 кг	мука ячменная солодовая обжаренная, тмин молотый, кориандр молотый, клетчатка	42,09	131,53

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5
6.	Хлеб «Посольский», 0,3 кг	ядро подсолнечника, семена льна, кунжут, хлопья овсяные, морковь сушеная	54,00	180,00
АО «Булочно-кондитерский комбинат»				
7.	Хлеб гречневый «Вместо каши», 0,25 кг	крупа гречневая	53,99	215,96
8.	Хлеб «Вильят» зерновой нарезанный, 0,3 кг	семена подсолнечника, семена льна, хлопья овсяные, семена тыквы, отруби пшеничные	51,99	173,30
АО «Челны-Хлеб»				
9.	Хлеб «Граненброт» нарезной, 0,35 кг	семена подсолнечника, семена льна, кунжут, овсяные хлопья, сушеная морковь, зерно ржи, семена льна	56,00	160,00
10.	Хлеб «Будь Здоров», 0,2 кг	ржаной шрот, ядро подсолнечника, семена льна	50,00	250,00
ЗАО «Зеленодольский хлебокомбинат»				
11.	Хлебцы «Шотландские», 0,2 кг	семена подсолнечника, семена льна, хлопья овсяные, семена тыквы, отруби пшеничные, лецитин подсолнечника	52,00	260,00
ООО «Рижский хлеб»				
12.	Хлеб «Крестьянский» со злаками бездрожжевой заварной подовый, 0,3 кг	семена подсолнечника, семена льна, семена кунжута, мак пищевой, отруби пшеничные	68,00	226,67
Пекарня сети супермаркетов «Перекрёсток»				
13.	Булочка «Фитнес», 0,05 кг	частично обжаренная солодовая пшеничная мука, цельномолотая пшеничная мука, хлопья овсяные, семена льна, семена подсолнечника, ячневая крупа, кунжут, мука соевая дезодорированная обезжиренная, морковь	15,00	300,00
ООО «ТД ТЕКОЯ»				
14.	Хлеб «Тыквенный» из пророщенного зерна пшеницы, 0,27 кг	пророщенная пшеница, тыквенные семечки	74,00	274,07
Производственное объединение «Булко»				
15.	Хлеб «Для фитнеса», 0,25 кг	семена подсолнечника, семена льна, кунжут, хлопья овсяные, морковь сушеная	53,99	215,96
ООО «Бахетле»				
16.	Хлеб тостовый «Мультизерновой», 0,3 кг	семена подсолнечника, семена льна, рожь резаная пропаренная, овес резанный пропаренный	89,00	296,67
17.	Хлеб тостовый «Фитнес», 0,2 кг	семена подсолнечника, семена льна, кунжут, овес плющенный, морковь сушеная	59,00	295,00

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5
Пекарня SPAR				
18.	Хлеб из смеси злаков «Чемпион», 0,3 кг	семена подсолнечника, бобы соевые, семена льна, крупка ржаная, отруби пшеничные	58,90	196,33
19.	Хлеб «Бездрожжевой со злаками», 0,28 кг	ядро подсолнечника, бобы соевые, семена льна, крупка ржаная, отруби пшеничные, гороховые волокна	57,90	206,79

Анализ данных таблицы 1.1 показывает, что наиболее часто в рецептуру обогащенных хлебобулочных изделий, встречающихся в объектах розничной торговли г. Казани и Республики Татарстан, входят семена подсолнечника и льна (78,9 %), продукты переработки ржи (52,6 %) и овса (42,1 %), кунжут и отруби пшеничные (31,6 %), морковь сушеная и отруби овсяные (26,3 %), семена тыквы и продукты переработки ячменя (21,1 %), бобы соевые (15,8 %), порошок ацеролы (10,5 %) и другое растительное сырье. Следует отметить, что в торговых предприятиях не представлены хлебобулочные изделия с пророщенной спельтой, крыжовником и продуктами переработки грибов. В связи с чем, хлебобулочные изделия «Осенние» и «Аппетитные» займут свою нишу на рынке обогащенных хлебобулочных изделий.

Наибольший ассортимент обогащенных хлебобулочных изделий выпускает АО «Казанский хлебозавод №3» (31,6 %), затем идут АО «Булочно-кондитерский комбинат», АО «Челны-Хлеб», ООО «Бахетле» и пекарня SPAR (10,5 %), обогащенные изделия остальных производителей представлены в магазинах по одному виду, что составляет по 5,3 %.

При внесении обогащающего растительного сырья повышается стоимость готовых хлебобулочных изделий. Средняя розничная цена обогащенных хлебобулочных изделий составляет 227,46 руб./кг, при этом самая низкая розничная цена установлена для хлеба «Традиционный» с клетчаткой, выпускаемого на АО «Казанский хлебозавод №3», самая высокая – булочки «Фитнес», производимой в пекарни сети супермаркетов «Перекресток». При

увеличении количества обогащающих ингредиентов в рецептуре хлебобулочных изделий возрастает их цена.

Таким образом, анализ литературных источников показал, что в хлебопекарной промышленности применяется растительное сырье с целью повышения физиологической ценности хлебобулочных изделий и придания им профилактических и функциональных свойств.

1.3 Обоснование и способы создания пищевой комплексной добавки

Применение растительного сырья с целью повышения физиологической ценности хлебобулочных изделий при индивидуальном применении ограничивается его влиянием на потребительские свойства, органолептические и физико-химические показатели качества, регламентируемые нормативной документацией на соответствующие сорта хлебобулочных изделий. Как правило, внесение нетрадиционного для хлебопечения сырья в рецептуру изделий приводит к получению готовой продукции с отличными от привычных для потребителей характеристиками, что ограничивает применение обогащающих добавок.

В соответствии с указанными причинами рационально разработать композицию растительного сырья в виде пищевой комплексной добавки с учетом химического состава и физиологической ценности составных ингредиентов, а также их влияния на показатели качества готовых изделий. Решение данной задачи невозможно без применения математических методов, которые позволяют в короткие сроки оптимизировать состав многокомпонентных смесей на основе выбранных критериев оптимизации.

В научной литературе представлены исследования, направленные на разработку композитных добавок для производства хлебобулочных изделий с повышенной физиологической ценностью и хорошими показателями качества. В качестве критериев оптимизации при разработке многокомпонентных добавок и смесей предложено использовать следующие показатели: технологические

свойства сырья, рекомендуемая суточная норма потребления хлебобулочных изделий и соотношение основных пищевых веществ, аминокислотный скор белка, удельный объем и органолептическую оценку качества готовых изделий, химический, жирнокислотный, витаминный, минеральный состав композиции, показатели удельного объёма, пористости мякиша и пищевой ценности хлеба [14, 18, 116, 187, 188]. Так, применяются следующие методы оптимизации состава: структурно-параметрическая оптимизация методом имитационного моделирования, методы полного факторного и композиционно ротatableльного планирования эксперимента, математическое моделирование с использованием надстройки «Поиск решения» MS Excel [1, 18, 108, 116, 187].

Таким образом, разработка и оптимизация состава многокомпонентных композиций добавок следует проводить с применением методов математического моделирования, которые позволяют создавать рецептуры композиций хлебопекарных добавок с заданными свойствами.

1.3.1 Общая характеристика, физиологическая ценность и перспективы применения растительного сырья в хлебопекарном производстве

В представленной работе при разработке пищевой комплексной добавки использовалось следующее нетрадиционное для хлебопечения растительное сырье: пророщенная спельта, семена тыквы, грибы вешенки, ягоды крыжовника, а также пшеничная обойная мука. Обзор научно-технической литературы, показывает, что выбранное растительное сырье – источники веществ, необходимые для полноценного питания: белки, липиды, углеводы, пищевые волокна, органические кислоты, минеральные вещества, витамины и другие биологически активные вещества. Кроме того, данное растительное сырье экономически доступно и произрастает в Республике Татарстан. Далее приводится общая характеристика используемого сырья.

Спельта (лат. *Triticum spelta*) – гексаплоидное злаковое растение, относящееся к роду Пшеница (лат. *Triticum*) семейства Злаковые (лат. *Gramineae*). Исследования, проведенные с целью установления взаимосвязи между спельтой и мягкой пшеницей (лат. *Triticum aestivum*), показали, что они принадлежат к одному виду, но к разным генофондам. Однако, в научно-технической литературе спельта и мягкая пшеница по-прежнему рассматриваются как отдельные виды [259, 298].

Исследования подтверждают, что спельта возникла путем естественной гибридизации одомашненной тетраплоидной пшеницы двузернянки (пшеница Эммер, Полба, лат. *Triticum dicoccum*) с дикорастущим диплоидным представителем семейства Злаковые Эгилопсом Тауша (Эгилопс растопыренный, козья трава, лат. *Aegilops tauschii*) [169, 298, 303, 328, 330, 334, 370].

В последние годы возрос интерес к спельте как к зерновой культуре, которая требует меньше затрат для выращивания и переработки, обладает высокой стрессоустойчивостью и характеризуется высокими потребительскими показателями качества. Кроме того, спельту возможно использовать в «органических» продуктах питания. В настоящее время данная зерновая культура применяется во многих областях пищевой промышленности [259, 298, 303, 315, 353, 359, 370, 388, 409]. В таблице 1.2 обобщены сведения о химическом составе пшеницы (*T. aestivum*) и спельты (*T. spelta*).

Согласно данным, представленным в таблице 1.2, спельта по сравнению с мягкой пшеницей характеризуется более высоким содержанием гемицеллюлозы; белка; липидов; минеральных веществ: магния, калия, железа и марганца; незаменимых аминокислот, а также некоторых жирных кислот: миристиновой, пальмитолеиновой, стеариновой, олеиновой, эйкозеновой. Однако, мягкая пшеница и спельта значительно не различаются по содержанию крахмала, растворимых пищевых волокон, лигнина и кальция [298, 303, 315].

Таблица 1.2 – Химический состав пшеницы (*T. aestivum*) и спельты (*T. spelta*)

Наименование	Средневзвешенное содержание и диапазон значений (мин.-макс.)				Ссылки на исследования
	n ¹	Пшеница	n ¹	Спельта	
Основные пищевые вещества, г/100 г сухого веса:					
Белок (N×6,25)	25	14,1 (10,9-17,5)	91	15,8 (9,8-25,5) 15,5 23,7 18,2 16,8 18,8 18,7	[34,45,56,215,246, 258,287,298,303]
% незаменимых аминокислот к общему содержанию аминокислот	4	35,6 (34-39)	13	36,4 (34-41)	[258, 298]
Липиды	21	2,0 (1,1-3,7)	74	2,5 (1,4-5,2)	[34,45, 215,298, 391]
Углеводы, в том числе	6	69,1 (63,6-82,3)	19	66,8 (59,2-79,3)	[298, 303]
крахмал	2	63,0 (62,4-68,1)	10	64,5 (60,9-67,6)	[246, 298]
сахара	2	3,3 (3,1-3,3)	9	2,2 (1,7-3,4)	[298]
Пищевые волокна	144	14,8 (12,1-15,4)	34	10,9 (7,7-14,9)	[34, 287, 298, 388, 410]
нерастворимые пищевые волокна	8	11,2 (10,7-13,2)	21	9,3 (7,8-12,9)	
растворимые пищевые волокна	8	1,7 (1,4-2,2)	21	1,7 (0,8-2,4)	[34,45, 215,298, 388]
лигнин	4	0,9 (0,6-1,2)	8	0,9 (0,6-1,1)	
гемицеллюлоза	4	8,2 (7,0-9,2)	8	9,3 (4,6-18,8)	
целлюлоза	4	2,3 (2,1-2,8)	8	2,0 (1,4-2,3)	
клетчатка	8	2,6 (1,8-4,0)	22	2,4 (1,7-3,3)	[34,45, 215,298]
Минеральные вещества	8	2,1 (1,68-2,89)	1	2,1	
Жирные кислоты, г/100 г жирных кислот:					
Миристиновая кислота	1	0,5	4	0,6	[298, 395]
Пальмитиновая кислота	22	18,9 (16,7-19,3)	40	17,2 (16,7-18,5)	
Пальмитолеиновая кислота	1	0,2	4	0,3	
Стеариновая кислота	17	0,8 (0,5-0,9)	31	1,0 (0,7-1,4)	
Олеиновая кислота	22	11,4 (10,7-11,6)	40	18,1 (16,1-20,4)	
Линолевая кислота	22	63,2 (62,5-64,6)	40	59,6 (55,0-63,2)	
α-линоленовая кислота	22	5,6 (5,1-7,1)	40	3,8 (3,0-4,5)	
Эйкозеновая кислота	1	0,6	4	0,7	
Макроэлементы, мг/100 г сухого веса:					
Кальций	1	0,12	1	0,11	[303]
Магний	1	1,15	1	1,38	
Калий	1	5,24	1	6,05	
Фосфор	1	5,7	1	4,09	
Микроэлементы, мкг/100 г сухого веса:					
Медь	1	2,591	1	0,778	[303]
Железо	1	67,18	1	104,41	
Марганец	1	49,5	1	68,58	
Цинк	1	31,82	1	24,15	

Примечание: некоторые данные пересчитаны на 100 г сухого веса;

1) n – количество образцов, анализируемых в исследованиях

В таблице 1.3 обобщены сведения о содержании фенольных соединений в зернах мягкой пшеницы (лат. *T. aestivum*) и спельты (лат. *T. spelta*) и их общая антиоксидантная активность [279, 315].

Таблица 1.3 – Содержание фенольных соединений в зернах и общая антиоксидантная активность пшеницы (*T. aestivum*) и спельты (*T. spelta*)

Наименование	Средневзвешенное содержание			
	n ¹	Пшеница	n ¹	Спельта
Фенольные соединения ² , мкмоль галловой кислоты/с.в.	112	8,5±0,4	55	9,4±0,4
Флавоноиды, мкмоль катехина/с.в.	112	0,95±0,08	55	0,98±0,08
Феруловая кислота, мкмоль/с.в.	112	352±30	55	369±34
Синапиновая кислота, мкмоль/с.в.	112	29±2,4	55	28±2,6
Фенольные соединения ³ , мкмоль/с.в.	112	419±35	55	438±39
Антиоксидантная активность: FRAP (ferric reducing/antioxidant power), мкмоль FeSO ₄ · 7H ₂ O / с.в.	112	4,8±0,4	55	5,1±0,4
Эквивалентная антиоксидантная способность Trolox, мкмоль Trolox / с.в.	112	8,5±0,4	55	9,8±0,8

Примечание: 1) n – количество образцов, анализируемых в исследовании;

2) колориметрический метод анализа;

3) метод высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Анализ данных таблицы 1.3 показывает, что по сравнению с пшеницей спельта содержит больше фенольных соединений, флавоноидов, феруловой кислоты и обладает более высокой антиоксидантной активностью.

Необходимо отметить, что большинство фенольных соединений в зернах спельты нерастворимы, поскольку они связаны сложноэфирными и эфирными связями с лигнином, целлюлозой и арабиноксиланом клеточной стенки [325, 326, 352, 363]. Во время прорастания семян злаковых растений активируются их эндогенные ферменты, которые катализируют расщепление сложных запасных веществ (белок и крахмал) на более простые молекулы (аминокислоты, глюкоза, мальтоза, олигосахариды) [286, 397]. При прорастании злаков в них также активируется синтез фенолов и других биологически активных соединений. Так установлено, что проросшие зерна злаков имеют более высокое содержание фенолов и более высокую антиоксидантную активность, чем непроросшие [301, 348, 394]. Показано, что в процессе проращивания зерен спельты происходит

увеличение концентраций всех свободных аминокислот, за исключением аминокислоты аспарагина [359].

Таким образом, пророщенная спелта может применяться в качестве источника биологически активных веществ при производстве обогащенных продуктов питания.

Тыква (лат. *Cucurbita*) относится к семейству Тыквенные (лат. *Cucurbitaceae* Juss.) [54, 68, 385, 377]. В настоящее время наибольшей популярностью пользуются 4 вида рода *Cucurbita*: тыква крупноплодная (лат. *Cucurbita maxima* Duchesne), тыква твердокорая (лат. *Cucurbita pepo* L.), тыква мускатная (лат. *Cucurbita moschata* Duchesne) и тыква фиголистная (лат. *Cucurbita ficifolia* Bouche.). Семена тыквы разных видов отличаются по характерным признакам. Так, семена тыквы крупноплодной крупные, мощные, с твердой оболочкой, тыквы мускатной и тыквы твердокорой – с тонкой оболочкой, тыквы фиголистной – окрашены в черный цвет [90, 235, 260, 262].

Семена тыквы обычно считаются агропромышленными отходами, однако они также могут служить источником биологически активных веществ [260, 262, 317, 339, 385]. Данные по химическому составу семян тыквы по результатам нескольких исследований обобщены в таблице 1.4 [25, 54, 90, 235, 291, 293].

Из данных, представленных в таблице 1.4, следует, что семена тыквы содержат много белка (до 43 % к массе сухих веществ) и большое количество липидов (до 52 % к массе сухого вещества). Аминокислотный состав белка семян тыквы по данным исследований приведены в таблице 1.5.

Анализ аминокислотного состава белка семян тыквы (таблица 1.5) показывает, что семена тыквы содержат комплекс аминокислот, в том числе незаменимых. В зависимости от сорта, условий выращивания и других факторов по показателю аминокислотный скор семена тыквы приближаются к «идеальному белку» или превышают его.

Таблица 1.4 – Химический состав семян тыквы по данным исследований

Наименование	Содержание						
	<i>C. maxima</i>		<i>C. moschata</i>		<i>C. pepo</i>		
Вид тыквы							
Сорт тыквы	Столовая зимняя А 5 ¹	Тунисский сорт «Вéjaoui» ¹	Мускатная ²	Витаминная ¹	Голосеменная ¹	Эссали ¹	Штирийская масляная ¹
Вода и летучие вещества, г	6,36-7,0	8,46	-	6,45-7,15	6,81-7,15	6,96	7,0
Основные пищевые вещества, г							
Белок	31,16-31,36	33,92	28,5	33,83-34,03	35,26-35,46	40,00	36,1
Липиды	28,32-28,42	31,57	52,0	29,09-29,19	31,43-31,79	35,53	39,2
Углеводы, в том числе	30,05-30,82	22,08	10,9	25,96-26,19	21,15-21,39	14,04	13,0
клетчатка	17,14-17,25	21,97	28,2	19,69-19,82	4,10-4,22	12,89	-
растворимые сахара	13,46-13,57	0,11	1,5	6,27-6,37	17,05-17,17	1,15	-
Минеральные вещества	2,91-3,04	3,97	5,0	3,97-4,14	4,55-4,95	3,47	4,7
Витамины, мг							
Тиамин (В ₁)	0,20-0,22	-	-	0,21-0,23	0,24-0,26	-	-
Рибофлавин (В ₂)	0,32-0,34	-	-	0,30-0,32	0,34-0,36	-	-
Витамин В ₆	0,70-0,71	-	-	0,75-0,76	0,78-0,79	-	-
Ниацин	2,03-2,05	-	-	2,07-2,09	2,09-2,11	-	-
Каротины	3,84-3,94	-	-	3,95-4,05	4,49-4,59	-	-
Витамин Е	26,69-26,72	-	-	27,41-27,44	29,65-29,68	-	-
Макроэлементы, мг							
Кальций	281,44-289,44	297,02	-	339,0-346,98	362,48-380,48	44,92	-
Магний	330,34-345,34	159,64	-	335,78-350,78	507,64-517,64	527,85	-
Калий	516,74-536,74	968,49	-	655,95-675,95	894,15-924,15	471,70	-
Фосфор	1363,26-1388,26	900,73	-	1921,65-1946,65	2167,15-2292,15	1471,24	-
Натрий	13,90-14,95	389,72	-	13,20-14,21	14,80-16,03	189,81	-
Микроэлементы, мкг							
Медь	940-960	40050	-	960-980	1330-1460	89840	-
Железо	6185-6210	16790	-	6515-6540	8125-8220	7070	-
Марганец	2710-2730	3740	-	3100-3120	3630-3740	3930	-
Цинк	6215-6540	27520	-	6955-6980	8255-8330	8420	-

Примечание: 1) содержание на 100 г семян тыквы; 2) содержание на 100 г сухих веществ

Таблица 1.5 – Аминокислотный состав белка семян тыквы

Аминокислоты	Содержание в «идеальном белке» согласно рекомендациям ФАО/ВОЗ, г/100 г белка [90]	Содержание, г/100 г белка	Аминокислотный скор	Ссылки на исследования
Незаменимые аминокислоты:				
Валин	5,0	1,36-6,70	20,25-122,5	[25, 90, 273, 310, 385]
Изолейцин	4,0	0,81-4,90	32,86-174,29	
Лейцин	7,0	2,30-12,20	27,27-107,82	
Лизин	5,5	1,50-5,93	20-242,86	
Метионин + цистин	3,5	0,70-8,50	35,5-208,33	
Треонин	4,0	0,83-7,45	20,75-186,25	
Триптофан	1,0	0,60-0,79	60-79	[25, 90, 385]
Фенилаланин + тирозин	6,0	2,13-12,5	27,2-134	[25, 90, 310, 385]
Заменимые аминокислоты:				
Аланин	-	0,74-10,86	-	[25, 90, 273, 310, 385]
Аргинин	-	1,70-23,10	-	
Гистидин	-	0,80-3,00	-	
Глицин	-	1,50-7,82	-	
Серин	-	0,64-7,40	-	
Аспарагиновая кислота	-	2,05-5,71	-	[25, 90, 273, 310, 385]
Глутаминовая кислота	-	3,50-14,82	-	
Пролин	-	1,70-5,00	-	

Примечание: некоторые данные пересчитаны в г/100 г белка.

Установлено, что белковые изоляты из семян тыквы характеризуются высокими значениями биодоступности аминокислот, а также обладают антиоксидантными и хелатирующими свойствами, а структура глобулина белка аналогична структуре белка семян бобовых [310, 314, 365, 366, 369, 387].

Исследования показывают, что содержание основных жирных кислот масла семян тыквы к сумме кислот характеризуется следующими значениями: линолевая – 4,59-69,12 %; олеиновая – 2,93-47,10 %; стеариновая – 0,78-13,46 %; пальмитиновая – 1,57-27,78 %. Имеются данные о небольших концентрациях лауриновой (1,34 %), каприновой (0,45 %), арахиновой (0,30-2,20 %), селэхолевой (0,30-0,36 %), пентадекановой (0,23 %), линоленовой (4,59-69,12 %) кислот, а также бегеновой (0,10-0,14 %), лигноцериновой (0,10-0,12 %), пальмитолеиновой (0,09-

0,36 %), эйкозеновой (0,07-0,16 %) и миристиновой (0,01-0,42 %) кислот в семенах тыквы [68, 90, 239, 272, 290, 294, 310, 378, 385].

Семена тыквы – источник изомеров витамина E: γ -, α - и δ -токоферолов, α -токотриенола, β - и γ -токотриенолов, которые считаются мощными антиоксидантами, предохраняющими липиды клетки от перекисного окисления. Токотриенолы обладают антихолестеринемическим потенциалом, а также нейропротекторными, кардиопротекторными и противоопухолевыми свойствами [274, 290, 306, 360, 364, 393, 404].

Семена тыквы характеризуется низким содержанием натрия, при этом богаты калием, кальцием, марганцем, фосфором, магнием и выступают хорошим источником цинка, железа и меди (таблица 1.4). Цинк, медь, марганец и железо обладают антиоксидантным потенциалом и служат кофакторами жизненно важных антиоксидантно-зависимых ферментов [295, 311, 367, 384].

В тыквенном масле содержатся фенольные соединения, обладающие антиоксидантными свойствами: тирозол, ванилин, *p*-гидроксibenзойная, кофейная, феруловая и ванильная кислоты, лютеолин, протокатехиновая, транс-*p*-кумаровая и сиринговая кислоты [267, 289-291, 338, 377, 380, 383]. Сообщается, что семена тыквы содержат фитостеролы, снижающие риск развития сердечно-сосудистых заболеваний [255, 268, 361, 389, 399, 400].

Показано, что биоактивные вещества, входящие в состав семян тыквы, способствуют снижению риска развития опухолей, микробных инфекций, гипергликемии и диабета, осложнений, связанных с окислительным стрессом [281, 305, 404]. Известно, что семена тыквы также обладают гепатопротекторными, ранозаживляющими, стимулирующими рост волос, антигельминтными, антиоксидантными и химиопротекторными свойствами. Кроме того, продукты переработки семян тыквы обладают антибактериальной активностью, а также подавляют рост плесневых грибов [261, 262, 309, 310, 398].

Таким образом, семена тыквы содержат большое количество биоактивных веществ, что делает их ценным ингредиентом для обогащения пищевых продуктов, в том числе хлебобулочных изделий.

Вешенки (лат. *Pleurotus spp.*), или устричные грибы, – одни из самых культивируемых видов грибов в России и мире. Существует несколько видов вешенок: *P. ostreatus*, *P. pulmonarius*, *P. djamor*, *P. sajor-caju*, *P. eryngii* и *P. calyptratus* и другие. Все грибы рода *Pleurotus* используют лигноцеллюлозные субстраты для роста плодовых тел. Плодовые тела грибов рода *Pleurotus* обладают высокими питательными и нутрицевтическими свойствами. Наиболее распространенный культивируемый вид вешенки – вешенка обыкновенная (лат. *P. ostreatus*) [97, 247, 257, 283, 343, 368, 374].

Химический состав плодовых тел вешенки обыкновенной, полученный по результатам исследований, обобщен в таблице 1.6. В связи с тем, что химический состав грибов вешенок зависит от состава субстрата, на котором они выращиваются, в таблице указаны следующие типы субстратов для выращивания грибов: опилки акации (А); багасса из сахарного тростника (Б); кукурузные початки (В); солома просяная (Е); солома пшеничная (Ж); стебли хлопка (З); стебли соевых бобов (И); опилки фигового дерева (К); опилки дождевого дерева (Л); опилки свитении махагоны (М); опилки леуцены светлоголовчатой (Н); опилки эвкалипта шаровидного (О); жесткая часть стеблей льна, отделяемая при производстве льноволокна (П); нет данных (Г, Д).

Анализ исследований, представленных в таблице 1.6, показывает, что химический состав вешенки обыкновенной сильно зависит от штамма, состава субстрата и условий культивирования. Установлено, что содержание влаги и летучих веществ в плодовых телах вешенки обыкновенной может достигать до 91,56 г/100 г. Высокая влажность обуславливает использование специального оборудования при транспортировке и хранении, а также короткий срок годности грибов. Решение данной проблемы может заключаться в высушивании грибов и дальнейшем использовании полученного грибного порошка [92, 297, 392].

Показано, что плодовые тела вешенки обыкновенной – ценный источник белков. Сообщается также, что коэффициент усвояемости белков вешенки обыкновенной составляет 98,0 %, что считается хорошим показателем. Для сравнения коэффициент усвояемости белков сои составляет 91,0 % [283].

Таблица 1.6 – Химический состав плодовых тел вешенки обыкновенной

Наименование	n ¹	Средневзвешенное содержание и диапазон значений (мин.-макс.)	Субстраты для выращивания грибов	Ссылки на исследования
Вода и летучие вещества, г/100 г продукта	10	89,58 (83,24-91,56)	А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, З, И, К, Л, М, Н, О, П	[97, 296, 300, 335, 368]
Основные пищевые вещества, г/100 г сухого веса:				
Белок (N×6,25)	15	23,57 (15,18-29,7)	А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, З, И, К, Л, М, Н, О, П	[97, 296, 300, 313, 335, 368]
Липиды	15	3,06 (0,59-5,01)		
Углеводы, в том числе	15	65,66 (57,52-76,37)		
пищевые волокна	15	26,33 (16,28-47,62)		
растворимые сахара	15	39,33 (23,91-51,26)		
Минеральные вещества	15	7,66 (4,97-12,95)		
Витамины, мг/100 г сухого веса:				
Тиамин (В ₁)	5	0,15 (0,08-0,27)	Д, Е, Ж, З, И, К	[313, 368]
Рибофлавин (В ₂)	5	0,28 (0,16-0,57)		
Витамин В ₆	5	0,37 (0,23-0,91)		
Ниацин (В ₃)	5	0,86 (0,4-1,54)		
Витамин D	1	0,89	Д	[368]
Витамин С	1	0,23		
Макроэлементы, мг/100 г сухого веса:				
Кальций	9	288,13 (38,12-345,06)	А, Б, В, Д, К, Л, М, Н, О	[300, 335, 368]
Магний	9	177,64 (90,82-237,07)		
Калий	9	1421,16 (18,12-2624,16)		
Фосфор	9	692,66 (3,84-880)		
Микроэлементы, мкг/100 г сухого веса:				
Медь	4	1847,5 (540-2550)	А, Б, В, Д	[335, 368]
Марганец	4	2240 (150-3690)		
Железо	9	8763,33 (3787-14850)	А, Б, В, Д, К, Л, М, Н, О	[300, 335, 368]
Цинк	9	4684,22 (1680-11450)		

Примечание: некоторые данные пересчитаны на 100 г сухого веса

1) n – количество образцов, анализируемых в исследованиях

Соотношение незаменимых аминокислот в белке вешенки по результатам исследований представлено в таблице 1.7 [276, 277, 284, 296, 343, 368, 374, 401, 412].

Среднее соотношение незаменимых аминокислот в белке вешенки близко к соотношению аминокислот в «идеальном белке», рекомендованном ФАО/ВОЗ. При этом по содержанию треонина белок вешенки значительно превосходит «идеальный белок» (таблица 1.7). Среди анализируемых исследований существуют данные, демонстрирующие превышение содержания незаменимых аминокислот в вешенке уровня «идеального белка».

Показано, что содержание липидов в плодовых телах вешенки обыкновенной может составлять до 5,01 г/100 г сухого веса (таблица 1.6).

Таблица 1.7 – Соотношение незаменимых аминокислот в белке вешенке

Незаменимые аминокислоты	«Идеальный белок» по рекомендациям ФАО/ВОЗ, % к сумме незаменимых аминокислот[90]	n ¹	Средневзвешенное значение и диапазон значений (мин.-макс.)	
			Белок вешенки обыкновенной, % к сумме незаменимых аминокислот	Отношение содержания аминокислот в белке вешенки обыкновенной к «идеальному белку», %
Валин	13,9	15	14,1 (10,4-18,1)	101,4 (74,8-130,2)
Изолейцин	11,1	14	9,9 (6,6-11,5)	89,2 (59,5-103,6)
Лейцин	19,4	15	17,5 (14,5-19,3)	90,2 (74,7-99,5)
Лизин	15,3	15	13,8 (9,5-19,1)	90,2 (62,1-124,8)
Метионин + цистин	9,7	15	7,2 (4,3-13,6)	74,2 (44,3-140,2)
Треонин	11,1	15	17,1 (11,1-37,3)	154,1 (100-336)
Триптофан	2,8	8	2,8 (0,4-4)	100 (14,3-142,9)
Фенилаланин + тирозин	16,7	15	19,7 (8,4-34,5)	118 (50,3-206,6)

Примечание: некоторые данные пересчитаны в % к сумме незаменимых аминокислот

1) n – количество образцов, анализируемых в исследованиях

Установлено, что в состав липидов вешенки обыкновенной входят следующие жирные кислоты: лауриновая (9,94 %), миристиновая (27,59 %), пальмитиновая (3,36 %), гексадекадиеновая (8,74 %), стеариновая (20,98 %), олеиновая (6,06 %), линолевая (21,39 %) и линоленовая (2,41 %) [368].

Исследования показывают, что вешенка обыкновенная содержит большое количество пищевых волокон и растворимых сахаров. Один из составляющих пищевых волокон вешенки обыкновенной – β-глюканы, которые имеют пребиотические, противохолестерольные, противораковые и иммуномодуляторные свойства [278, 283].

Установлено, что грибы вешенка обыкновенная способны аккумулировать минеральные вещества в своих плодовых телах. Сообщается, что больше всего в плодовых телах вешенки обыкновенной содержится калий, затем идут фосфор, кальций, магний, железо, цинк, марганец и медь. Исследования показывают, что вешенка обыкновенная также содержит витамины: тиамин, рибофлавин, витамин В₆, ниацин, витамин D, витамин С (таблица 1.6).

Установлено, что грибы рода *Pleurotus* проявляют антигипертензивные, антиоксидантные, противовирусные, антимикробные, противовоспалительные и иммуномодулирующие свойства [257, 283]. Выявлено, что β-глюканы, полученные

из мицелиальной биомассы *P. ostreatus*, способны ингибировать опухоль Эрлиха и саркому у мышей. Кроме того, известно, что полисахариды вешенки обыкновенной проявляют противоопухолевое действие против рака желудка [269, 270].

Доказаны антибактериальные и противогрибковые свойства вешенки обыкновенной. Биологически активные компоненты, такие как терпеноиды, сапонины, стероиды, фенолы, флавоноиды и хинолоны, способствуют антибактериальной и антигрибковой активности грибов [256, 263, 266, 373].

Обнаружено, что полисахаридные фракции *P. ostreatus* могут действовать в качестве терапевтических агентов при лечении диабета 2 типа [264, 344, 345]. Имеются данные, что компоненты вешенки обыкновенной способны облегчать когнитивные нарушения, оказывать противовоспалительное и профилактическое действия на рецидивирующие инфекции дыхательных путей [265, 375, 382].

Таким образом, грибы вешенка обыкновенная можно рассматривать в качестве потенциального обогащающего пищевого ингредиента. Данные грибы – отличный источник белков, пищевых волокон, витамина В и минеральных веществ. Помимо высокой физиологической ценности, вешенки также обладают различными терапевтическими свойствами.

Крыжовник обыкновенный (лат. *Ribes grossularia* var. *uva-crispa*) – представитель рода Смородина (лат. *Ribes*), относится к семейству Крыжовниковые (лат. *Grossulariaceae*) [43, 381]. Российская Федерация входит в число стран с наибольшим объемом производства крыжовника [233].

Химический состав ягод крыжовника обыкновенного, полученный по результатам разных исследований, обобщен в таблице 1.8.

Анализ данных таблицы 1.8 показывает, что влажность ягод крыжовника обыкновенного находится в пределах от 79,5 % до 91,9 %. Сухие вещества ягод представлены в основном углеводами, которые обуславливают пищевые достоинства крыжовника. Диетические свойства ягод крыжовника зависят от наличия легкоусвояемых моносахаров – глюкозы и фруктозы, содержание которых составляет может доходить до 55,22 г/100 г сухого веса ягод.

Таблица 1.8 – Химический состав ягод крыжовника обыкновенного

Наименование	n	Средневзвешенное содержание и диапазон значений (мин.-макс.)	Ссылки на исследования
Вода и летучие вещества, г/100 г продукта	50	84,46 (79,5-91,9)	[2, 9, 43, 173, 212, 219, 226, 227]
Основные пищевые вещества, г/100 г сухого веса:			
Белок (N×6,25)	1	4,58	[219]
Липиды	3	0,94 (0,53-1,31)	[43, 219]
Углеводы, в том числе	8	67,09 (40,6-94,51)	[2, 43, 173, 219, 226, 227]
сахара	50	43,87 (30,49-96,77)	[2, 9, 43, 173, 212, 219, 226, 227]
моносахариды	3	48,13 (40,54-55,22)	[2, 43]
дисахариды	3	4,01 (1,72-5,21)	
пищевые волокна	4	11,86 (4,89-22,36)	[2, 43, 219]
пектиновые вещества	8	11,83 (4,58-21,3)	[43, 173, 219, 226, 227]
Минеральные вещества	6	3,39 (1,4-4,7)	[43, 173, 219, 227]
Органические кислоты	49	12,92 (2,8-19,61)	[9, 43, 173, 212, 219, 226, 227]
Азотистые вещества	2	3,17 (3,08-3,26)	[43]
Дубильные и красящие вещества, мг/100 г сухого веса	2	3425,2 (3152,17-3698,22)	
Витамины, мг/100 г сухого веса:			
Витамин С	49	184,88 (94,23-500,59)	[9, 43, 173, 212, 219, 226, 227]
Рибофлавин (В ₂)	3	3,23 (0,13-4,79)	[43, 219]
Витамин В ₆	3	1,22 (0,2-1,89)	
Тиамин (В ₁)	1	0,07	[219]
Ниацин РР	1	1,96	
Токоферол Е	1	3,92	
Ретинол А	1	1,31	
β-каротин	2	4,37 (3,96-4,78)	[381]
Макроэлементы, мг/100 г сухого веса:			
Кальций	4	182,94 (128,99-304,1)	[2, 43, 219]
Магний	4	89,78 (49,46-201,15)	
Натрий	4	157,22 (130,43-217,36)	
Калий	3	2026,19 (1372,78-3238,41)	[2, 43]
Фосфор	3	175,12 (169,57-183,01)	[43, 219]
Сера	1	117,65	[219]
Микроэлементы, мкг/100 г сухого веса:			
Медь	2	621,4 (393,12-849,67)	[219]
Железо	2	4154,1 (3079,44-5228,76)	
Марганец	1	2941,18	
Цинк	2	965,7 (588,24-1343,16)	

Примечание: некоторые значения были пересчитаны на 100 г сухого веса

n – количество образцов или сортов крыжовника обыкновенного, используемых в исследованиях

Содержание пектиновых веществ варьируется от 4,58 до 21,3 г/100 г сухого веса. Благодаря высокому содержанию пектина ягоды крыжовника относятся к

естественным антирадиантам, а также используются в кондитерской промышленности для производства джемов, повидла, варенья и мармелада [181].

Показано, что для ягод крыжовника характерна высокая кислотность. Среди органических кислот в крыжовнике преобладает эллаговая кислота, затем фумаровая, яблочная и лимонная кислоты [371].

Установлено, что ягоды крыжовника – ценный источник витамина С. Показано, что содержание витамина С в ягодах крыжовника зависит от сортовых особенностей и климатических условий выращивания и находится в пределах от 94,23 до 500,59 мг/100 г сухого веса (таблица 1.8). Обнаружено, что среди ягод по содержанию витамина С крыжовник уступает лишь черной, красной смородине и йоште. Выявлено, что крыжовник – источник веществ, обладающих Р-витаминной активностью: рутин, катехин, хлорогеновая кислота и кверцетин. Данные вещества в сочетании с витамином С способны уменьшать проницаемость и ломкость капиллярных сосудов, увеличить сопротивляемость организма инфекционным заболеваниям [3, 181, 248, 371].

Обнаружено, что ягоды крыжовника содержат достаточное высокое количество фенольных соединений (1223,71 мг/100 г сырого веса), превышая по данному показателю такие ягодные культуры как малина, красная, черная смородины и ежевика. Показано, что благодаря высокому содержанию фенольных соединений, витамина С и Р-активных веществ ягоды крыжовника имеют высокую антиоксидантную активность [181, 371]. Кроме того, ягоды крыжовника также богаты макро- и микроэлементами (таблица 1.8).

Таким образом, ягоды крыжовника – источник сахаров (в основном моносахаридов), органических кислот, пектина, витамина С, Р-активных веществ, фенольных соединений и минеральных веществ, а также обладают высокой антиоксидантной активностью, благодаря чему могут применяться при производстве продуктов питания повышенной физиологической ценности.

Основное сырье для хлебопекарной промышленности – мука. Химический состав муки разных видов и сортов приведен в таблице 1.9 [240].

Таблица 1.9 – Химический состав муки разных видов и сортов

Наименование	Мука пшеничная			Мука ржаная обдирная
	высший сорт	первый сорт	обойная	
Вода и летучие вещества, г/100 г муки	14,0	14,0	14,0	14,0
Энергетическая ценность, ккал/100 г муки	334	330	312	298
Основные пищевые вещества, г/100 г сухого веса:				
Белок	12,0	12,3	13,4	10,4
Липиды	1,3	1,5	2,6	2,0
Насыщенные жирные кислоты	0,2	0,2	0,4	0,2
Углеводы	82,1	80,2	71,5	71,9
крахмал	79,7	77,6	68,0	70,6
моно- и дисахариды	1,9	2,1	2,7	1,1
Пищевые волокна	4,1	5,1	10,8	14,4
Минеральные вещества	0,6	0,8	1,7	1,4
Витамины, мг/100 г сухого веса:				
Рибофлавин (В ₂)	0,1	0,1	0,2	0,2
Тиамин (В ₁)	0,2	0,3	0,5	0,4
Ниацин (РР)	1,4	2,6	6,4	1,2
Ниациновый эквивалент ¹	3,4	4,9	9,1	3,3
Витамин Е	1,7	2,1	3,8	2,2
Ретиоловый эквивалент ²	0,0	0	2,3	0
β-каротин	0,0	0	11,6	0
Макроэлементы, мг/100 г сухого веса:				
Кальций	20,9	27,9	45,4	39,5
Магний	18,6	51,2	109,3	69,8
Натрий	3,5	4,7	8,1	2,3
Калий	141,9	207,0	360,5	407,0
Фосфор	100,0	133,7	390,7	219,8
Микроэлементы, мкг/100 г сухого веса:				
Железо	1395,4	2441,9	5465,1	4069,8

Примечание: некоторые значения были пересчитаны на 100 г сухого веса

1) ниациновый эквивалент – это содержание ниацина (витамина РР) в продукте и ниацина, образующегося в организме из триптофана;

2) ретиоловый эквивалент – это сумма ретинола в продукте и ретинола, образующегося в организме из β-каротина.

Данные таблицы 1.9 показывают, что пшеничная обойная мука отличается более высоким содержанием белка, липидов, витаминов, некоторых макро- и микроэлементов, а также и низким содержанием крахмала по сравнению с мукой высшего, первого сортов и ржаной обдирной мукой, что обусловлено технологией производства [184]. Вместе с тем, энергетическая ценность обойной пшеничной муки ниже, чем муки высшего и первого сортов, однако выше, чем муки ржаной обдирной. Таким образом, обойная пшеничная мука выступает перспективным

сырьем для обогащения хлебобулочных изделий, изготовленных из пшеничной муки высшего, первого сортов и ржаной обдирной муки.

В связи с особенностями своего химического состава (высокие показатели влажности, содержания жира, сахара) свежие семена тыквы, грибы вешенки и ягоды крыжовника (таблицы 1.4, 1.6, 1.8) требуют особых условий хранения и транспортирования: пониженные температуры, замораживание, вакуумирование и т.д. Данные способы хранения имеют ряд недостатков: ограниченные сроки хранения, потери биологически ценных компонентов сырья, высокие энергозатраты. Кроме того, при использовании такого сырья на хлебопекарных предприятиях усложняется схема производства из-за трудностей, связанных с его дозированием на замес тестовых полуфабрикатов и необходимостью использования специального оборудования, что отражается на себестоимости готовой продукции.

Одним из способов решения данной проблемы выступает сушка сырья. Получаемые порошки имеют низкую влажность, незначительный объем, массу и высокую концентрацию питательных веществ, обладают высокими органолептическими свойствами и максимально сохраняют питательные свойства исходного продукта. Порошки имеют хорошую сыпучесть, благодаря чему при их дозировании на замес тестовых полуфабрикатов можно использовать стандартное оборудование для дозирования сыпучих компонентов [57, 63].

Таким образом, наиболее перспективный способ использования в хлебопекарном производстве сырья, содержащего биологически ценные компоненты, – переработки такого сырья в пищевые порошки.

Кроме того, обзор научно-технической литературы показывает, что каждый из выбранных для исследования видов растительного сырья (пророщенная спельта, семена тыквы, грибы вешенка обыкновенная, ягоды крыжовника и обойная пшеничная мука) содержит какой-либо один или несколько нутриентов, ценных для питания: белки, липиды, углеводы, пищевые волокна, органические кислоты, минеральные вещества, витамины и другие биологически активные вещества, однако не содержит их все в оптимальном соотношении.

Заключение к обзору литературы

1. Анализ данных научно-технической литературы показал, что хлебопекарная промышленность России остается одной из основных отраслей пищевой индустрии. Спрос на хлеб и хлебобулочные изделия характеризуется стабильностью. В тоже время наблюдается изменение структуры потребления основных продуктов питания: происходит замещение хлеба и хлебобулочных изделий более полезными продуктами питания.

2. Оценка статистических данных показала, что вследствие распространения нерационального питания среди населения Российской Федерации и Республики Татарстан число заболеваний, связанных с питанием, остается стабильно высоким, при этом в течение жизни количество таких заболеваний возрастает. Кроме того, отмечается увеличение числа детей и подростков с ожирением. Указанную тенденцию возможно снизить путем разработки инновационных, полезных для здоровья продуктов питания.

3. Критический анализ литературных источников установил, что с целью повышения физиологической ценности хлебобулочных изделий и придания им профилактических и функциональных свойств может применяться нетрадиционное для хлебопечения растительное сырье, которое вносится в полуфабрикаты хлебопекарного производства на различных стадиях процесса. Показано, что растительное сырье также могут вноситься в питательные среды на стадиях предварительной активации прессованных хлебопекарных дрожжей и разведения заквасок с целью улучшения биотехнологических свойств дрожжей и молочнокислых бактерий, соответственно.

4. В литературном обзоре проведен анализ химического состава пшеницы спельты, семян тыквы, грибов вешенка обыкновенная, ягод крыжовника и пшеничной обойной муки. Выявлено, что данные продукты питания по отдельности – ценные источники нутриентов: белков, незаменимых аминокислот, мононенасыщенных жиров, пищевых волокон, антиоксидантных веществ, минеральных компонентов и витаминов и т. д.

5. Рациональным способом переработки свежих семян тыквы, грибов вешенка обыкновенная и ягод крыжовника выступает высушивание с получением пищевых порошков.

6. В обзоре литератур представлена целесообразность создания композиции нетрадиционного для хлебопечения растительного сырья в виде пищевой комплексной добавки с учетом химического состава и пищевой ценности составных ингредиентов, а также их влияния на показатели качества готовых изделий. Решение данной задачи невозможно без применение математических методов, которые позволяют в короткие сроки оптимизировать состав многокомпонентных смесей на основе выбранных критериев оптимизации.

Таким образом, подводя итог, можно сделать вывод об актуальности создания нового ассортимента хлебобулочных изделий с улучшенными пищевыми характеристиками, используя в качестве обогащающих добавок композиции растительного сырья, выступающего источником необходимых для потребителей пищевых веществ, особенно в условиях сохраняющегося уровня заболеваний, связанных с питанием.

ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На основании сформулированных цели и задач был разработан общий подход к созданию пищевой комплексной добавки для обогащения хлебобулочных изделий. Аналитический обзор литературы о состоянии вопроса на основе систематизирования исходных данных специальной литературы позволил определить основные направления экспериментальной части работы.

Исследования выполнялись в условиях лабораторий кафедр технологии пищевых производств, оборудования пищевых производств, центра коллективного пользования «Наноматериалы и нанотехнологии» (ЛК «Наноаналитика») ФГБОУ ВО «Казанского национального исследовательского технологического университета» («КНИТУ»); официального представительства Vrabender в России (г. Казань); в научно-производственных лабораториях ООО «Центральное производство» (г. Казань), ОА «Булочно-кондитерский комбинат» (г. Казань). Пищевую комплексную добавку (ПКД) разрабатывали в условиях кафедры технологии пищевых производств ФГБОУ ВО «КНИТУ».

На разных этапах исследования объектами выступали: мука пшеничная хлебопекарная высшего и первого сортов; мука пшеничная хлебопекарная обойная; мука ржаная хлебопекарная обдирная; пророщенная спельта; порошки из семян тыквы, плодовых тел грибов вешенка обыкновенная, ягод крыжовника; прессованные хлебопекарные дрожжи; концентрированная молочнокислая закваска; хлеб из пшеничной муки высшего сорта; хлеб из смеси ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта.

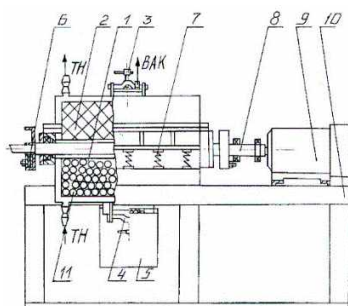
2.1 Сырье и материалы, используемые при проведении исследований

В данной работе использовали пшеничную муку высшего и первого сортов (ГОСТ 26574-2017), ржаную обдирную муку (ГОСТ 7045-2017), прессованные хлебопекарные дрожжи «Люкс экстра» компании Lesaffre (ТУ 9182-038-48975583-2011), сухой лактобактерин (НД ФСП 42-0504-7298-05), масло рафинированное

дезодорированное подсолнечное (ГОСТ 1129-2013), соль пищевую (ГОСТ Р 51574-2018), сахар белый (ГОСТ 33222-2015), воду питьевую (СанПиН 1.2.3685-21). В качестве обогащающих сырьевых компонентов для создания пищевой комплексной добавки использовали муку пшеничную хлебопекарную обойную (ГОСТ 26574-2017), пророщенную спельту (*Triticum spelta* L.) – солод Chateau Spelt (Бельгия, № ТС N RU Д-ВЕ.АГ61.В.09695), порошки из семян тыквы, плодовых тел грибов вешенки обыкновенной и ягод крыжовника.

Пророщенную спельту (*Triticum spelta* L.) измельчали в лабораторной мельнице и просеивали через сито № 056 (ГОСТ 6613-86).

Сушку семян тыквы, плодовых тел грибов вешенка обыкновенная, ягод крыжовника для пищевой комплексной добавки осуществляли путем одновременного измельчения и высушивания воздействием на сырье мелющих тел при вибрации с вакуумированием до остаточного давления не более 131,6 Па при 70-80 °С в вакуумной вибрационной сушилке-мельнице (ВВСМ). Схема ВВСМ представлена на рисунке 2.1 [162, 120].



1 – корпус с центральной трубой и теплообменной рубашкой; 2 – крышка корпуса; 3 – люк для загрузки; 4 – люк для выгрузки; 5 – выгрузочный рукав; 6 – двухмассный инерционный вибратор; 7 – упругие опоры; 8 – гибкая муфта; 9 – электродвигатель; 10 – сварная рама; 11 – мелющие тела; ТН – теплоноситель, подаваемый и отводимый через ниппели; ВАК – вакуумирование, осуществляемое через штуцер.

Рисунок 2.1 – Конструкция вакуумной вибрационной сушилки-мельницы

Интенсивная вибрация аппарата приводила в движение измельчающие тела (шарики и ролики подшипников), которые непрерывно дробили высушиваемый продукт, обеспечивая, образование свежей поверхности испарения и проведение процесса исключительно в первом, наиболее эффективном, периоде сушки. Соотношение измельчающие тела и сырье составляло 2:1. Камера аппарата снабжена водяной рубашкой. Температура теплоносителя внутри водяной рубашки – 80 °С, температура высушиваемого сырья внутри камеры аппарата – не выше 30 °С. В камере

аппарата поддерживалось остаточное давление 131,6 Па с помощью вакуумной системы, которая предохраняла от окисления и перегрева биологически активные вещества высушиваемого сырья. Сушка сырья в ВВСМ по сравнению с конвективной сушкой в сушильном шкафу при атмосферном давлении и тонкослойной вакуумной сушкой проходит быстрее в 5,5 и 2,0 раз, соответственно [120, 192, 312].

Семена тыквы, плодовые тела грибов вешенка обыкновенная, ягоды крыжовника высушивали до влажности 5-6 % и просеивали через сито № 01 (ГОСТ 6613-86). Химический состав и пищевая ценность обогащающих сырьевых компонентов представлены в разделе 3.1 настоящей работы.

2.2 Методы исследований

Структурная схема проведения исследований представлена на рисунке 2.2.

2.2.1 Методы анализа сырья

Анализ муки, используемой в исследовании, проводился по органолептическим (ГОСТ 26574-2017 и ГОСТ 7045-2017) и физико-химическим показателям: влажность – по ГОСТ 9404-88, титруемая кислотность – по ГОСТ 27493-87, количество клейковины – ручным способом отмывания клейковины, качество клейковины – на приборе ИДК-3М по ГОСТ 27839-2013, число падения – на приборе ИЧП 1-2 по ГОСТ 27676-88, вязкость водно-мучной суспензии в процессе ее клейстеризации при нагревании – с применением амилографа Brabender модели Amylograph-E по ГОСТ ISO 7973-2013.

Анализ хлебопекарных прессованных дрожжей проводили по органолептическим и физико-химическим показателям: органолептические показатели: цвет, вкус, запах, консистенцию – по ГОСТ Р 54731-2011, подъемную силу – ускоренным способом, влажность – методом высушивания навески, зимазная и мальтазная активности – методом вытеснения воздуха насыщенным раствором хлорида натрия с использованием прибора Елецкого [29].

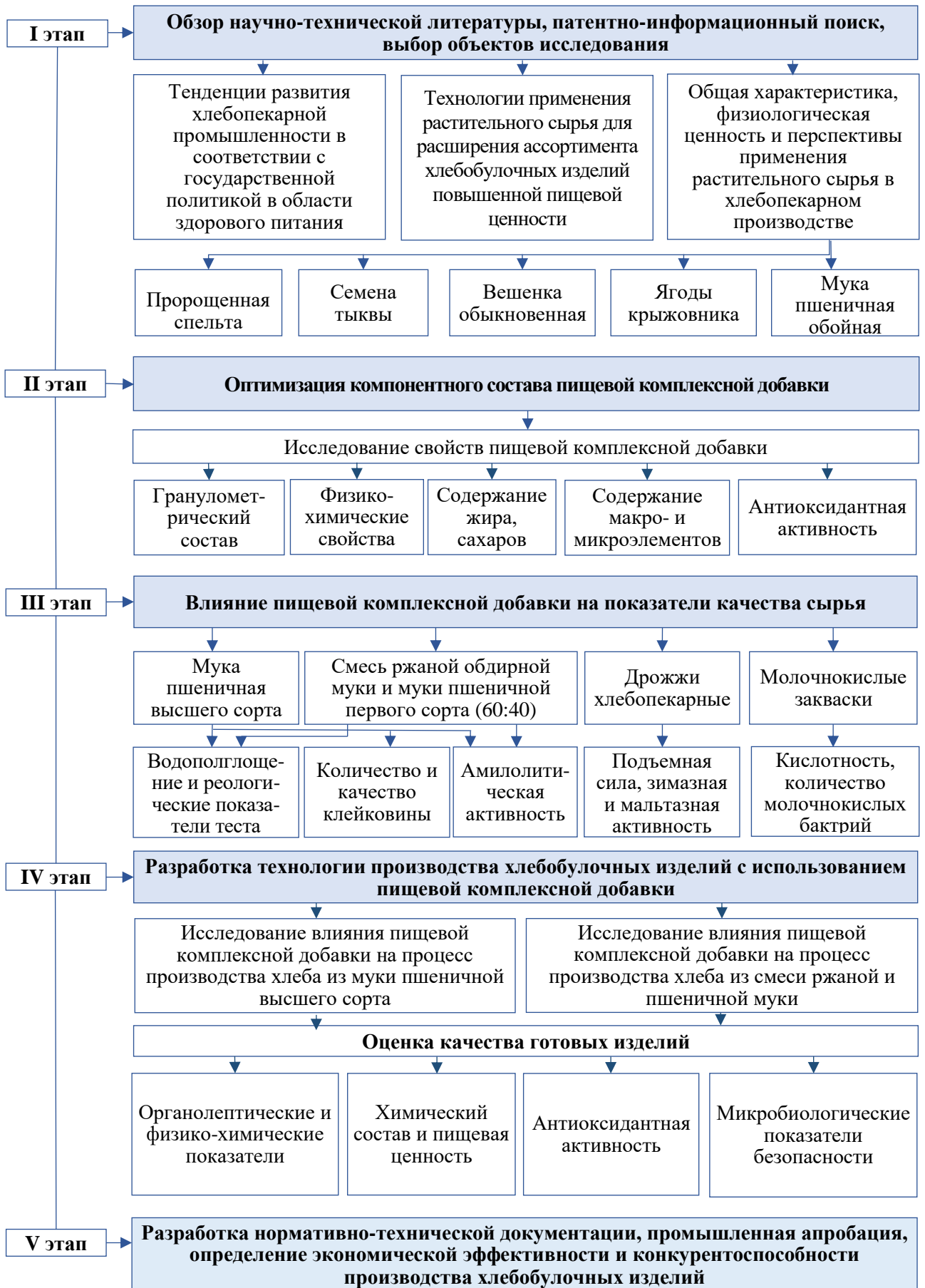


Рисунок 2.2 – Схема экспериментальных исследований

Качество сухого лактобактерина определяли в соответствии с органолептическими показателями, приведенными в нормативной документации (НД ФСП 42-0504-7298-05). Состав сухого лактобактерина: молочнокислые бактерии не менее 2×10^9 КОЕ (*Lactobacillus plantarum* 8P-A3 или *Lactobacillus fermentum* 90T-C4), желатин, сахароза, молоко [49].

Анализ размер частиц растительного сырья проводили методом лазерной дифракции с использованием лазерного анализатора крупности частиц «Horiba LA-950V2» по ГОСТ Р 8.777-2011; определение истинной плотности – с использованием гелиевого пикнометра Ассурус 1340 II; содержание белка – методом Кьельдаля по ГОСТ 10846-91; содержание жира – методом экстрагирования жира в аппарате Сокслета по ГОСТ 29033-91; содержание сырой клетчатки – согласно ГОСТ 31675-2012; зольность – сжиганием навески в муфельной печи по ГОСТ 27494-2016; минеральный состав – методом атомно-абсорбционной спектрометрии по ГОСТ 32343-2013; кислотность – по ГОСТ ISO 750-2013; содержание сахаров в спиртовом экстракте ПКД – методом ВЭЖХ. Спиртовые экстракты из ПКД готовили согласно методике, разработанной Соколовым М.И. [249].

Морфологию растительных порошков исследовали с использованием поляризационного микроскопа Nikon Eclipse LV 100 POL согласно ОФС.1.5.3.0003.15.

Качество масла подсолнечного, соли пищевой, сахара белого и другого сырья определяли в соответствии с органолептическими показателями, приведенными в соответствующей нормативной документации.

2.2.2 Методы оценка качества полуфабрикатов и готовых изделий

Анализ тестовых полуфабрикатов проводили по следующим показателям:

- влажность – методом высушивания между двумя нагретыми поверхностями при температуре 160 °С в течение 5 мин на приборе Элекс-7М;

- титруемая кислотность – титрованием 0,1 Н раствором NaOH [186];
- содержание молочной кислоты – титрованием 0,1 Н раствором NaOH с индикатором бромтимоловой синью до синего окрашивания с последующем пересчетом 1 мл 0,1 Н NaOH в 9 мг молочной кислоты.
- динамика поднятия теста, газообразующая способность, газодерживающая способность – с применением реоферментометра Rheo F4 Chopin по протоколу Chopin;
- реологические характеристики теста – с применением фаринографа Brabender модели Farinograph-TS по ГОСТ ISO 5530-1-2013 и экстенсографа Brabender модели Extensograph-E по ГОСТ ISO 5530-2-2014.

Анализ готовых хлебобулочных изделий проводили по органолептическим и физико-химическим показателям.

Оценку органолептических показателей качества осуществляли, руководствуясь шкалой органолептической оценки принятой на кафедре технологии пищевых производств ФГБОУ ВО «КНИТУ». Расчет среднего балла проводили с учетом коэффициента весомости (Приложение 1).

Оценка физико-химических показателей хлебобулочных изделий: влажность определяли по ГОСТ 21094-75, кислотность – по ГОСТ 5670-96, пористость – ГОСТ 5669-96, удельный объем – по ГОСТ 27669-88, содержание сырой клетчатки – согласно ГОСТ 31675-2012, усушку – весовым методом, выход хлеба – расчетным способом, содержание ароматических веществ – измерением количества бисульфитсвязывающих соединений по методу Р.Р. Токаревой и В.Л. Кретовича [10, 83].

Цветовые характеристики верхней, боковой корок и мякиша хлебобулочных изделий измеряли с помощью колориметра CS-10 (Китай) и выражали с помощью цветовой шкалы CIE $L^*a^*b^*$. Показатели ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔC^* , Δh^* рассчитывали вычитанием соответствующих значений контроля из значений опытных образцов.

Насыщенность цвета C^* , угол цветового тона h^* рассчитывали по формулам (1-2) [40]:

$$C^* = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})}, \quad (1)$$

$$h^* = \operatorname{arctg} \frac{a^*}{b^*}, \quad (2)$$

Индекс побурения BI , индекс белизны WI , индекс желтизны YI рассчитывается по формулам (3-5) [282, 376]:

$$BI = \frac{100 \cdot \left(\frac{a^* + 1,75L^*}{5,645L^* + a^* - 3,012b^*} - 0,31 \right)}{0,172}, \quad (3)$$

$$WI = \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}}, \quad (4)$$

$$YI = \frac{142,86 \cdot b^*}{L^*}. \quad (5)$$

Разницу цвета ΔE_{ab}^* между двумя контрольным и опытными образцами рассчитывают по формуле (6) [40]:

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}, \quad (6)$$

Способность наблюдателей замечать разницу при различных значениях ΔE_{ab}^* оценивали по следующей шкале: $\Delta E_{ab}^* \leq 1,0$ – разница не ощутима человеческим глазом; $\Delta E_{ab}^* \leq 1-2$ – ощутима при внимательном наблюдении; $\Delta E_{ab}^* \leq 2-10$ – ощутима с первого взгляда; $\Delta E_{ab}^* \leq 11-49$ – цвета более похожи, чем противоположны; $\Delta E_{ab}^* \leq 50-100$ – цвета прямо противоположны. В связи с тем, что цветовое пространство CIE $L^*a^*b^*$ неоднородно, ISO рекомендует для определения разницы в цвете при оценке промышленных товаров вместо ΔE_{ab}^* использовать другой математически расширенный показатель ΔE_{2000}^* , который рассчитывали по формуле, приведенной в работе. В данном случае способность наблюдателей замечать разницу при различных значениях ΔE_{2000}^* оценивали по следующей шкале: $0 < \Delta E_{2000}^* < 1$ – наблюдатель не замечает разницы; $1 < \Delta E_{2000}^* < 2$ – разницу может заметить только опытный наблюдатель; $2 < \Delta E_{2000}^* < 3,5$ – неопытный наблюдатель тоже заметит разницу; $3,5 < \Delta E_{2000}^* < 5$ – заметна четкая разница в цвете; $5 < \Delta E_{2000}^*$ – наблюдатель замечает два разных цвета [358].

Анализ хлебобулочных изделий при хранении проводили с использованием следующих показателей:

- крошковатость мякиша – по методу Ройтера [194];
- содержание связанной воды – по методу нерастворяющего объема [48];

- количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) – по ГОСТ 10444.15;
- содержание дрожжей и плесневых грибов – по ГОСТ 10444.12;
- наличие бактерий группы кишечных палочек (БГКП) (колиформных бактерий) – по ГОСТ 31747-2012 [117].

Хлебобулочные изделия хранили упакованными в полиэтиленовые пакеты при комнатных условиях.

Минеральный состав хлебобулочных изделий определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии по ГОСТ 32343-2013, содержание сахаров в спиртовом экстракте хлебобулочных изделий – методом ВЭЖХ. Спиртовые экстракты хлебобулочных изделий готовили согласно методике, разработанной Соколовым М.И. [249].

Пищевую, энергетическую ценность сырья и хлебобулочных изделий рассчитывали по данным, полученным экспериментальным путем, в результате анализа научно-технической литературы, которые приведены в таблицах 1.2, 1.4, 1.5, 1.8, а также значениям, взятым из справочника «Химический состав российских пищевых продуктов» под редакцией И. М. Скурихина и В. А. Тутельяна [240].

2.2.3 Способы изучения антиоксидантной и ферментоингибирующей активности экстрактов сырья и хлебобулочных изделий

С целью определения антиоксидантной и ферментоингибирующей активности сырья и хлебобулочных изделий готовили экстракты согласно методу, разработанному M. Z. Zain. Перед приготовлением экстрактов готовые образцы хлебобулочных изделий разрезали на куски толщиной 1 см и затем сушили в течение 12 ч. в сушильном шкафу при температуре 40 °С, после чего высушенные пробы измельчали в лабораторной мельнице и просеивали через сито № 056. Исследуемые образцы экстрагировали с использованием дистиллированной воды при массовом соотношении экстрагируемых образцов и экстрагентов 1:10. Экстракцию вели в течение 2,5 ч. с использованием лабораторного шейкера с нагревом ПЭ-6410 при

мощности нагрева 54 и частоте колебаний платформы 55 кол./мин. Полученные водные экстракты фильтровали через бумажные фильтры [414].

Гидроксилрадикальную активность (ГА) экстрактов определяли салициловокислотным методом. Раствор FeSO_4 (0,5 мл, 9 ммоль/л) и раствор салициловой кислоты в этаноле (0,5 мл, 9 ммоль/л) добавляли к экстракту (0,5 мл), а затем после тщательного встряхивания добавляли раствор H_2O_2 (0,5 мл, 9 ммоль/л). Поглощение полученного раствора (A_1) измеряли при 510 нм после инкубации при 37°C в течение 30 мин. Аналогично готовили контроль мутности (К) за исключением того, что растворы сульфата железа, салициловой кислоты в этаноле и перекиси водорода заменяли дистиллированной водой. Величина абсорбции раствора, полученного при замене салициловой кислоты в этаноле этанолом обозначали A_2 , а оптическую плотность значение раствора, полученного при замене образца водой обозначали как A_0 . Измерения проводили относительно дистиллированной воды [386].

Гидроксилрадикальную активность рассчитывали по формуле (7):

$$\text{ГА (\%)} = [1 - (A_1 - \text{К} - A_2)/A_0] \times 100, \quad (7)$$

Восстанавливающую активность экстрактов определяли феррицианидным методом. Способ основан на восстановлении антиоксидантами ионы Fe^{+3} до ионов Fe^{+2} , при этом ионы Fe^{+2} образуют цветной комплекс с феррицианидом калия. Фосфатный буферный раствор (0,5 мл, 0,2 ммоль/л, рН 6,6) и ферроцианид калия (0,5 мл, 1,0 %) добавляли к экстракту (0,5 мл), после встряхивания выдерживали при 50 °С в течение 30 минут. После в смесь добавляли трихлоруксусную кислоту (0,5 мл, 10 %) и центрифугировали 10 минут при 4500 об/мин. В 1 мл супернатанта вносили раствор хлорида железа (III) (0,2 мл, 0,1 %). После инкубировали 10 мин при комнатной температуре и на спектрофотометре при 700 нм измеряли оптическую плотность реакционной смеси относительно дистиллированной воды [386].

Хелатирующую способность (ХС) оценивали по способности экстрактов связывать ионы Fe^{2+} . Экстракт (1 мл) смешивали с раствором FeCl_2 (0,1 мл, 2 ммоль/л), раствором феррозина (0,2 мл, 5 ммоль/л) и дистиллированной водой (3,7 мл). После инкубации при 30 °С в течение 10 мин при 562 нм измеряли поглощение

полученного раствора (A_1). Аналогично готовили контроль мутности (К) за исключением того, что растворы хлорида железа (II) и феррозина заменяли дистиллированной водой. Измеряли поглощение еще двух растворов, приготовленных как описано ранее за исключением того, что в одном случае раствора феррозина (A_2), а в другом – экстракт (A_0) заменяли дистиллированной водой. Измерения проводили относительно дистиллированной воды [386].

Хелатирующую способность рассчитывали по формуле (8):

$$XC (\%) = [1 - (A_1 - K - A_2)/A_0] \times 100, \quad (8)$$

Способность связывать свободные радикалы (СР) экстрактами определяли по методу DPPH. Экстракты (700 мкл) смешивали с раствором 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила в этаноле (700 мкл, 0,1 ммоль/л). Поглощение (A_1) полученного раствора измеряли при 517 нм после 30 мин инкубации при 37 °С. Аналогично готовили контроль мутности (К) за исключением того, что раствор DPPH заменяли дистиллированной водой. Значение поглощения раствора путем замены этанольного раствора DPPH этанолом, обозначали как A_2 , значение поглощения раствора путем замены раствора образца водой обозначали A_0 . Измерения на спектрофотометре проводили относительно дистиллированной воды [386].

Ингибирование радикалов DPPH образцами рассчитывали в соответствии со следующим уравнением (9):

$$CP (\%) = [1 - (A_1 - K - A_2)/A_0] \times 100, \quad (9)$$

Активность ингибирования липазы (*IngL*). Смешивали экстракт (0,6 мл) и раствор грибной липазы из *Aspergillus niger* (0,6 мл, 100 мкг/мл, Sigma-Aldrich, 200 U/г.), инкубировали в течение 10 мин в термостате при 37 °С. Затем добавляли 0,1 мл раствора р-нитрофенилбутирата (10 ммоль/л раствор в диметилформамиде) и инкубировали в термостате при 37 °С в течение 30 мин, после чего центрифугировали 2 мин при 10 g и измеряли оптическую плотность (A_1) супернатанта при 410 нм. Аналогичным образом готовили контроль мутности (К) за исключением того, что раствор р-нитрофенилбутирата заменяли дистиллированной водой. Контроль сравнения (A_0) готовили путем замены водного экстракта исследуемого образца дистиллированной водой.

Активность ингибирования липазы рассчитывали по формуле (10):

$$IngL (\%) = [1 - (A_1 - K) / A_0] \times 100, \quad (10)$$

Активность ингибирования глюкозидазы (IngГO). Смешивали 0,2 мл экстракта и 1 мл раствора р-нитрофенил- α -D-глюкопиранозида (5 ммоль/л в фосфатном буферном растворе). Далее инкубировали 10 мин в термостате при 37 °С. Затем вносили 0,4 мл раствора глюкозидазы (5000 ед/г, Аминаза Г, ДП «Энзим») и инкубировали 60 мин при 37 °С, после чего измеряли оптическую плотность (A_1) раствора при 405 нм. Аналогичным образом готовили контроль мутности (K) за исключением того, что раствор р-нитрофенил- α -D-глюкопиранозида заменяли дистиллированной водой. Контроль сравнения (A_0) готовили путем замены экстракта дистиллированной водой.

Активность ингибирования глюкозидазы рассчитывали по формуле (11):

$$IngГO (\%) = [1 - (A_1 - K_1) / A_0] \times 100, \quad (11)$$

Активность ингибирования амилазы (IngA). Смешивали в пробирке 0,2 мл экстракта и 0,2 мл раствора амилазы (200 ед/мл, Альфалад БН, ДП «Энзим»), далее инкубировали при 37 °С в течение 10 мин. Затем вносили 0,2 мл раствора крахмала и инкубировали 10 мин при 37 С, после чего вносили 0,4 мл динитросалицилового реактива и нагревали пробирки на водяной бане при 100 °С в течение 5 мин. Далее вносили 10 мл дистиллированной воды и измеряли оптическую плотность раствора на спектрофотометре при 540 нм (A_1). Контроль K_1 (амилаза + крахмал) готовили аналогично за исключением того, что вместо водного экстракта исследуемого образца в пробирку вносили 0,2 мл дистиллированной воды. Контроль K_2 (крахмал) готовили аналогично контролю K_1 , но с заменой раствора амилазы на дистиллированную воду. Параллельно готовили образцы сравнения без внесения раствора амилазы, для чего смешивали 0,2 мл экстракта, 0,2 мл дистиллированной воды, 0,2 мл раствора крахмала и 0,4 мл динитросалицилового реактива и нагревали пробирки на водяной бане при 100 °С в течение 5 мин. Далее вносили 10 мл дистиллированной воды и измеряли оптическую плотность раствора на спектрофотометре при 540 нм (A_0). Динитросалициловый реактив готовили следующим образом: в мерной колбе на 1 л растворяли в дистиллированной воде 10 г 3,5-динитросалициловой кислоты, 300 г

сегнетовой соли (калий-натрий виннокислый), 16 г едкого натра и доводили водой до метки, раствор выдерживали два дня в темном месте, затем фильтровали в склянку оранжевого стекла и хранили в темноте.

Активность ингибирования амилазы рассчитывали по формуле (12):

$$IngA (\%) = [1 - ((A_1 - A_0) / (K_1 - K_2))] \times 100, \quad (12)$$

2.2.4 Методы статистической обработки результатов

Экспериментальные исследования проводили в 3-5-кратных повторениях. Значения прироста кислотности тестовых полуфабрикатов, водопоглощение муки, реологические показатели полуфабрикатов, прирост подъемной силы в условиях предварительной активации дрожжей, показатели качества хлебобулочных изделий обрабатывали методами статистики с использованием программных средств Microsoft Excel, Statistica 13.0. В качестве критерия значимости различия разности средних показателей использовали t-критерия Стьюдента, при $P < 0,05$. Результаты исследования представлены в виде $M \pm \sigma$, где M – выборочное среднее, σ – стандартное отклонение.

Установление оптимальных параметров предварительной активации прессованных дрожжей, таких как концентрация растительного сырья и время активации, проводилось с использованием ротатбельного плана второго порядка Бокса-Хантера для двух факторов. Адекватность регрессионных уравнений оценивали с использованием критерия Фишера [214].

Соотношение компонентов в составе ПКД с учетом совместного влияния компонентов на показатели качества готовых изделий определяли расчетным способом с использованием алгоритмов метода обобщенного приведенного градиента для решения нелинейных задач. Для этого экспериментальные данные были обработаны с помощью инструмента «Поиск решения» программного обеспечения Microsoft Excel [243].

Оптимизацию соотношения компонентов в составе ПКД проводили с применением дробного факторного эксперимента (ДФЭ) типа $N=2^{k-2}$ [209].

ГЛАВА 3 ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ПИЩЕВОЙ КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКИ

Цель настоящего исследования заключается в совершенствовании технологии хлебобулочных изделий повышенной физиологической ценности, обогащенных растительным сырьем: измельченной пророщенной спельтой – ПС, мукой пшеничной обойной – МПО, а также порошками, полученными сушкой сырья в вакуумной вибрационной сушилке-мельнице (семена тыквы – ПСТ, грибы вешенки – ПВ, ягоды крыжовника – ПК).

Для обоснования использования растительного сырья при производстве хлебобулочных изделий повышенной физиологической ценности, проводили определение следующих показателей качества сырья: химический состав, физико-химические свойства, гранулометрический состав, морфологические свойства частиц, микробиологические показатели безопасности, содержание токсичных элементов. В качестве контрольных образцов сравнения использовали следующие виды и сорта хлебопекарной муки: пшеничная мука высшего и первого сортов, ржаная обдирная мука.

3.1 Исследование химического состава и качественных показателей растительного сырья

В связи с тем, что химический состав сырья зависит от условий выращивания растений и применяемой агротехники, проводили определение химического состава растительного сырья и муки, выбранных для исследований, для подтверждения данных, полученных при анализе литературы. Экспериментальным путем проводили определение содержания влаги, белка, жира, сырой клетчатки, зольности, макро- и микроэлементов. Расчетным методом определяли содержание усвояемых углеводов и энергетическую ценность сырья. Результаты исследований представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Химический состав растительного сырья и муки, полученный экспериментальным путем

Показатель	Растительное сырье										Контрольные образцы сравнения		
	ПС		МПО		ПСТ*		ПВ		ПК		Мука пшеничная		Мука ржаная обдирная
	X**	Δ ₁ /Δ ₂ /Δ ₃	X**	Δ ₁ /Δ ₂ /Δ ₃	X**	Δ ₁ /Δ ₂ /Δ ₃	X**	Δ ₁ /Δ ₂ /Δ ₃	X**	Δ ₁ /Δ ₂ /Δ ₃	высший сорт	первый сорт	
Содержание определяемого компонента в 100 г продукта, %, не более													
Вода	7,85	0,7/0,8/0,8	8,96	0,8/0,9/0,9	5,92	0,5/0,6/0,6	9,39	0,8/0,9/0,9	12,33	1,1/1,2/1,2	11,32	10,11	10,17
Белки	10,15	1/1,2/1,4	10,21	1/1,2/1,4	26,55	2,6/3,1/3,6	25	2,4/2,9/3,4	4,72	0,5/0,5/0,6	10,3	8,59	7,29
Жиры	1,86	1,8/1,4/1,4	2,21	2,1/1,7/1,6	46,91	44,3/36,4/34,7	6,02	5,7/4,7/4,5	5,5	5,2/4,3/4,1	1,06	1,29	1,35
Усвояемые углеводы**	76,83	1/1/1	75,41	1/0,9/1	10,54	0,1/0,1/0,1	35,9	0,5/0,5/0,5	63,25	0,8/0,8/0,8	76,98	79,54	78,09
Сырая клетчатка	1,92	1,1/1,1/1	1,92	1,1/1,1/1	5,7	3,2/3,2/3,1	19,23	10,9/10,7/10,5	12,01	6,8/6,7/6,6	<1,77	<1,8	1,83
Зольность	1,39	4/3/1,1	1,28	3,7/2,8/1	4,38	12,5/9,5/3,4	4,47	12,8/9,7/3,5	2,19	6,3/4,8/1,7	0,35	0,46	1,28
Энергетическая ценность**, ккал/100 г	364,66	1/1/1	362,37	1/1/1	570,55	1,6/1,6/1,6	297,78	0,8/0,8/0,8	321,38	0,9/0,9/0,9	358,66	364,13	353,67
Содержание макроэлементов, мг/кг, не более													
Калий	2602,32	2,3/1,7/0,7	2418,93	2,1/1,6/0,7	7253,57	6,4/4,8/2,1	18585,92	16,5/12,3/5,3	8273,42	7,4/5,5/2,4	1125,35	1505,66	3507,86
Магний	938,09	4/2,8/1,1	962,29	4,1/2,8/1,1	4506,43	19,1/13,2/5,2	1328,34	5,6/3,9/1,5	506,73	2,1/1,5/0,6	235,89	340,68	871,35
Кальций	899,38	4,3/2,3/2,1	644,56	3,1/1,6/1,5	3279,63	15,7/8,4/7,5	540,94	2,6/1,4/1,2	2028,68	9,7/5,2/4,6	209,28	391,02	436,57
Натрий	595,29	17,2/12,7/3,5	616,34	17,8/13,2/3,6	635,04	18,4/13,6/3,7	519,2	15/11,1/3	497,97	14,4/10,7/2,9	34,59	46,74	172,47
Содержание микроэлементов, мг/кг, не более													
Кремний	45,15	2,7/2,2/1,7	36,42	2,2/1,8/1,4	93,14	5,5/4,5/3,6	98,76	5,9/4,8/3,8	179,72	10,7/8,7/6,9	16,85	20,67	26,05
Железо	36,86	4,4/2,7/1,7	30,95	3,7/2,3/1,4	75,26	8,9/5,6/3,5	57,99	6,9/4,3/2,7	20,16	2,4/1,5/0,9	8,42	13,48	21,56
Марганец	21,19	5/3,9/1,2	23,67	5,6/4,3/1,3	24,46	5,8/4,4/1,4	11,78	2,8/2,1/0,7	18,41	4,4/3,3/1	4,23	5,5	17,97
Цинк	16,59	3,2/2,2/1,2	15,48	3/2,1/1,1	27,28	5,2/3,7/2	46,21	8,9/6,2/3,4	8,77	1,7/1,2/0,7	5,2	7,44	13,47
Селен	0,88	88/88/88	0,46	46/46/46	0,01	1/1/1	0,01	1/1/1	0,01	1/1/1	<0,01	<0,01	<0,01
Хром	0,19	6,3/3,8/1,9	0,11	3,7/2,2/1,1	0,98	32,7/19,6/9,8	1,88	62,7/37,6/18,8	0,4	13,3/8/4,0	0,03	0,05	0,01
Кобальт	0,03	3/3/3	0,01	1/1/1	0,06	6/6/6	0,01	1/1/1	0,03	3/3/3	<0,01	0,01	0,01

X – содержание компонента; Δ₁, Δ₂, Δ₃ – отношение содержания компонента в растительном сырье по отношению к пшеничной муке высшего (1), первого (2) сортов и ржаной обдирной муке (3), соответственно;

* после разложения в образце наблюдался осадок; ** получено расчетным методом

Данные, представленные в таблице 3.1, демонстрируют, что растительное сырье отличается повышенным содержанием нутриентов по сравнению с пшеничной мукой высшего и первого сортов, и ржаной обдирной мукой.

Из таблицы 3.1 следует, наибольшее содержание белка обнаружено в порошках семян тыквы и вешенки. Кроме того, высокое содержание белка обнаружено в пророщенной спельте и в пшеничной обойной муке. Содержание жира в растительном сырье превышало содержание жира в контрольных образцах муки. Наибольшее содержание жира среди исследуемых добавок обнаружено в порошке семян тыквы, а наименьшее – в пророщенной спельте, что подтверждает анализ литературных данных, представленных в первой главе. Следует отметить, что литературные данные свидетельствуют о высоком содержании полиненасыщенных жирных кислот в исследуемом растительном сырье [289, 329, 378, 379].

Максимальное содержание сырой клетчатки обнаружено в порошках вешенки и крыжовника. Порошок семян тыквы также отличался высоким содержанием сырой клетчатки: в 3 раза превышая контрольные образцы муки.

Показатель зольности характеризует содержание минеральных веществ в исследуемом сырье [10]. По данному показателю лидировали порошки вешенки и семян тыквы.

Используя экспериментальные данные (содержание влаги, белка, жира, сырой клетчатки, зольности) провели расчет содержания усвояемых углеводов в исследуемом сырье. Установлено, что растительное сырье отличалось пониженным содержанием усвояемых углеводов. Так, по сравнению с контрольными образцами муки содержание указанных компонентов в порошке семян тыквы было ниже в среднем на 86,5 %, порошке вешенки – на 54,1 %, порошке крыжовника – на 19,1 %, муке пшеничной обойной – на 3,6 %, пророщенной спельте – 1,8 %.

Энергетическая ценность определялась количеством и энергетической ценностью жиров, белков и усвояемых углеводов. Максимальные показатели энергетической ценности соответствовали порошку семян тыквы, пророщенной спельте и муке пшеничной обойной. По сравнению с контрольными образцами муки энергетическая ценность порошка семян тыквы была выше в среднем

на 59,0 %, пророщенной спельты – на 1,6 %. Следует отметить, что по сравнению с пшеничной мукой первого сорта энергетическая ценность муки пшеничной обойной была ниже на 0,5 %, однако по сравнению с пшеничной мукой высшего сорта и ржаной обдирной мукой – была выше на 1,0 % и 2,5 %, соответственно.

Данные таблицы 3.1 демонстрируют, что порошки вешенки и крыжовника характеризовались более низкими показателями энергетической ценности, чем образцы хлебопекарной муки. Полученные результаты подтверждают литературные данные [97, 296, 300, 313, 335, 368].

Согласно данным таблицы 3.1 по содержанию макроэлементов (калия, магния, кальция и натрия) исследуемое растительное сырье превосходит образцы хлебопекарной муки. Среди растительного сырья наибольшее содержание калия выявлено для порошка вешенки, а магния, кальция и натрия – для порошка семян тыквы. Пророщенная спельта характеризовалась более высоким содержанием калия по сравнению с пшеничной мукой высшего и первого сортов, однако, по сравнению с ржаной обдирной мукой содержание данного макроэлемента в пророщенной спельте было ниже на 25,8 %. Сопоставимые данные получены и для муки пшеничной обойной.

По сравнению с контрольными образцами муки в порошках семян тыквы, вешенки, пророщенной спельты и муке пшеничной обойной выявлено повышенное содержание магния. Порошок крыжовника содержал магния по сравнению с пшеничной мукой высшего и первого сортов больше, однако, по сравнению с ржаной обдирной мукой содержание указанного макроэлемента было ниже на 41,8 %. Следует отметить, что в растительном сырье выявлено также повышенное содержание кальция и натрия по сравнению с контрольными образцами муки.

Анализ данных таблицы 3.1 показывает также, что содержание микроэлементов (кремния, железа, марганца, цинка, селена, хрома и кобальта) в растительном сырье выше по сравнению с образцами хлебопекарной муки. Среди исследуемого растительного сырья наибольшее содержание кремния выявлено для порошка крыжовника; железа, марганца и кобальта – для порошка семян тыквы; цинка и хрома – для порошка вешенки; селена – для пророщенной спельты. Порошок крыжовника содержал железа и цинка по сравнению с пшеничной мукой

высшего и первого сортов больше, однако, по сравнению с ржаной обдирной мукой содержание данного микроэлемента было незначительно ниже на 6,5 % и 34,9 %, соответственно. Порошок вешенки по сравнению с пшеничной мукой высшего и первого сортов содержал марганца больше, однако, по сравнению с ржаной обдирной мукой содержание исследуемого микроэлемента было ниже на 34,4 %.

Данные таблицы 3.1 показывают, что содержание селена по сравнению с контрольными образцами муки в пророщенной спельте и муке пшеничной обойной выше в 88 и 46 раз, соответственно. При этом, порошки семян тыквы, вешенки и крыжовника не отличались от пшеничной муки высшего, первого сортов и ржаной обдирной муки по содержанию данного микроэлемента.

По сравнению с контрольными образцами муки содержание кобальта в порошке семян тыквы, пророщенной спельте и порошке крыжовника выше в 6,0; 3,0 и 3,0 раза, соответственно. При этом, мука пшеничная обойная и порошок вешенки не отличались от пшеничной муки высшего, первого сортов и ржаной обдирной муки по содержанию указанного микроэлемента.

Таким образом, результаты исследования, представленные в таблице 3.1, подтверждают данные литературных источников о высоком содержании нутриентов в исследуемом растительном сырье. Следует отметить, что содержание некоторых пищевых веществ (белков, жиров, сырой клетчатки, золы), а также макро- и микроэлементов значительно превышает их количество в пшеничной муке высшего, первого сортов и ржаной обдирной муке. Разработка хлебобулочных изделий с применением исследуемого растительного сырья позволит расширить ассортимент изделий с повышенной пищевой ценностью, способных восполнить физиологическую потребность организма взрослого человека в необходимых нутриентах: K, Mg, Ca, Na, Si, Fe, Mn, Zn, Se, Cr и Co.

Показатели, характеризующие ход технологического процесса производства хлебобулочных изделий и потребительские характеристики качества готовой продукции, зависят от органолептических и физико-химических свойств используемого сырья. Так, проведена сравнительная оценка показателей качества растительного сырья, результаты которой представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Органолептические и физико-химические показатели качества растительного сырья

Показатель	Растительное сырье					Контрольные образцы сравнения		
	ПС	МПО	ПСТ	ПВ	ПК	Мука пшеничная		Мука ржаная обдирная
						высший сорт	первый сорт	
органолептические								
Цвет	серый	серо-коричневый	серо-зеленый	светло-коричневый	желто-коричневый	белый	желто-белый	серо-коричневый
Вкус	сладковатый	свойственный муке	сладковатый, свойственный семенам тыквы	свойственный грибам вешенкам	кислый, свойственный ягодам крыжовника	свойственный муке		
Запах	сладковатый, солодовый	свойственный муке	выраженный, свойственный семенам тыквы	выраженный, грибной	выраженный, ягодно-кислый	свойственный муке		
физико-химические								
Кислотность, град.	7,0±0,2	4,2±0,4	9,0±0,5	7,5±0,5	12,0±0,5	2,7±0,1	3,0±0,1	4,7±0,1
Содержание сырой клейковины, %	28,4±0,1	21,0±0,1	-	-	-	26,8±0,1 24,9±0,5 31,4±0,3	31,5±0,5	-
Качество клейковины, ед. приб. ИДК-3М	82,5±1,0	39,4±1,0	-	-	-	35,0±1,0 21,0±0,5 51,0±1,7	61,0±1,0	-
Число падения, с	61±1	282±5	61±1	61±1	61±1	336±8 339±9 349±13	390±15	210±12
Истинная плотность, г/см ³	1,4564±0,0017	1,4557±0,0003	1,1200±0,0004	1,4193±0,002	1,4801±0,0004	1,4687±0,0002	1,4662±0,0001	1,4646±0,0003

Исследования (таблица 3.2) демонстрируют, что органолептические показатели качества растительного сырья соответствовали исходному сырью. Наибольшим показателем кислотности характеризовался порошок крыжовника. Вероятно, это связано с наличием в составе ягод крыжовника большого количества органических кислот [9, 43, 173, 212, 219, 226, 227].

Кроме того, данные таблицы 3.2, демонстрируют, что высокие показатели кислотности имели порошки семян тыквы, вешенки и пророщенной спельты, что объясняется повышенным содержанием в них свободных жирных кислот, аминокислот, органических кислот и других имеющих кислую реакцию среды продуктов гидролиза высокомолекулярных веществ, которые образовались в процессе созревания тыквы и вешенки или проращивания спельты под действием ферментов. Высокая кислотность порошка вешенки вероятно связана с высокой активностью ферментов. Аналогичные данные получены в исследовании Петровой Л.А. и Климовой Д.О. [166]. Высокая кислотность порошка семян тыквы обусловлена наличием в его составе полиненасыщенных жирных кислот и свободных аминокислот [22]. Данный факт следует учитывать при выборе дозировок растительного сырья при замесе тестовых полуфабрикатов. Слишком высокая начальная кислотность полуфабрикатов может способствовать торможению процесса созревания теста и ухудшению качества готовых изделий [10].

Среди исследуемых образцов наибольшее содержание сырой клейковины выявлено у муки пшеничной первого сорта, а наименьшее – у муки пшеничной обойной. Следует отметить, что содержание сырой клейковины у пророщенной спельты в среднем на 9,9 % выше по сравнению с двумя исследуемыми образцами пшеничной мукой высшего сорта. Вероятно, это связано с действием веществ, обладающих расслабляющим действием на клейковинные белки злаков, а также протеолитических ферментов, активность которых возросла при проращивании спельты. Полученные результаты согласуются с литературными данными. В исследовании Н.В. Науменко установлено, что в процессе проращивания зерна пшеницы увеличивалось количество клейковины и показатель качества по

показаниям прибора ИКД-3М по сравнению с исходным зерном [106]. Вероятно, выход сырой клейковины увеличивается после проращивания за счет увеличения способности клейковинных белков набухать в воде под действием протеолитических ферментов. При этом не происходит полный гидролиз клейковинных белков, а лишь частично распадаются дисульфидные связи между молекулами клейковинных белков, в результате чего происходит разрыхление структуры клейковины и больше воды проникает в клейковину, удерживаясь внутри за счет ван-дер-ваальсовых взаимодействий. При этом увеличивается масса клейковины и ее выход. Сопоставимые данные об умеренном действии протеолитических ферментов на белок клейковины приведены в работе Чижовой К.Н. [242].

По качеству сырую клейковину пророщенной спельты по значению показателя прибора ИДК-3М согласно ГОСТ Р 54478-2011 можно отнести ко II группе качества и охарактеризовать как «удовлетворительно слабую», двух образцов пшеничной муки высшего сорта – II группе качества и «удовлетворительно крепкую», одного образца пшеничной муки высшего сорта – I группе качества и «хорошую», первого сорта – I группе качества и «хорошую».

Следует отметить, что упругие свойства сырой клейковины пророщенной спельты и двух образцов пшеничной муки высшего сорта не оптимальные для производства хлебобулочных изделий. Сильная клейковина (менее 50 ед. ИДК) имеет низкую эластичность, трудно растягивается и легко рвется при растяжении. Углекислый газ, выделяемый дрожжами в тесте, не может достаточно растянуть такую клейковину и сформировать пористую структуру теста, в результате чего получается продукт уменьшенного объема с очень грубой пористостью. Слабая клейковина (более 80 ед. ИДК) обладает высокой эластичностью, поэтому сильно растягивается. После растяжения форма образца не восстанавливается. Мучное тесто со слабой клейковиной имеет слабую стойкость и сильно расплывается. Под действием углекислого газа дрожжей тесто из муки со слабой клейковиной быстро поднимается, а затем падает и не восстанавливает своего объема. Такие мучные изделия имеют малый объем, невыраженную форму, плохую пористость [10].

Показатель числа падения характеризует активность амилолитических ферментов и степень повреждения крахмальных зерен. Анализ данных таблицы 3.2. показывает, что наибольший показатель числа падения был выявлен для пшеничной муки первого сорта, а наименьший – для пророщенной спельты и порошков семян тыквы, вешенки и крыжовника. Полученные результаты объясняются тем, что пророщенная спельта содержит большое количество активных амилолитических ферментов [394]. Низкий показатель числа падения для порошков семян тыквы, вешенки и крыжовника вероятно обусловлен отсутствием в данном сырье значительного количества полисахаридов, способных образовывать устойчивый клейстер при температуре кипения водяной бани.

По показателю истинной плотности (таблица 3.2) исследуемое сырье можно расположить в следующий ряд по возрастанию данного показателя: порошок семян тыквы, порошок вешенки, мука пшеничная обойная, пророщенная спельта, мука ржаная обдирная, мука пшеничная первого сорта, мука пшеничная высшего сорта и порошок крыжовника. Низкая истинная плотность порошка семян тыквы вероятно обусловлена его химическим составом, а именно высоким содержанием белка [25, 54, 291, 293]. Кроме того, порошок крыжовника имел самую высокую истинную плотность, при этом содержал меньше всего белка среди исследуемого сырья (таблицы 3.1 и 3.2).

Важный технологический показатель качества – гранулометрический состав порошкообразных продуктов, используемых при производстве хлебобулочных изделий. Размер и форма частиц сырья играют важную роль на всех этапах производства хлебобулочных изделий и определяют качество готовых изделий. Определение содержания фракций частиц в растительном сырье проводили в условиях центра коллективного пользования «Наноматериалы и нанотехнологии» (ЛК «Наноаналитика») ФГБОУ ВО «КНИТУ» с использованием лазерного анализатора крупности частиц «Horiba LA-950V2». На рисунке 3.1 представлены результаты исследований.

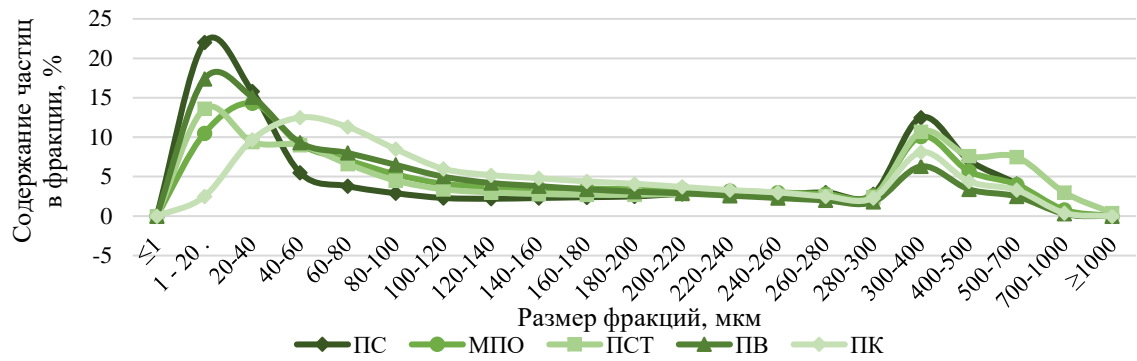


Рисунок 3.1 – Гранулометрический состав растительного сырья

Изучение гранулометрического состава растительного сырья (рисунок 3.1) позволило установить средний эквивалентный диаметр частиц, который находится в диапазоне от 5,78 до 28,30 мкм и составляет для пророщенной спельты – 28,30 мкм, муки пшеничной обойной – 10,77 мкм, порошка семян тыквы – 12,25 мкм, порошка вешенки – 20,38 мкм, порошка крыжовника – 5,78 мкм. Для сравнения, средний эквивалентный диаметр частиц муки пшеничной высшего сорта составляет 13,32 мкм, муки пшеничной первого сорта – 11,90 мкм, муки ржаной обдирной – 22,09 мкм.

Эквивалентные диаметры частиц растительного сырья и хлебопекарной муки находятся примерно в одном диапазоне, что позволяет сделать вывод об устойчивости их смесей к расслоению, что важно для производства хлебобулочных изделий постоянного состава и качества [114].

С целью подтверждения данных о гранулометрическом составе растительного сырья и хлебопекарной муки проводили исследования морфологических признаков частиц порошков методом оптической микроскопии светлого поля с получением фотографий. Съёмка образцов производилась при увеличении 100× и 200×. Результаты испытаний представлены на рисунках 3.2-3.9.

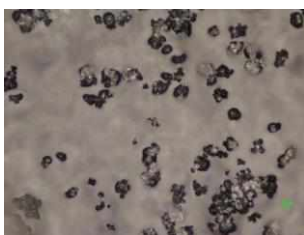


Рисунок 3.2 – Порошок пророщенной спельты



Рисунок 3.3 – Мука пшеничная обойная



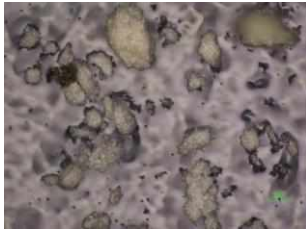


Рисунок 3.4 – Порошок семян тыквы

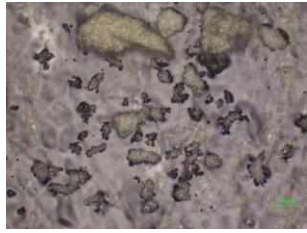


Рисунок 3.5 – Порошок вешенки

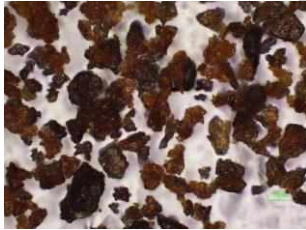
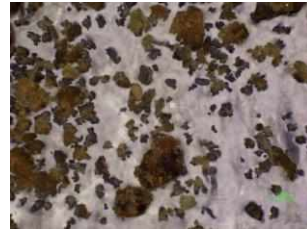


Рисунок 3.6 – Порошок крыжовника

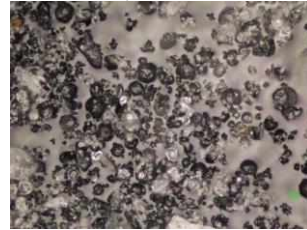
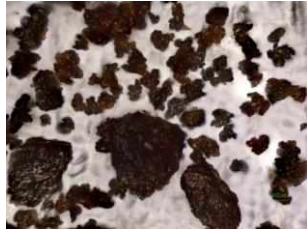
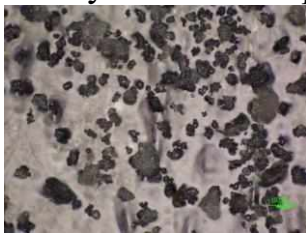
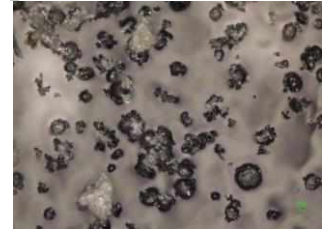
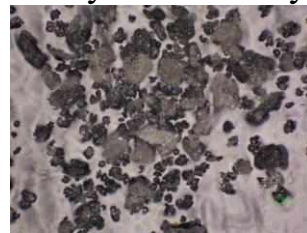


Рисунок 3.7 – Мука ржаная обдирная

Рисунок 3.8 – Мука пшеничная
первого сортаРисунок 3.9 – Мука пшеничная
высшего сорта

Анализ рисунков 3.2-3.9 показывает, что наиболее мелкие частицы присутствуют в муке пшеничной высшего, первого сортов, ржаной, пшеничной обойной, а также в порошках пророщенной спельты и вешенки.

Необходимо отметить, что в порошках семян тыквы и крыжовника наряду с мелкими частицами присутствуют некоторое количество более крупных частиц. Это связано, прежде всего, с особенностями сырья, из которого получены порошки. Порошок семян тыквы получали путем высушивания семян тыквы вместе с оболочками, часть которых при последующем измельчении и просеивании отделялась от основной массы готового порошка, при этом часть более мелких оболочек осталась в порошке. В порошке крыжовника крупными частицами могут быть представлены части оболочек семян и кожуры, состоящих из полисахаридов, в том числе пектинов, которые придают растительным тканям эластичность, в результате чего при получении порошка они лучше выдерживают воздействие измельчающих органов и дробятся на более крупные части [43, 173, 219, 227].

Таким образом, сопоставление органолептических, физико-химических показателей и морфологических признаков частиц растительного сырья и контрольных образцов хлебопекарной муки доказывает возможность использования исследуемых добавок при производстве хлебобулочных изделий, однако требуются дальнейшие исследования, направленные на изучение безопасности добавок и их влияния на свойства основного сырья.

Принимая во внимание естественное происхождение исследуемого сырья, следует обратить внимание на возможность аккумуляции растительными культурами из окружающей среды токсичных элементов и загрязнения продукции растениеводства патогенными и условно-патогенными микроорганизмами. Руководствуясь требованиями нормативной документации: СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов», Технические регламенты Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания» проводили оценку безопасности растительного сырья и хлебопекарной муки по содержанию токсичных элементов и микробиологическим показателям.

Результаты исследований представлены в таблицах 3.3 и 3.4.

Таблица 3.3 – Содержание токсичных элементов в растительном сырье

Наименование образцов		Токсичные элементы, мг/кг					
		ТР ТС 021/2011, не более			фактические данные		
		Свинец	Мышьяк	Кадмий	Свинец	Мышьяк	Кадмий
Растительное сырье	ПС	0,5	0,2	0,1	0,28	0,06	0,02
	МПО	0,5	0,2	0,1	0,2	0,02	0,03
	ПСТ	1,0	0,3	0,03	0,57	0,04	0,01
	ПВ	1,0	1,0	0,2	0,13	0,02	0,13
	ПК	0,4	0,2	0,03	0,28	0,02	0,02
Контрольные образцы сравнения	Мука пшеничная высшего сорта	0,5	0,2	0,1	0,05	0,01	0,01
	Мука пшеничная первого сорта	0,5	0,2	0,1	0,01	0,01	0,01
	Мука ржаная обдирная	0,5	0,2	0,1	0,05	0,01	0,01

Согласно литературным данным, 52,9 % территории Республики Татарстан по содержанию в почве свинца относится к потенциально загрязненной относительно регионального фонового значения. Кроме того, оценка реальной химической нагрузки населения Республики Татарстан токсичными элементами показала, что одними из основных пищевых источников поступления в организм данных веществ являются хлебобулочные изделия, с которыми поступает 16,07 % кадмия, 26,85 % свинца и 3,05 % мышьяка от их общего количества. При этом хлебобулочные изделия не являются основными пищевыми источниками поступления ртути. Следует также отметить, что свинец, мышьяк и кадмий являются канцерогенами [105, 165, 200]. В связи с этим в сырье исследовали содержание именно данных токсичных элементов.

Анализ данных таблицы 3.3 показывает, что показатели безопасности исследуемого растительного сырья и образцов хлебопекарной муки свидетельствуют об отсутствии превышения допустимого уровня содержания токсичных элементов (свинца, мышьяка, кадмия) и по данным показателям соответствуют требованиям Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Таблица 3.4 – Микробиологические показатели безопасности растительного сырья

Наименование образцов		КМАФАнМ, КОЕ/г	Масса продукта (г), в которой не допускаются		Плесени, КОЕ/г	Дрожжи, КОЕ/г		
			БГКП (колиформы)	Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы в массе продукта, г				
Растительное сырье	ПС	установлено экспериментально	$3 \cdot 10^4$	не обнаружены		$1 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$	
		СанПиН 2.3.2.1078-01, не более	$5 \cdot 10^4$	0,1	25	$2 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$	
	МПО	установлено экспериментально	$4 \cdot 10^4$	не обнаружены		$1 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$	
		СанПиН 2.3.2.1078-01, не более	$5 \cdot 10^4$	0,1	25	$2 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$	
	ПСТ	установлено экспериментально	$4 \cdot 10^5$	не обнаружены			-	
		ТР ТС 021/2011, не более	$4 \cdot 10^3$	0,01	25	$5 \cdot 10^2$	-	
	ПВ	установлено экспериментально	$4 \cdot 10^5$	не обнаружены			-	
		ТР ТС 021/2011, не более	$5 \cdot 10^5$	0,001	25	$5 \cdot 10^2$	-	
	ПК	установлено экспериментально	$3 \cdot 10^4$	не обнаружены			-	
		ТР ТС 021/2011, не более	$5 \cdot 10^4$	0,1	25	$1 \cdot 10^2$	-	
	Контрольные образцы сравнения	Мука пшеничная высшего сорта	установлено экспериментально	$4 \cdot 10^4$	не обнаружены		$1 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$
			СанПиН 2.3.2.1078-01, не более	$5 \cdot 10^4$	0,1	25	$2 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$
Мука пшеничная первого сорта		установлено экспериментально	$4 \cdot 10^4$	не обнаружены		$1 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$	
		СанПиН 2.3.2.1078-01, не более	$5 \cdot 10^4$	0,1	25	$2 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$	
Мука ржаная обдирная		установлено экспериментально	$4 \cdot 10^3$	не обнаружены		$1 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$	
		СанПиН 2.3.2.1078-01, не более	$5 \cdot 10^4$	0,1	25	$2 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$	

Результаты микробиологических исследований, представленные в таблице 3.4, подтверждают, что растительное сырье и образцы хлебопекарной муки по микробиологическим показателям безопасности не превышают соответствующих для каждой группы продуктов норм, установленных в нормативной документации: ТР ТС 021/2011 и СанПиН 2.3.2.1078-01.

Данные таблицы 3.4 также показывают, что количество обнаруженных мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в исследуемом растительном сырье не превышают допустимые уровни. Аналогичные результаты получены и для образцов хлебопекарной муки. При определении массы добавок, в которых обнаруживаются БГКП (колиформы) и патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, указанные микроорганизмы не обнаружены. Кроме того, не обнаружены плесени при исследовании порошков семян тыквы, вешенки и крыжовника. Исследование обсеменения спорами плесени пророщенной спельты, муки пшеничной обойной, высшего и первого сортов, муки ржаной обдирной показало, что количество плесеней не превышает установленные нормативы. Полученные результаты подтверждают микробиологическую безопасность и стабильность исследуемого растительного сырья.

Таким образом, на основании анализа исследований (таблицы 3.3 и 3.4) можно сделать вывод, что в качестве безопасного обогащающего растительного сырья при производстве хлебобулочных изделий повышенной физиологической ценности возможно использовать пророщенную спельту, муку пшеничную обойную и порошки семян тыквы, грибов вешенок и ягод крыжовника.

3.2 Исследование влияния растительного сырья на качество пшеничной муки высшего сорта и биотехнологические показатели прессованных хлебопекарных дрожжей

На следующем этапе исследования изучали влияние растительного сырья на количество и качество сырой клейковины и число падения пшеничной муки

высшего сорта. Исследуемое растительное сырье вносили в пшеничную муку высшего сорта в концентрациях, которые выбраны в результате анализа научно-технической литературы [17, 32, 33, 66, 89, 90, 113, 210, 171].

Данные о влиянии растительного сырья на количество и качество сырой клейковины пшеничной муки высшего сорта представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Влияние растительного сырья на количество и качество клейковины муки пшеничной высшего сорта

Растительное сырье		Количество сырой клейковины, %		Качество сырой клейковины, ед. приб. ИДК-3М	
наименование	концентрация, % взамен муки	значение	Δ	значение	Δ , %
ПС	0	26,8±0,1	0	35,0±1	0
	5	26,8±0,1	0	52,0±1	+48,6
	7	26,8±0,1	0	54,0±1	+54,3
	10	26,7±0,1	-0,1	57,0±1	+62,9
МПО	0	24,9±0,5	0	21,0±0,5	0
	10	26,4±0,2	+1,5	28,4±1,0	+38,3
	15	27,8±0,1	+2,9	29,7±1,2	+42,1
	20	28,8±0,3	+3,9	38,6±1,0	+84,7
ПСТ	0	31,4±0,3	0	51,0±1,7	0
	5	30,2±0,2	-1,2	51,4±1,1	+0,8
	10	28,3±0,1	-3,1	52,3±0,4	+2,5
	15	25,2±0,3	-6,2	62,6±0,2	+22,7
ПВ	0	31,4±0,3	0	51,0±1,7	0
	1	31,5±0,1	+0,1	93,6±2,4	+83,5
	3	32,7±0,5	+1,3	115,4±0,8	+126,3
	5	32,1±0,2	+0,7	118,9±1,4	+133,1
ПК	0	31,4±0,3	0	51,0±1,7	0
	0,4	31,2±0,2	-0,2	47,4±1,2	-7,1
	0,7	31,1±0,1	-0,3	42,9±0,7	-15,9
	1	31,0±0,2	-0,4	38,4±1,3	-24,7

Анализируя таблицу 3.5, необходимо отметить, что для исследования влияния растительного сырья на свойства клейковины в качестве контроля использовали три разных образцов муки, количество и качество клейковины двух образцов которой не соответствовали ГОСТ 26574-2017 «Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия». Это связано с тем, что на промышленных предприятиях часто имеет место неудовлетворительное качество муки. Так,

мониторинг физико-химических показателей качества хлебопекарной пшеничной муки высшего сорта, проведенный специалистами ФГАНУ НИИХП (г. Москва) показал, что из 18 проб муки одна проба по качеству клейковины (низкое значение показаний прибора ИДК) и 13 проб по количеству клейковины (низкое содержание клейковины) не соответствовали требованиям ГОСТ 26574-2017, половина проб муки имела короткорвущуюся клейковину [111]. В связи с приведенными данными целесообразно было исследовать влияние растительного сырья на муку низкого качества для улучшения ее показателей качества. В научной литературе имеются данные о расслабляющем действии пророщенных злаков на клейковину муки и увеличении выхода сырой клейковины при внесении таких злаков [74, 112]. Кроме того, известно о повышенной протеолитической активности муки пшеничной обойной по сравнению с мукой высшего сорта [79]. Внесение пророщенной спельты и пшеничной обойной муки способно оказывать положительное действие на излишне крепкую клейковину муки высшего сорта.

В связи с этим, для исследований влияния пророщенной спельты и пшеничной обойной муки на качество пшеничной муки высшего сорта выбраны два образца муки, имеющих излишне крепкую клейковину и низкое ее количество с тем, чтобы улучшить показатели муки заведомо низкого качества.

Результаты, представленные в таблице 3.5 показывают, что исследуемое растительное сырье оказывали влияние на количество и качество сырой клейковины, однако характер этого влияния различен. Так, пророщенная спельта в исследуемых концентрациях не оказывала влияния на количество сырой клейковины за исключением концентрации 10 % взамен муки, при которой наблюдалось незначительное снижение количества сырой клейковины по сравнению с контролем. При этом в исследуемых концентрациях пророщенная спельта способствовали значительному ослаблению сырой клейковины по показаниям прибора ИДК-3М. Вероятно, это обусловлено действием свободного глутатиона, активных протеолитических ферментов, протеаз и протеиндисульфидредуктазы, входящих в состав пророщенной спельты [286, 397].

Мука пшеничная обойная и порошок вешенки при внесении в исследуемых концентрациях в пшеничную муку высшего сорта приводили к увеличению выхода сырой клейковины и показаний прибора ИДК-3М. Возможно, это связано с наличием в составе данных добавок протеолитических ферментов. Известно, что в злаковых культурах ферменты расположены в периферических частях зерна и в зародыше, большая часть которых при производстве пшеничной обойной муки не отделяются. Кроме того, в состав грибов также входят протеазы [97, 401, 412]. Полученные данные согласуются с исследованием влияния протеолитических ферментов клопа-черепашки на количество и качество клейковины зерна. Показано, что при небольшом повреждении зерна клопом-черепашкой увеличивается выход сырой клейковины и показания прибора ИДК-3М. Вероятно, выход сырой клейковины увеличивается за счет повышения способности клейковинных белков набухать в воде под действием протеолитических ферментов [41, 242]. При этом не происходит полное разрушение дисульфидных связей и азотных мостиков между молекулами клейковинных белков. Данный факт согласуется с полученными данными расслабляющего действия порошка вешенки и обойной пшеничной муки на количество и качество клейковины.

Внесение порошков семян тыквы и крыжовника в исследуемых концентрациях в пшеничную муку высшего сорта приводило к снижению содержания сырой клейковины. Полученные результаты объясняются отсутствием в составе исследуемых порошков белков, способных образовывать клейковину [25, 90, 219, 235, 291, 293].

Из данных таблицы 3.5 также следует, что порошок семян тыквы оказывает ослабляющее воздействие на клейковину, которое было особенно заметно при концентрации 15 % взамен муки. Ослабление клейковины обусловлено наличием в порошке семян тыквы веществ, восстанавливающих дисульфидные связи, которыми связаны молекулы белков [25, 90, 273, 310, 385]. При этом внесение порошка крыжовника приводило к снижению показаний прибора ИДК-3М, что говорит об укреплении клейковины. Полученные данные объясняются высокой кислотностью вносимого сырья (9,0 град.). Известно, что активность ферментов зависит от

кислотности среды [10, 23, 365, 340]. Так, вероятно, при внесении порошка крыжовника в муку значение кислотности выходит за пределы оптимума для протеолитических ферментов, которые вызывают расслабление клейковинных белков.

В таблице 3.6 представлены результаты о влиянии растительного сырья на число падения и число разжижения муки пшеничной высшего сорта.

Таблица 3.6 – Влияние растительного сырья на число падения и число разжижения муки пшеничной высшего сорта

Растительное сырье		Число падения, с		Число разжижения	
наименование	концентрация, % взамен муки	значение	Δ , %	значение	Δ , %
ПС	0	336±8	0	21±0,6	0
	5	96±4	-71,4	131,4±11,4	+525,7
	7	81±3	-75,9	195,4±18,9	+830,5
	10	69±4	-79,5	330,4±69,6	+1473,3
МПО	0	349±13	0	20,1±0,9	0
	10	344±9	-1,4	20,4±0,6	+1,5
	15	352±11	+0,9	19,9±0,7	-1,0
	20	347±7	-0,6	20,2±0,5	+0,5
ПСТ	0	349±13	0	20,1±0,9	0
	5	318±14	-8,9	22,4±1,2	+11,4
	10	280±8	-19,8	26,1±0,9	+29,9
	15	271±11	-22,3	27,2±1,4	+35,3
ПВ	0	349±13	0	20,1±0,9	0
	1	352±8	+0,9	19,9±0,5	-1,0
	3	356±15	+2,0	19,7±1,0	-2,0
	5	360±10	+3,2	19,4±0,6	-3,5
ПК	0	349±13	0	20,1±0,9	0
	0,4	313±9	-10,3	22,8±0,8	+13,4
	0,7	279±2	-20,1	26,2±0,2	+30,3
	1	293±11	-16,0	24,7±1,1	+22,9

Данные таблицы 3.6 показывают, что при внесении пророщенной спелты в пшеничную муку высшего сорта происходит снижение показателя числа падения и увеличения показателя числа разжижения, что говорит о росте ферментативной активности муки. Полученные результаты можно объяснить: пророщенная спелта имеет в своем составе активные амилолитические ферменты: α -амилазу, β -амилазу, предельную декстриназу и α -глюкозидазу [197, 394]. В муке из непророщенного зерна присутствует только β -амилаза, действие которой направлено на концевые

(внешние) связи в амилозе и амилопектине, при этом последовательно, начиная с нередуцирующих концов цепей, отщепляется по два остатка глюкозы (мальтоза). β -Амилаза не может обойти в амилопектине места ветвления, поэтому гидролиз прекращается на предпоследней α -1,4-гликозидной связи, и остаются высокомолекулярные декстрины [197]. В проросшем зерне присутствуют одновременно α - и β -амилаза. Под действием α -амилазы связи разрываются беспорядочно, но преимущественно в середине (внутри цепей). В качестве основного продукта гидролиза крахмала α -амилаза образует низкомолекулярные декстрины, незначительное количество мальтозы, глюкозы и некоторых других олигосахаридов (амилотриозы, амилотетраозы и амилопентаозы) [23].

Совместное действие α - и β -амилазы обеспечивает наибольшее осахаривание крахмала, при этом образуется смесь сахаридов, состоящая из мальтозы, небольшого количества глюкозы и низкомолекулярных предельных декстринов, в которых сосредоточены все α -1,6-гликозидные связи крахмала. Предельная декстриназа (олиго-1,6-глюкозидаза) накапливается в процессе прорастания зерна и катализирует разрыв α -1,6-гликозидных связей в предельных декстринах. α -Глюкозидаза (мальтаза) катализирует гидролиз мальтозы с образованием глюкозы [30]. При определении числа падения температура мучной суспензии постепенно увеличивается и в конце близка к температуре кипения воды в водяной бане, поэтому амилолитические ферменты пророщенной спельты: α -амилаза, β -амилаза, предельная декстриназа и α -глюкозидаза действуют поочередно, гидролизуя крахмал с образованием низкомолекулярных полисахаридов, в результате чего снижается вязкость мучной суспензии и уменьшается показатель числа падения [10, 197].

Анализ данных таблицы 3.6 показывает, что мука пшеничная обойная также снижала число падения и увеличивала число разжижения пшеничной муки высшего сорта во всех исследуемых концентрациях, за исключением концентрации 15 % взамен муки.

Аналогичные результаты получены для порошков семян тыквы и крыжовника. Полученные данные объясняются снижением содержания крахмала в мучных смесях при введении в них порошков семян тыквы и крыжовника. Следует

отметить, что при концентрации порошка крыжовника 1,0 % взамен муки показатель числа падения был выше, чем при концентрации 0,7 % взамен муки. Результаты объясняются увеличением кислотности мучной смеси за счет кислот, содержащихся в порошке крыжовника. В связи с этим, при концентрации порошка крыжовника 1,0 % взамен муки активность α -амилазы снизилась. Данные, представленные в таблице 3.6, также показывают, что порошок вешенки способствует повышению показателя числа падения мучных смесей и снижению числа разжижения. Полученные результаты можно объяснить упрочнением структуры крахмального клейстера за счет полисахаридов, входящих в состав порошка грибов вешенки. Анализ литературных данных показывает, что вешенка обыкновенная содержит большое количество сырой клетчатки и β -глюканов – 11,8 и 29,5 г/г с.в., соответственно [283]. Полисахариды связывают воду водно-мучной суспензии, в результате чего повышается вязкость крахмального клейстера.

Таким образом, исследования показали, что исследуемое растительное сырье оказывают влияние на свойства клейковины и активность амилолитических ферментов пшеничной муки высшего сорта. Полученные результаты необходимо учитывать при разработке технологии хлебобулочных изделий с изучаемым сырьем.

Хлебопекарные дрожжи влияют на качество готового продукта, определяют необходимое разрыхление и кислотообразование полуфабрикатов, участвуют в формировании вкуса и аромата. Организация жизнедеятельности дрожжей в мучной среде определяет скорость процесса приготовления теста и качество готового продукта. Формировать необходимые характеристики теста в условиях современного интенсивного производства мучных изделий можно путем регулирования технологических свойств дрожжей в полуфабрикатах в процессе их созревания [55, 59, 78, 84, 121, 164, 183, 198].

Результаты исследований по влиянию растительного сырья на подъемную силу прессованных дрожжей представлены в таблице 3.7.

Анализ данных таблицы 3.7 показывает, что исследуемые концентрации всех добавок за исключением порошка крыжовника способствуют увеличению подъемной силы прессованных дрожжей. Положительное действие данных добавок

на бродильную активность дрожжей связано с наличием в их составе необходимых для питания дрожжей веществ: сахаров, аминокислот, витаминов, минеральных веществ [25, 235, 270, 275]. Кроме того, в состав пророщенной спельты входят активные амилолитические и протеолитические ферменты, гидролизующие крахмал и белковые вещества муки с образованием дополнительных простых соединений, легко усваиваемых дрожжами [30, 197, 342, 362, 394].

Таблица 3.7 – Влияние растительного сырья на подъемную силу прессованных хлебопекарных дрожжей

Растительное сырье		Подъемная сила, мин	
наименование	концентрация, % взамен муки	значение	Δ, %
ПС	0	51,21±0,48	0
	5	49,42±0,56	+3,7
	7	47,99±0,49	+6,5
	10	44,31±0,51	+13,7
МПО	0	48,06±0,58	0
	10	47,12±0,81	+2,0
	15	45,36±0,74	+5,6
	20	43,15±0,87	+10,3
ПСТ	0	47,78±0,28	0
	5	46,94±0,28	+1,8
	10	44,07±0,42	+7,8
	15	45,43±0,21	+4,9
ПВ	0	48,06±0,58	0
	1	47,67±0,79	+0,8
	3	46,69±0,88	+2,8
	5	47,11±0,84	+2,0
ПК	0	48,06±0,58	0
	0,4	49,43±0,68	-2,9
	0,7	50,69±0,54	-5,5
	1	51,35±0,75	-6,8

Данные таблицы 3.7 также показывают, что порошок крыжовника в исследуемых концентрациях отрицательно влиял на подъемную силу прессованных дрожжей. Возможно, это обусловлено высокой кислотностью порошка крыжовника (12,0 град.). Известно, что высокая кислотность среды оказывает угнетающее воздействие на активность дрожжей [10, 55].

3.3 Разработка способов предварительной активации хлебопекарных прессованных дрожжей

Анализ данных таблицы 3.7 показал, что внесение растительного сырья оказывает положительное влияние на бродильную активность прессованных дрожжей. В технологии хлебопекарного производства с целью улучшения бродильной активности хлебопекарных дрожжей проводится их предварительная активация, которая заключается в выдержке дрожжей в питательной среде, содержащей компоненты, способные ускорить синтез ферментов, задействованных в усвоении дрожжевыми клетками углеводов [10, 55, 59, 223, 327]. В связи с этим актуальным выступает разработка способов предварительной активации дрожжей с использованием в качестве компонентов питательной среды растительного сырья. Перспективным растительным сырьем для использования в условиях предварительной активации выступают пророщенная спельта и порошок вешенки благодаря высокой степени повышения подъемной силы в относительно низкой концентрации по сравнению с мукой пшеничной обойной и порошком семян тыквы.

Прессованные хлебопекарные дрожжи подвергали предварительной активации путем их выдерживания в питательной среде, содержащей воду и растительное сырье: пророщенную спельту или порошок вешенки. Влажность питательной среды составляла 70 %. Дрожжи выдерживали в питательной среде в течение времени, определенного с учетом плана эксперимента, представленного в таблице 3.9, затем определяли их бродильную активность.

Установление оптимальных параметров предварительной активации прессованных дрожжей с использованием пророщенной спельты и порошка вешенки проводилось с использованием ротатабельного плана второго порядка Бокса-Хантера для двух факторов [214]. Математическую обработку данных проводили с помощью корреляционно-регрессионного анализа с использованием программ MS Office Excel 2016 и Statistica 13.0. Независимыми факторами были выбраны концентрация растительного сырья (фактор x_1 , г/2 г дрожжей) и время активации (фактор x_2 , мин). За критерий эффективности проведения

предварительной активации прессованных дрожжей принимали прирост подъемной силы по отношению к контролю (отклик y , %). В таблице 3.8 приведены натуральные и кодированные значения факторов.

Таблица 3.8 – Значения факторов в натуральном и кодированном виде

Наименование растительного сырья	Наименование фактора	Значение				
		-1,414	-1	0	+1	+1,414
ПС	x_1 – количество растительного сырья, г/2 г дрожжей	4,2	5	7	9	9,8
	x_2 – время активации, мин	16	20	30	40	44
ПВ	x_1 – количество растительного сырья, г/2 г дрожжей	0,2	1	3	5	5,8
	x_2 – время активации, мин	16	20	30	40	44

В таблице 3.9 представлена матрицы планирования и результаты экспериментов.

Таблица 3.9 – Матрицы планирования и результаты экспериментов

Растительное сырье							
ПС				ПВ			
Номер опыта	z_1	z_2	y , %	Номер опыта	z_1	z_2	y , %
1	-1	-1	51,501	1	-1	-1	6,944
2	1	-1	45,727	2	1	-1	12,090
3	-1	1	44,573	3	-1	1	7,340
4	1	1	48,961	4	1	1	11,933
5	1,414	0	48,268	5	1,414	0	13,371
6	-1,414	0	51,27	6	-1,414	0	7,236
7	0	1,414	44,804	7	0	1,414	9,889
8	0	-1,414	47,113	8	0	-1,414	8,652
9	0	0	56,813	9	0	0	12,667
10	0	0	56,813	10	0	0	12,667
11	0	0	56,813	11	0	0	12,667
12	0	0	56,813	12	0	0	12,667
13	0	0	56,813	13	0	0	12,667

Экспериментальные данные таблицы 3.9 были обработаны с использованием методов статистики. Регрессионный анализ зависимости прироста подъемной силы прессованных хлебопекарных дрожжей от условий проведения предварительной активации с использованием пророщенной спельты и порошка вешенки,

приведенный в приложении 2, показывает статистическую достоверность полученных результатов по значению t-критерия Стьюдента и критерия Фишера.

В результате получены адекватные математические модели второго порядка, которые с учётом значимых коэффициентов могут быть представлены следующими уравнениями регрессии (13-14):

$$ПС: y = 56,813 - 0,704 \cdot x_1 - 0,870 \cdot x_2 - 3,566 \cdot x_1^2 - 5,472 \cdot x_2^2 + 2,541 \cdot x_1 \cdot x_2, \quad (13)$$

$$ПВ: y = 12,667 + 2,302 \cdot x_1 + 0,249 \cdot x_2 - 1,234 \cdot x_1^2 - 1,751 \cdot x_2^2. \quad (14)$$

Определение оптимальных параметров предварительной активации прессованных дрожжей с использованием пророщенной спельты и порошка вешенки проводили путем геометрической интерпретацией полученных функций и изучением поверхностей откликов. Поверхности откликов, характеризующие зависимости прироста подъемной силы от концентрации добавок – x_1 и времени активации – x_2 , представлены на рисунке 3.10.

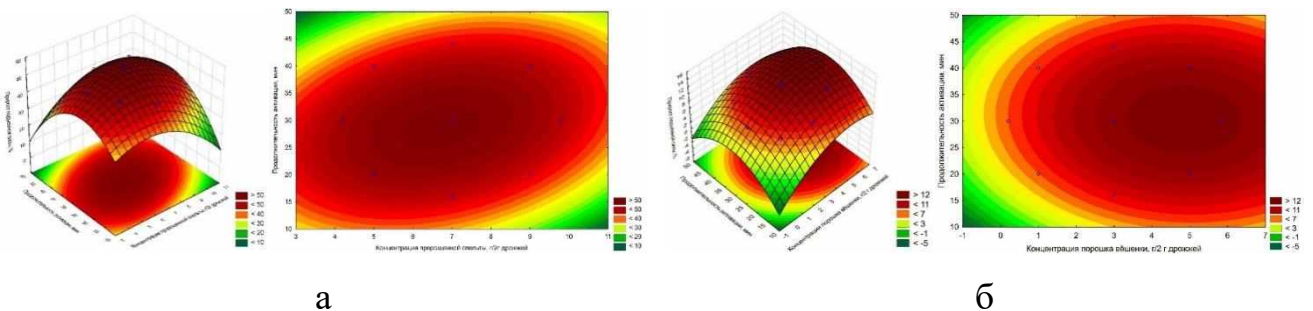


Рисунок 3.10 – Поверхности отклика, характеризующие зависимость прироста подъемной силы от времени активации и концентрации растительного сырья: а – пророщенной спельты и б – порошка вешенки

Как видно из рисунка 3.10 (а), быстрый прирост подъемной силы соответствует времени активации 18-37 мин и интервалу концентрации пророщенной спельты 4-9 г/2 г дрожжей, при этом максимальный прирост подъемной силы находится в интервале времени активации 25-33 мин и концентрации пророщенной спельты 5,8-7,6 г/2 г дрожжей.

Данные рисунка 3.10 (б) демонстрируют, что быстрый прирост подъемной силы соответствует времени активации 20-40 мин и интервалу концентрации

порошка вешенки 2-5 г/2 г дрожжей, при этом максимальный прирост подъемной силы находится в интервале времени активации 25-35 мин и концентрации порошка вешенки 3,5-6,5 г/2 г дрожжей.

Решая уравнения регрессии (13) и (14), определили максимумы для параметров оптимизации (y , %) в точке с координатами: z_1 (-0,15); z_2 (-0,11) для пророщенной спельты и z_1 (0,93); z_2 (0,07) для порошка вешенки, что в натуральных значениях соответствует следующим значениям:

ПС: концентрация – 6,7 г/2г дрожжей; время активации – 29 минут.

ПВ: концентрация – 4,9 г/2г дрожжей, время активации – 31 минута.

Исследовали влияние предварительной активации на активность прессованных хлебопекарных дрожжей: ферментов зимазного комплекса и мальтазы. Результаты исследования представлены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Влияние активированных прессованных дрожжей на зимазную и мальтазную активности

Растительное сырье		Зимазная активность		Мальтазная активность	
наименование	концентрация г/2 г дрожжей	значение	Δ , %	значение	Δ , %
ПС	Время активации – 29 мин				
	0	42,9±0,5	0	76,0±0,5	0
	5	14,9±0,5	65,3	20,1±0,5	+73,6
	7	13,5±0,5	68,5	18,5±0,5	+75,7
	10	12,4±0,5	71,1	16,6±0,5	+78,2
ПВ	Время активации – 31 мин				
	0	41,3±0,12	0	134,35±1,91	0
	1	22,68±0,13	45,1	61,17±2,82	+54,5
	3	19,38±0,08	53,1	46,54±1,61	+65,4
	5	17,29±0,19	58,1	42,62±1,27	+68,3

Из данных таблицы 3.10 следует, что при увеличении концентраций пророщенной спельты и порошка вешенки наблюдается повышение ферментативной активности прессованных дрожжей. Известно, что мальтопермеаза и α -глюкозидаза адаптивные ферменты, поэтому при появлении в мучных полуфабрикатах мальтозы дрожжи начинают ее усваивать не сразу, а только после синтеза этих ферментов [285]. Исследуемое растительное сырье

содержит минеральные вещества, простые сахара, поэтому при выдержке дрожжей в среде, содержащей данное сырье, в их клетках увеличивается число ферментов мальтопермеазы и α -глюкозидазы и в связи с чем повышается подъемная сила и ферментативная активность прессованных дрожжей.

Таким образом, установлены оптимальные параметры предварительной активации прессованных дрожжей с использованием пророщенной спельты и порошка вешенки. Так, при использовании пророщенной спельты оптимальное время активации составляет 29 мин при концентрации 6,7 г/2 г дрожжей, а при использовании порошка вешенки – 31 мин и 4,9 г/2 г дрожжей, соответственно. По результатам исследований получено 2 патента на способы предварительной активации прессованных хлебопекарных дрожжей: RU № 2711369 (приложение 3), RU № 2737397 (приложения 4).

Полученные данные демонстрируют положительное влияние порошка вешенки и пророщенной спельты на показатели качества дрожжей в условиях предварительной активации, что в перспективе позволяет предположить положительное влияние пищевой комплексной добавки (в составе которой содержится указанное растительное сырье) на дрожжи также в условиях предварительной активации.

Результаты, приведенные в данном разделе, опубликованы в журнале, включенном в перечень ВАК [100].

3.4 Исследование влияния растительного сырья на процессы тестоведения

На следующей стадии исследования проводили изучение влияния растительного сырья на процессы, происходящие при созревании пшеничного теста при безопасном способе тестоведения. Тесто замешивали по рецептуре для хлеба белого из пшеничной муки высшего сорта согласно «Сборника технологических инструкций для производства хлебобулочных изделий» [204].

Рецептура и технологический режим производства представлены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Рецептúra и технологический режим производства хлеба из пшеничной муки высшего сорта безопасным способом (контроль)

Наименование сырья и полуфабрикатов, технологические параметры и режимы тестоприготовления	Расход сырья и параметры процесса приготовления теста
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, кг	100,0
Дрожжи хлебопекарные прессованные / дрожжевая суспензия (1:2), кг	2 / 6
Вода, кг	по расчету
Солевой раствор, кг (25 %)	5,2
Сахарный раствор, кг (50 %)	2,0
Влажность, %	44±1,0
Температура начальная, °С	29-30
Продолжительность брожения, мин	180
Кислотность конечная, град	3,0
Масса тестовой заготовки, кг	0,45
Продолжительность расстойки, мин	50-55
Температура расстойки, °С	35-40
Продолжительность выпечки, мин	25-35
Температура выпечки, °С	200-220

Проведены серии опытов для определения влияния растительного сырья при индивидуальном дозировании на процессы тестоведения и показатели качества готовых изделий. Опытные образцы готовили путем замены пшеничной муки высшего сорта растительным сырьем, концентрации которого представлены в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Концентрации растительного сырья при индивидуальном дозировании

Номер опытного образца	Количество, % взамен муки				
	Пророщенная спельта	Порошок семян тыквы	Порошок грибов вешенки обыкновенной	Порошок ягод крыжовника	Мука пшеничная обойная
1	5	5	1	0,4	10
2	7	10	3	0,7	20
3	10	15	5	1,0	30

Представленные в таблице 3.12 концентрации обойной пшеничной муки, порошков семян тыквы и вешенки выбраны на основе анализа научно-технической литературы [17, 32, 33, 66, 90, 113, 171, 210]. В связи с тем, что в литературе недостаточно представлены данные по применению порошка крыжовника и

пророщенной спельты при производстве хлебобулочных изделий, проводили предварительные эксперименты по пробной выпечке образцов хлеба с данным растительным сырьем, которые показали, что подходящими для дальнейших исследований являются следующие концентрации: порошок крыжовника – 0,4 %, 0,7 % и 1,0 % взамен муки; пророщенная спельта – 5 %, 7 % и 10 % взамен муки.

На рисунке 3.11 представлены данные по влиянию растительного сырья на титруемую кислотность тестовых полуфабрикатов в процессе брожения. Данные были обработаны с использованием методов статистики, что позволило получить линейные уравнения регрессии зависимости прироста кислотности тестовых полуфабрикатов в процессе брожения по сравнению с контрольными образцами от времени брожения (Приложение 5).

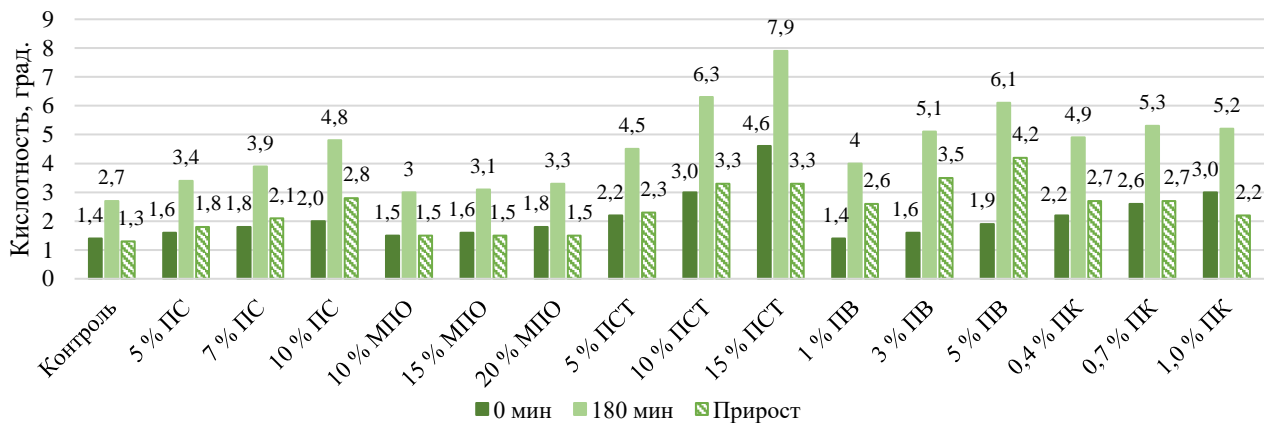


Рисунок 3.11 – Влияние растительного сырья на титруемую кислотность тестовых полуфабрикатов в процессе брожения

Анализ данных рисунка 3.11 и приложения 5 показывает, что при возрастании исследуемых концентраций растительного сырья наблюдалось более быстрое накопление титруемой кислотности опытных тестовых полуфабрикатов по сравнению с контролем.

Как следует из данных рисунка 3.11 мука пшеничная обойная при увеличении концентрации не показала увеличения прироста кислотности теста через 180 минут брожения. Следует отметить, что порошок крыжовника снижал подъемную силу дрожжей, но при этом способствовал более быстрому накоплению

кислотности тестовых полуфабрикатов по сравнению с контролем, хотя прирост кислотности снижался при увеличении концентрации растительного сырья от 0,7 % до 1,0 % взамен муки. Полученные результаты можно объяснить отличием в условиях проведения исследований. Так, при изучении влияния порошка крыжовника на подъемную силу дрожжей по методу всплывания шарика теста время испытания составляло не более 15 мин, а при изучении влияния растительного сырья на кислотонакопление тестовых полуфабрикатов первое измерение кислотности проводили через 30 мин после замеса. Дрожжевые клетки смогли адаптироваться к более высокой кислотности среды, поэтому наблюдался прирост кислотности тестовых полуфабрикатов по сравнению с контролем.

Данные приложения 5 показывают, что прирост кислотности опытных тестовых полуфабрикатов по сравнению с контролем соответствует линейным уравнениям регрессии ($r > 0,76$, $p < 0,05$).

В процессе тестоведения, расстойки, выпечки тестовых заготовок и остывания готового хлеба проводили ряд измерений технологических показателей и в дальнейшем расчеты выхода готовых изделий, результаты которых представлены в таблице 3.13. По техническим причинам, связанным с производительностью лабораторного оборудования (хлебопекарная печь, расстойный шкаф), которые не позволили одновременно исследовать все образцы полуфабрикатов, исследования проводили последовательно с каждым растительным сырьем в отдельности. Данные в таблице приведены для каждого растительного сырья с соответствующим контролем, который исследовали одновременно с опытными образцами, в связи с чем, данные между разными контролями отличаются, поэтому проведено сравнение значений опытных образцов с соответствующими контролями и расчет прироста показателя (Δ , %).

Таблица 3.13 – Влияние растительного сырья на технологические показатели

Растительное сырье		Затраты на брожение тестовых полуфабрикатов, %		Упек, %		Усушка за 4 часа хранения хлеба, %		Сумма затрат, %		Расчетный выход хлеба, %	
наименование	концентрация, % взамен муки	значение	Δ	значение	Δ	значение	Δ	значение	Δ	значение	Δ
ПС	0	1,43±0,04	0	12,63±0,51	0	4,25±0,09	0	18,31±0,64	0	134,82	0
	5	1,38±0,05	-0,05	13,12±0,68	0,49	3,26±0,09	-0,99	17,76±0,82	-0,55	135,22	0,40
	7	0,87±0,05	-0,56	13,20±0,60	0,57	3,72±0,06	-0,53	17,79±0,71	-0,52	134,84	0,02
	10	0,42±0,01	-1,01	12,80±0,18	0,17	3,62±0,09	-0,63	16,84±0,25	-1,47	135,8	0,98
МПО	0	1,86±0,25	0	9,84±0,23	0	3,13±0,11	0	14,83±0,01	0	140,14	0
	10	1,41±0,14	-0,45	8,27±0,18	-1,57	4,13±0,24	1,00	13,81±0,01	-1,02	140,26	0,12
	15	1,53±0,14	-0,33	8,86±0,19	-0,98	4,32±0,22	1,19	14,71±0,01	-0,12	137,13	-3,01
	20	1,59±0,25	-0,27	9,21±0,12	-0,63	3,97±0,17	0,84	14,77±0,01	-0,06	134,54	-5,6
ПСТ	0	1,86±0,23	0	9,84±0,13	0	3,13±0,25	0	14,83±0,01	0	140,14	0
	5	1,52±0,13	-0,34	8,38±0,14	-1,46	4,24±0,16	1,11	14,14±0,01	-0,69	141,1	0,96
	10	1,61±0,11	-0,25	8,92±0,17	-0,92	4,45±0,25	1,32	14,98±0,01	0,15	138,94	-1,20
	15	1,61±0,17	-0,25	9,37±0,14	-0,47	4,05±0,32	0,92	15,03±0,01	0,20	137,23	-2,91
ПВ	0	0,65±0,13	0	11,16±0,13	0	2,93±0,17	0	14,74±0,01	0	140,08	0
	1	0,82±0,31	0,17	10,92±0,14	-0,24	4,00±0,30	1,07	15,74±0,01	1	138,7	-1,38
	3	0,72±0,33	0,07	10,59±0,20	-0,57	3,93±0,11	1,00	15,24±0,01	0,5	139,41	-0,67
	5	0,70±0,21	0,05	10,25±0,12	-0,91	4,41±0,17	1,48	15,36±0,01	0,62	139,12	-0,96
ПК	0	0,93±0,11	0	10,61±0,17	0	3,11±0,25	0	14,65±0,01	0	140,29	0
	0,4	0,40±0,13	-0,53	8,88±0,14	-1,73	3,18±0,25	0,07	12,46±0,01	-2,19	143,68	3,39
	0,7	0,39±0,25	-0,54	9,27±0,24	-1,34	2,65±0,26	-0,46	12,31±0,01	-2,34	143,89	3,60
	1	0,43±0,17	-0,5	11,12±0,17	0,51	2,08±0,14	-1,03	13,63±0,01	-1,02	141,71	1,42

Результаты, представленные в таблице 3.13 показывают, что растительное сырье оказывает влияние на технологические показатели. Так, наблюдалось снижение размеров затрат на брожение тестовых полуфабрикатов при внесении в муку пророщенной спельты, муки пшеничной обойной, порошков семян тыквы и крыжовника; упека при использовании муки пшеничной обойной, порошков семян тыквы, вешенки и крыжовника. Показатель усушки снижался при использовании пророщенной спельты и порошка крыжовника при концентрациях 0,7 % и 1,0 % взамен муки. Выход хлеба возрастал при внесении в муку пророщенной спельты и порошка крыжовника во всех исследуемых концентрациях, а также муки пшеничной обойной и порошка семян тыквы при концентрациях соответственно 10 % и 5 % взамен муки.

3.5 Исследование влияния растительного сырья на показатели качества хлебобулочных изделий

Характер воздействия растительного сырья на свойства готовых изделий устанавливали на основании органолептических (рисунки 3.12-3.16) и физико-химических показателей качества (таблица 3.14) хлеба из пшеничной муки высшего сорта.

Анализируя рисунки 3.12-3.16 можно сделать вывод, что исследуемое растительное сырье неоднозначно влияет на органолептические показатели хлебобулочных изделий.

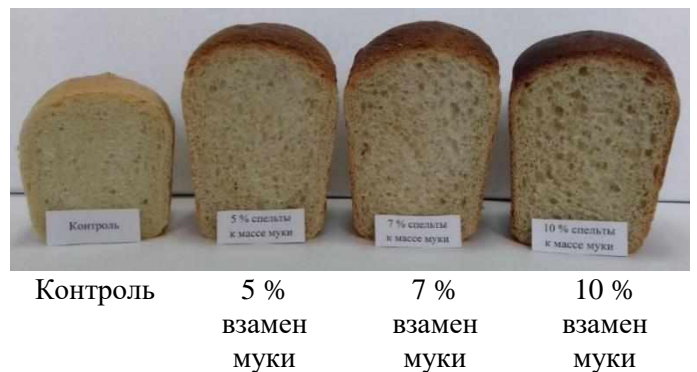


Рисунок 3.12 – Влияние пророщенной спельты на органолептические показатели качества готовых изделий

Данные рисунка 3.12 показывают, что при использовании пророщенной спельты происходит значительное увеличение объема хлеба и интенсивности окраски корки по сравнению с контролем. Увеличение объема хлеба связано с возрастанием газообразования в тестовых заготовках при расстойке и в первый период выпечки.

Под действием амилолитических ферментов, содержащихся в пророщенной спельте, крахмал гидролизуется с образованием мальтозы и других простых сахаров, которые сбраживаются дрожжами с выделением диоксида углерода [10, 30, 301, 318, 327, 336]. С этим также связано то, что образцы хлеба, приготовленные с использованием пророщенной спельты, имели более крупные и тонкостенные поры по сравнению с контролем.

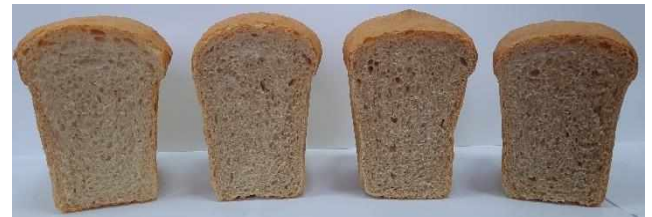
При внесении пророщенной спельты в концентрации 10 % взамен муки ухудшается разжевываемость и повышается липкость мякиша, что связано с действием амилолитических ферментов пророщенной спельты. Данный образец хлеба имел пониженный объем по сравнению с образцом хлеба с дозировкой пророщенной спельты 7 % взамен муки. Это может быть связано с более сильным по сравнению с дозировкой 7 % расслабляющим действием протеолитических ферментов растительного сырья на клейковинные белки теста, а также с действием амилолитических ферментов на крахмал муки. Вместо крахмала образуются декстрины, которые не способны набухать, что приводит к частичному разрушению структуры белково-амилазного комплекса и понижению объема хлеба.



Контроль 5 % 10 % 15 %
взамен взамен взамен
муки муки муки

Рисунок 3.13 – Влияние порошка семян тыквы на органолептические показатели качества готовых изделий

Из рисунка 3.13 следует, что внесение порошка семян тыквы в рецептуру в исследуемых концентрациях приводило к понижению объема хлебобулочных изделий и ухудшению их органолептических показателей качества: снижаются эластичность и разжевываемость мякиша, появляются разрывы на корке, изделия имеют неравномерную пористость и более темный мякиш.



Контроль 10 % 15 % 20 %
взамен взамен взамен
муки муки муки

Рисунок 3.14 – Влияние муки пшеничной обойной на органолептические показатели качества готовых изделий

Данные рисунка 3.14 показывают, что пшеничная обойная мука в исследуемых концентрациях не оказывала сильного влияния на органолептические показатели хлебобулочных изделий. Однако, можно отметить, что опытные образцы по сравнению с контролем характеризовались более темным мякишем, интенсивным вкусом и ароматом, повышенной эластичностью и развитой пористостью мякиша.



Контроль 1 % 3 % 5 %
взамен взамен взамен
муки муки муки

Рисунок 3.15 – Влияние порошка вешенки на органолептические показатели качества готовых изделий

Как следует из рисунка 3.15, внесение порошка вешенки в рецептуру хлеба из пшеничной муки высшего сорта в концентрациях 3 % и 5 % взамен муки приводило к заметному ухудшению органолептических показателей качества по сравнению с контролем: низкий объем изделий, вогнутая корка, пустоты в мякише. Вероятно, это связано с действием протеолитических ферментов порошка вешенки, которые приводят к расслаблению клейковины. Образец хлеба с внесением в рецептуру порошка вешенки в концентрации 1 % взамен муки заметно не отличался по органолептическим показателям от контрольного образца, при этом характеризовался более интенсивными ароматом и окраской корок.



Рисунок 3.16 – Влияние порошка крыжовника на органолептические показатели качества готовых изделий

Как следует из результатов рисунка 3.16, внесение порошка крыжовника в исследуемых концентрациях в рецептуру хлеба из пшеничной муки высшего сорта приводило к понижению объема готовых изделий. Окраска корок, разжевываемость, аромат и эластичность мякиша опытных образцов изделий не отличались от контроля. Образцы хлеба с внесением порошка крыжовника в концентрациях 0,7 % и 1,0 % взамен муки характеризовались менее равномерной пористостью по сравнению с контролем, а образец с концентрацией 0,4 % взамен муки не отличался от контроля по равномерности пористости.

Исследуемое растительное сырье во всех исследуемых концентрациях способствовало потемнению мякиша хлеба, за исключением порошка крыжовника, внесение которого в муку вызывало заметное потемнение мякиша лишь при

концентрации 1,0 % взамен муки (рисунки 3.12-3.16). Потемнение мякиша обусловлено цветом вносимых добавок, а также в случае пророщенной спельты и муки пшеничной обойной – действием фермента полифенолоксидазы, катализирующей окисление тирозина с образованием темноокрашенных меланинов [40, 282, 376].

Итоговые баллы органолептического анализа с учетом коэффициента весомости, а также физико-химические показатели готовых изделий представлены в таблице 3.14, анализ данных которой показывает, что внесение в рецептуру хлеба из пшеничной муки высшего сорта порошка крыжовника и муки пшеничной обойной во всех исследуемых концентрациях приводит к улучшению органолептических показателей качества готовых изделий. Кроме того, положительное влияние на итоговый балл органолептического анализа установлено для пророщенной спельты в концентрациях 5 % и 7 % взамен муки, а также порошка вешенки в концентрации 1 % взамен муки.

Данные таблицы 3.14 показывает, что при внесении в рецептуру хлеба пророщенной спельты, муки пшеничной обойной, порошка крыжовника в исследуемых концентрациях, а также порошка вешенки в концентрации 1 % взамен муки происходило незначительное снижение влажности готовых изделий, не выходящее за пределы погрешности измерения. Следует отметить, что при внесении порошка семян тыквы в исследуемых концентрациях, а также порошка вешенки в концентрациях 3 % и 5 % взамен муки наблюдалось повышение влажности готовых изделий. Полученные данные объясняются высоким содержанием в указанном растительном сырье сырой клетчатки и белков, обладающих высокой водопоглощительной способностью (таблица 3.1).

Один из основных показателей качества хлеба, характеризующий не только его объем, но и его усвояемость, – это пористость [10, 83]. Внесение пророщенной спельты приводило к увеличению показателя пористости и удельного объема, что обусловлено действием амилолитических ферментов. Мука пшеничная обойная приводила к незначительному снижению данных показателей, в то время как порошки семян тыквы, вешенки и крыжовника способствовали заметному снижению пористости и удельного объема по сравнению с контрольными образцами.

Таблица 3.14 – Влияние растительного сырья на итоговый бал органолептического анализа и физико-химические показатели готовых изделий

Растительное сырье		Итоговый балл органолептического анализа		Влажность		Пористость		Удельный объем		Кислотность	
наименование	концентрация, % взамен муки	значение	Δ, %	%	Δ	%	Δ	см ³ /г	Δ, %	град.	Δ, %
ПС	0	9,20	0	40,4±0,5	0	78,4±1,0	0	2,81±0,23	0	2,2±0,1	0
	5	9,55	+3,80	41,2±0,5	0,8	83,0±1,0	4,6	3,57±0,21	+27	2,3±0,1	+4,55
	7	9,65	+4,89	40,2±0,5	-0,2	82,5±1,0	4,1	3,47±0,20	+23,5	2,4±0,1	+9,09
	10	7,50	-18,48	39,3±0,5	-1,1	81,5±1,0	3,1	3,28±0,23	+16,7	2,4±0,1	+9,09
МПО	0	9,20	0	44,1±0,3	0	80,1±1,0	0	3,05±0,24	0	1,6±0,1	0
	10	9,85	+7,07	44,0±0,2	-0,1	80,4±1,0	0,3	3,10±0,25	+1,6	1,8±0,1	+12,50
	15	9,85	+7,07	43,8±0,1	-0,3	79,8±1,0	-0,3	3,00±0,21	-1,6	1,9±0,5	+18,75
	20	9,80	+6,52	43,6±0,4	-0,5	79,6±1,0	-0,5	2,98±0,24	-2,3	2,1±0,5	+31,25
ПСТ	0	9,10	0	43,3±0,2	0	78,2±1,0	0	2,78±0,23	0	1,8±0,1	0
	5	8,40	-7,69	44,7±0,1	1,4	70,4±1,0	-7,8	2,05±0,22	-26,3	2,4±0,1	+33,33
	10	7,80	-14,29	45,2±0,1	1,9	67,8±1,0	-10,4	1,89±0,23	-32,0	3,3±0,1	+83,33
	15	6,50	-28,57	45,4±0,1	2,1	64,4±1,0	-13,8	1,71±0,24	-38,5	3,9±0,1	+116,67
ПВ	0	9,35	0	43,2±0,3	0	82,6±1,0	0	3,49±0,21	0	1,6±0,1	0
	1	9,38	+0,32	42,5±0,4	-0,7	79,7±1,0	-2,9	2,99±0,25	-14,3	2,8±0,1	+75,00
	3	7,70	-17,65	43,6±0,1	0,4	75,9±1,0	-6,7	2,52±0,22	-27,8	3,0±0,1	+87,50
	5	8,10	-13,37	44,0±0,1	0,8	76,7±1,0	-5,9	2,61±0,24	-25,2	3,3±0,1	+106,25
ПК	0	9,53	0	44,2±0,5	0	80,3±1,0	0	3,08±0,21	0	1,6±0,1	0
	0,4	9,80	+2,83	44,1±0,1	-0,1	77,4±1,0	-2,9	2,69±0,25	-12,7	2,2±0,1	+37,50
	0,7	9,80	+2,83	44,1±0,1	-0,1	66,2±1,0	-14,1	1,80±0,22	-41,6	2,4±0,1	+50
	1,0	9,65	+1,26	43,8±0,1	-0,4	64,8±1,0	-15,5	1,72±0,21	-44,2	2,7±0,1	+68,75

Влияние растительного сырья на показатели пористости и удельного объема обусловлено его действием на белково-протеиназный комплекс муки, что подтверждается данными, приведенными ранее в таблице 3.5.

Порошок семян тыквы не содержит белки, способные образовывать клейковину [25, 385]. Напротив, порошок вешенки содержит протеазы, цистеин и глутатион, которые вызывают расслабление клейковины [277, 401, 412]. Мука пшеничная обойная по результатам экспериментов также способствовала расслаблению клейковины пшеничной муки высшего сорта. Порошок крыжовника вызывал уплотнение структуры клейковины за счет высокого содержания органических кислот. Возможно поэтому снижается газодерживающая способность белково-крахмальный матрикса теста и мякиш готового хлеба получается менее разрыхленным. При внесении обойной пшеничной муки в исследуемых концентрациях приводило к незначительному повышению показателя пористости при концентрации 10 % взамен муки (на 0,3 % по сравнению с контролем), однако снижению при концентрациях – 15 % и 20 % взамен муки. В исследовании Бишаровой Л.В внесение цельнозерновой муки, схожей по характеристикам с обойной, также возрастала пористость [17].

Кислотность хлеба из пшеничной муки высшего сорта с растительным сырьем увеличилась по сравнению с контролем. Полученные результаты можно объяснить большим содержанием кислот в растительном сырье.

Кроме того, повышение титруемой кислотности при внесении в рецептуру хлеба пророщенной спельты в основном обусловлено наличием в ней активных амилолитических и протеолитических ферментов. Известно, амилазы увеличивают сахарообразующую способность пшеничной муки. В результате гидролиза крахмала при совместном действии α -, β -амилаз, предельной декстриназы и α -глюкозидазы образуются мальтоза и небольшое количество глюкозы. Эти сахара сбраживаются дрожжами с образованием органических кислот и углекислого газа [10, 318, 327, 333]. Важно также, что в состав порошка вешенки входят протеазы, под действием которых клейковинные белки муки гидролизуются на свободные аминокислоты, повышающие кислотность опытных образцов хлеба [97, 296, 300, 313, 335].

Таким образом, результаты исследований показывают, что при индивидуальном применении растительного сырья не во всех случаях возможно получить готовые изделия, отвечающие требованиям, предъявляемых потребителями к качественным хлебобулочным изделиям. Принимая во внимание высокую пищевую ценность растительного сырья (высокое содержание белков, жиров, клетчатки, макро- и микроэлементов), целесообразно составить композицию исследуемого растительного сырья в виде пищевой комплексной добавки с учетом их совместного влияния на органолептические и физико-химические показатели качества хлебобулочных изделий.

Результаты, представленные в данном разделе, опубликованы в журналах, включенных в перечень ВАК, и журнале, входящем в базы данных Scopus [39, 211, 403].

3.6 Математическая оптимизация соотношения растительного сырья в составе пищевой комплексной добавки по показателям качества

Соотношение растительного сырья в составе ПКД с учетом совместного влияния компонентов на показатели качества готовых изделий определяли расчетным способом с использованием алгоритмов метода обобщенного приведенного градиента для решения нелинейных задач. Для этого экспериментальные данные были обработаны с помощью инструмента «Поиск решения» программного обеспечения MS Excel 2016. Этот инструмент позволяет на основе критерия оптимизации выбрать оптимальный состав моделируемого продукта с учетом заданных ограничений. Такими ограничениями выступили показатели кислотности и пористости мякиша, а также максимально и минимально допустимые концентрации компонентов пищевой комплексной добавки по отношению взамен муки.

Зависимости прироста показателей пористости (P_i) и кислотности (K_i) хлеба из пшеничной муки высшего сорта от концентраций компонентов ПКД (X_i) при индивидуальном дозировании можно представить в виде следующих уравнений (15-24):

$$\text{Пророщенная спельта:} \quad \Delta P_{ПС} = 1,17 \cdot X_{ПС}; \quad (15) \quad \Delta K_{ПС} = 0,91 \cdot X_{ПС}; \quad (16)$$

$$\text{Порошок из семян тыквы:} \quad \Delta P_{ПСТ} = -1,99 \cdot X_{ПСТ}; \quad (17) \quad \Delta K_{ПСТ} = 6,67 \cdot X_{ПСТ}; \quad (18)$$

Порошок вешенки: $\Delta P_{ПВ} = -3,51 \cdot X_{ПВ};$ (19) $\Delta K_{ПВ} = 75 \cdot X_{ПВ};$ (20)

Порошок из крыжовника: $\Delta P_{ПК} = -9,03 \cdot X_{ПК};$ (21) $\Delta K_{ПК} = 93,75 \cdot X_{ПК};$ (22)

Мука пшеничная обойная: $\Delta P_{МПО} = 0,04 \cdot X_{МПО};$ (23) $\Delta K_{МПО} = 1,25 \cdot X_{МПО};$ (24)

При совместном дозировании компонентов ПКД для замеса теста прирост показателей пористости и кислотность хлеба соответствует уравнениям (25-26):

$$\Delta P_{ПКД} = 1,17 \cdot X_{ПС} - 1,99 \cdot X_{ПСТ} - 3,51 \cdot X_{ПВ} - 9,03 \cdot X_{ПК} + 0,04 \cdot X_{МПО}, \quad (25)$$

$$\Delta K_{ПКД} = 0,91 \cdot X_{ПС} + 6,67 \cdot X_{ПСТ} + 75 \cdot X_{ПВ} + 93,75 \cdot X_{ПК} + 1,25 \cdot X_{МПО}. \quad (26)$$

Показатель пористости хлеба должен стремиться к максимально возможному значению. При этом согласно ГОСТ 26987-86 показатель кислотности должен составлять не более 3,0 град. Поэтому необходимо вести следующие условия (27-28):

$$P_{\text{контроль}} + (\Delta P_{ПКД} / 100) \cdot P_{\text{контроль}} \rightarrow \max, \quad (27)$$

$$K_{\text{контроль}} + (\Delta K_{ПКД} / 100) \cdot K_{\text{контроль}} \leq 3,0, \quad (28)$$

где $P_{\text{контроль}}$ и $K_{\text{контроль}}$ – пористость и кислотность мякиша контрольного образца готового изделия.

Приняв за $P_{\text{контроль}}$ и $K_{\text{контроль}}$ средние арифметические значения пористости и кислотности контрольных образцов готовых изделий, которые представлены в таблице 3.14, и упростив неравенства, получим выражения (29-30):

$$P_{ПКД} = 79,92 + 0,94 \cdot X_{ПС} - 1,59 \cdot X_{ПСТ} - 2,81 \cdot X_{ПВ} - 7,22 \cdot X_{ПК} + 0,03 \cdot X_{МПО} \rightarrow \max, \quad (29)$$

$$K_{ПКД} = 1,60 \cdot X_{ПС} + 11,74 \cdot X_{ПСТ} + 132 \cdot X_{ПВ} + 165 \cdot X_{ПК} + 2,2 \cdot X_{МПО} \leq 124. \quad (30)$$

На основании введенных ограничений и допустимых концентраций компонентов пищевой комплексной добавки взамен муки для замеса теста построим математическую модель задачи (31):

$$\begin{cases} 79,92 + 0,94 \cdot X_{ПС} - 1,59 \cdot X_{ПСТ} - 2,81 \cdot X_{ПВ} - 7,22 \cdot X_{ПК} + 0,03 \cdot X_{МПО} \rightarrow \max \\ 1,60 \cdot X_{ПС} + 11,74 \cdot X_{ПСТ} + 132 \cdot X_{ПВ} + 165 \cdot X_{ПК} + 2,2 \cdot X_{МПО} \leq 124 \\ 5,0 \geq X_{ПС} \geq 2,0 \\ 5,0 \geq X_{ПСТ} \geq 3,0 \\ 1,0 \geq X_{ПВ} \geq 0,2 \\ 0,4 \geq X_{ПК} \geq 0,2 \\ 7 \geq X_{МПО} \geq 10 \end{cases} \quad (31)$$

Решение системы неравенств (31) находили с помощью инструмента «Поиск решения» программного обеспечения MS Excel 2016. В процедуре поиска решения

использовали алгоритмы метода обобщенного приведенного градиента для решения нелинейных задач. В результате получили следующие максимально возможные концентрации компонентов пищевой комплексной добавки, масс. % взамен муки для замеса теста: пророщенная спельта – 5, порошок из семян тыквы – 3, порошок вешенки – 0,2, порошок из крыжовника – 0,2, мука пшеничная обойная – 10.

Далее полученные данные были использованы при проведении дробного факторного эксперимента типа $N=2^{k-2}$ [209]. В таблице 3.15 приведены уровни варьирования факторов.

Таблица 3.15 – Уровни варьирования факторов

Условия планирования	Натуральное значение факторов, г/100 г муки				
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
Основной (0)	4,5	2,75	0,15	0,15	9
Нижний (-1)	4	2,5	0,1	0,1	8
Верхний (+1)	5	3	0,2	0,2	10
Интервал варьирования (Δx_i)	0,5	0,25	0,05	0,05	1

Уровни варьирования факторов (таблица 3.15) основаны на результатах предварительных экспериментов. В качестве верхнего уровня выбрано значение, полученное с использованием алгоритмов метода обобщенного приведенного градиента для решения нелинейных задач. Значение нижнего уровня выбрано с учетом пищевой ценности компонентов. В качестве основных факторов были выбраны дозировки компонентов пищевой комплексной добавки в % взамен муки для замеса теста: пророщенная спельта – x_1 ; порошок из семян тыквы – x_2 ; порошок вешенки – x_3 ; порошок крыжовника – x_4 ; мука пшеничная обойная – x_5 . Данные факторы совместимы и некоррелированы между собой.

В таблице 3.16 представлена матрица планирования эксперимента. Данные таблицы 3.16 демонстрируют, что в качестве кодированных значений факторов использовались значения концентраций пророщенной спельты – z_1 ; порошок из семян тыквы – z_2 ; порошок вешенки – z_3 ; порошок крыжовника – z_4 ; мука пшеничная обойная – z_5 взамен муки для замеса теста.

Таблица 3.16 – Матрица планирования эксперимента

№ опыта	Кодированные значения факторов					№ опыта	Кодированные значения факторов				
	z ₁	z ₂	z ₃	z ₄	z ₅		z ₁	z ₂	z ₃	z ₄	z ₅
1	-1	+1	+1	-1	-1	5	-1	+1	-1	-1	-1
2	+1	+1	+1	+1	+1	6	+1	+1	-1	+1	+1
3	-1	-1	+1	-1	+1	7	-1	-1	-1	-1	+1
4	+1	-1	+1	+1	-1	8	+1	-1	-1	+1	-1

На рисунке 3.17 приведены внешний вид и характер пористости готовых хлебобулочных изделий.

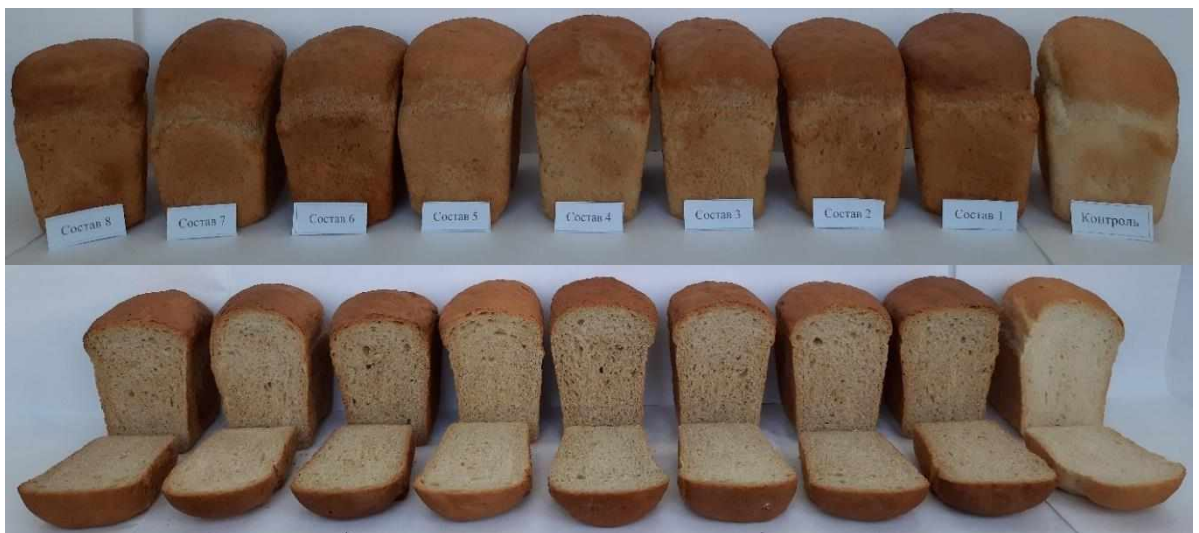


Рисунок 3.17 – Внешний вид и характер пористости готовых изделий

Данные рисунка 3.17 показывают, что в зависимости от дозировок компонентов пищевой комплексной добавки изменяются органолептические показатели качества готовых хлебобулочных изделий. Так, объем опытных хлебобулочных изделий не отличался от контроля. Наиболее темным цветом корки и мякиша характеризовался образец № 8, а наиболее светлым – образец № 5, равномерная пористость мякиша соответствовала образцу № 3, а наименее равномерная – образцу № 6.

В качестве параметров оптимизации состава пищевой комплексной добавки выбраны приросты показателей пористости (Δy_1 , %), удельного объема (Δy_2 , см³/г), выхода (Δy_3 , %) и органолептической оценки качества (Δy_4 , балл) хлеба по сравнению с контролем. В таблице 3.17 приведены значения параметров оптимизации.

Таблица 3.17 – Значения параметров оптимизации

№ опыта	Значения параметров оптимизации							
	у ₁ , %	Δу ₁ , %	у ₂ , см ³ /г	Δу ₂ , %	у ₃ , %	Δу ₃ , %	у ₄ , балл	Δу ₄ , %
Контроль	82,07	0	3,38	0	142,59	0	6,6	0
1	83,76	2,06	3,85	13,91	142,33	-0,18	4,54	-31,21
2	83,44	1,67	3,63	7,40	145,83	2,27	4,54	-31,21
3	84,24	2,64	3,80	12,43	145,05	1,73	9,71	47,12
4	85,37	4,02	3,91	15,68	144,45	1,30	4,41	-33,18
5	84,82	3,35	3,94	16,57	145,43	1,99	6,58	-0,30
6	83,33	1,54	3,86	14,20	141,95	-0,45	6,45	-2,30
7	84,66	3,16	3,89	15,09	143,45	0,60	6,44	-2,48
8	83,07	1,22	3,67	8,58	142,04	-0,39	5,60	-15,15

Из таблицы 3.17 следует, что опытные образцы хлебобулочных изделий характеризовались повышенными показателями качества: пористость, удельный объем, выход и органолептическая оценка. Наилучший показатель пористости соответствовал образцу № 4, удельного объема – образцу № 5, выхода хлеба – образцу № 2, органолептической оценки качества – образцу № 3.

Обработку экспериментальных данных проводили с помощью программы MS Excel. В результате получены математические модели прироста показателей качества хлеба из пшеничной муки высшего сорта от дозировок компонентов пищевой комплексной добавки (32-35):

$$\Delta y_1 = 11,365 - 0,692 \cdot z_1 - 1,212 \cdot z_2 + 2,833 \cdot z_3 - 6,915 \cdot z_4 - 0,206 \cdot z_5 \quad (32)$$

$$\Delta y_2 = 12,980 - 1,516 \cdot z_1 + 0,037 \cdot z_2 - 0,629 \cdot z_3 - 1,516 \cdot z_4 - 0,703 \cdot z_5 \quad (33)$$

$$\Delta y_3 = 0,860 - 0,175 \cdot z_1 + 0,048 \cdot z_2 + 0,420 \cdot z_3 - 0,175 \cdot z_4 + 0,178 \cdot z_5 \quad (34)$$

$$\Delta y_4 = -8,591 - 11,871 \cdot z_1 - 7,667 \cdot z_2 - 3,530 \cdot z_3 - 11,871 \cdot z_4 + 11,371 \cdot z_5 \quad (35)$$

Анализ уравнений 32-35 позволил получить значение оптимальных концентраций растительного сырья в % взамен муки для замеса теста: пророщенная спельта – 4; порошок из семян тыквы – 2,75; порошок вешенки – 0,15; порошок крыжовника – 0,1; мука пшеничная обойная – 9 при дозировке пищевой комплексной добавки 16 % взамен муки. Следовательно, оптимальные концентрации растительного сырья в % к общей массе пищевой комплексной добавки: пророщенная спельта – 25; порошок из семян тыквы – 17,2; порошок вешенки – 0,9; порошок крыжовника – 0,6; мука пшеничная обойная – 56,3.

На рисунке 3.18 показано влияние оптимизированной по соотношению компонентов ПКД на внешний вид и характер пористости готовых изделий.



Рисунок 3.18 – Влияние ПКД на внешний вид и пористость готовых изделий

В таблице 3.18 приведены показатели качества и результаты органолептической оценки качества контрольных и опытных образцов готовых изделий.

Таблица 3.18 – Показатели качества контрольных и опытных образцов готовых изделий

Наименование показателя	Контрольный образец	Опытный образец	Δ , %
Пористость, %	81,49±0,33	84,99±0,54	+ 3,5
Удельный объем, см ³ /г	3,12±0,14	3,83±0,13	+ 22,8
Выход хлеба, %	142,85	143,52	+ 0,67

Данные таблицы 3.18 показывают, что применение пищевой комплексной добавки при производстве хлеба из пшеничной муки высшего сорта способствует улучшению физико-химических показателей качества готовых изделий. Проведена органолептическая оценка изделий, по результатам которой контрольный образец получил 8,8 балла, опытный – 9,7 балла, что на 10,2 % выше по сравнению с контролем.

Таким образом, расчетным способом с использованием алгоритмов метода обобщенного приведенного градиента определено соотношение компонентов в составе пищевой комплексной добавки. Проведена оптимизация состава пищевой комплексной добавки с использованием дробного факторного эксперимента.

Найдены регрессионные уравнения зависимости показателей качества готовых изделий от дозировок компонентов пищевой комплексной добавки. Установлено, что оптимальные концентрации растительного сырья в % к общей массе пищевой комплексной добавки: пророщенная спельта – 25; порошок из семян тыквы – 17,2; порошок вешенки – 0,9; порошок крыжовника – 0,6; мука пшеничная обойная – 56,3, при дозировании пищевой комплексной добавки в количестве 16 % взамен муки. Определено, что применение ПКД способствует улучшению органолептических и физико-химических показателей качества готовых изделий. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования пищевой комплексной добавки с целью повышения физиологической ценности хлебобулочных изделий.

На основе результатов исследования разработаны технические условия на оптимизированную по составу пищевую комплексную добавку: ТУ 10.89.19-001-2000843913-2021 «Добавка пищевая комплексная «Вкус осени» (Приложение 6).

Результаты, представленные в данном разделе, опубликованы в журнале, включенном в перечень ВАК [176].

3.7 Исследование свойств пищевой комплексной добавки

На следующей стадии исследования изучали свойства оптимизированной по соотношению компонентов ПКД. Определяли физико-химические показатели качества, гранулометрический и химический составы, а также антиоксидантную активность ПКД.

В таблице 3.19 представлены физико-химические показатели ПКД, которые показывают, что добавка характеризуется высокой амилолитической активностью и низким содержанием сырой клейковины неудовлетворительно слабой по качеству. В связи с этим можно предположить, что ПКД может использоваться в качестве улучшителя для муки с излишне крепкой клейковиной с пониженной ферментативной активностью, например, смолотой из перегретого в процессе сушки зерна, в результате чего происходила тепловая денатурация белка, протеиназ и амилаз муки [10].

Таблица 3.19 – Физико-химические показатели ПКД

Наименование показателя	Значение показателя
Влажность, %	8,2±0,1
Кислотность, град.	5,8±0,4
Содержание сырой клейковины, %	20,3±0,1
Качество сырой клейковины, ед. приб. ИДК-3М	124±1
Группа качества сырой клейковины	III
Характеристика сырой клейковина	Неудовлетворительно слабая
Число падения, с	61±1
Истинная плотность, г/см ³	1,3980±0,0007

Известно, что на ход технологического процесса производства хлебобулочных изделий и их показатели качества оказывает значительное влияние крупность частиц муки [114]. В связи с этим проводили расчет гранулометрического состава пищевой комплексной добавки. Результаты представлены на рисунке 3.19.

Исследование гранулометрического состава ПКД и хлебопекарной муки (рисунок 3.18) показало, что максимальное количество частиц ПКД соответствует диапазону размера фракции 1-40 мкм. Для сравнения: максимальное содержание частиц ржаной обдирной муки также обнаружено для фракции размером 1-40 мкм, а пшеничной муки высшего и первого сортов – 60-80 мкм.

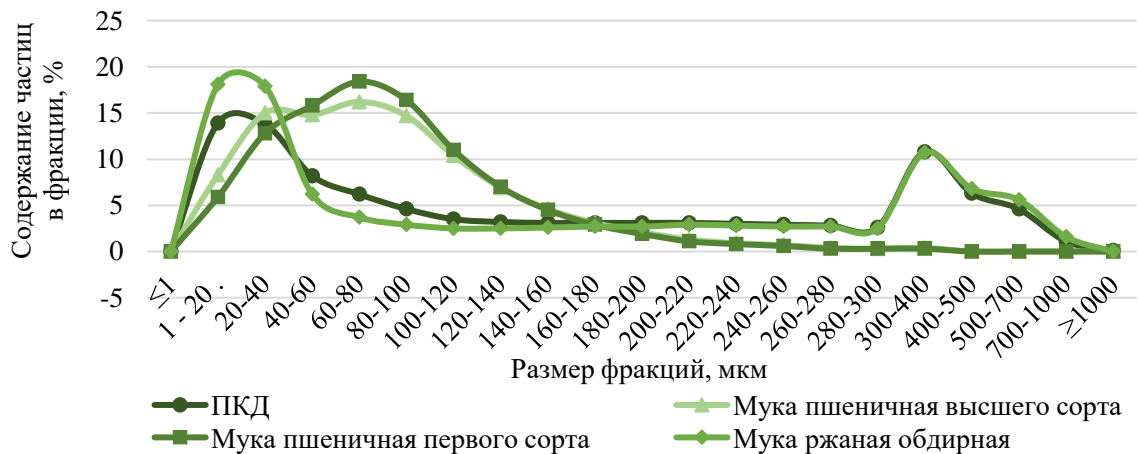


Рисунок 3.19 – Гранулометрический состав ПКД

Таким образом, так как различия в максимумах количества частиц фракций ПКД и образцов хлебопекарной муки незначительны, применение оптимизированной по соотношению растительного сырья ПКД позволяет повысить стойкость мучных смесей к расслоению [114].

Используя данные приведенные ранее в таблице 3.1 и результаты оптимизации соотношения растительного сырья в ПКД провели расчет химического состава полученной пищевой комплексной добавки. Результаты показаны в таблице 3.20.

Таблица 3.20 – Химический состав пищевой комплексной добавки

Наименование показателя	Значение	$\Delta_1/\Delta_2/\Delta_3^*$
Содержание определяемого компонента в 100 г продукта, %, не более		
Вода	8,18	0,7/0,8/0,8
Белки	13,11	1,3/1,5/1,8
Жиры	9,86	9,3/7,6/7,3
Усвояемые углеводы**	64,18	0,8/0,8/0,8
Сырая клетчатка	2,79	1,6/1,6/1,5
Зольность	1,87	5,3/4,1/1,5
Энергетическая ценность**, ккал/100 г	397,92	1,1/1,1/1,1
Содержание макроэлементов, мг/кг, не более		
Калий	3476,97	3,1/2,3/1
Магний	1566,39	6,6/4,6/1,8
Кальций	1168,87	5,6/3/2,7
Натрий	612,71	17,7/13,1/3,6
Содержание микроэлементов, мг/кг, не более		
Кремний	49,78	3/2,4/1,9
Железо	40,23	4,8/3/1,9
Марганец	23,05	5,4/4,2/1,3
Цинк	18,02	3,5/2,4/1,3
Селен	0,48	48/48/48
Хром	0,3	10/6/30
Кобальт	0,02	2/2/2

* Δ_1 , Δ_2 , Δ_3 – отношение содержания компонента в пищевой комплексной добавке по отношению к пшеничной муке высшего (1), первого (2) сортов и ржаной обдирной муке (3), соответственно;

** получено расчетным методом

Данные таблицы 3.20 демонстрируют, что оптимизированная по соотношению растительного сырья ПКД отличается повышенной пищевой ценностью по сравнению с образцами хлебопекарной муки. Следует отметить, что ПКД содержит меньше усвояемых углеводов, чем пшеничная и ржаная мука.

В таблице 3.21 показано влияние ПКД на степень удовлетворения суточной потребности в макро- микроэлементах при потреблении 150 г хлебобулочных изделий с ПКД.

Таблица 3.21 – Влияние ПКД на степень удовлетворения суточной потребности в макро- микроэлементах при потреблении 150 г хлебобулочных изделий с ПКД

дозировка ПКД взамен муки	Степень удовлетворения суточной потребности* в макро- микроэлементах										
	K	Mg	Ca	Na	Si	Mn	Zn	Fe	Se	Gr	Co
хлебобулочные изделия из пшеничной муки высшего сорта											
0 %	4,57	5,72	2,41	35,81	5,17	23,25	4,25	4,83 ^М /8,7 ^Ж	1,66 ^М /1,31 ^Ж	5,52	9,15
1 %	4,66	6,02	2,5	35,84	5,25	24	4,38	5 ^М /9 ^Ж	2,45 ^М /1,93 ^Ж	6,0	9,3
4 %	4,91	6,93	2,76	35,93	5,55	27	4,63	5,5 ^М /9,9 ^Ж	4,8 ^М /3,77 ^Ж	7,47	9,6
7 %	5,16	7,83	3,02	36,01	5,85	29,25	4,88	5,92 ^М /10,65 ^Ж	7,15 ^М /5,61 ^Ж	8,97	9,75
10 %	5,42	8,74	3,28	36,1	6,15	32,25	5,25	6,42 ^М /11,55 ^Ж	9,49 ^М /7,46 ^Ж	10,44	10,05
13 %	5,67	9,64	3,54	36,18	6,45	34,5	5,5	6,92 ^М /12,45 ^Ж	11,81 ^М /9,28 ^Ж	11,91	10,35
16 %	5,92	10,54	3,8	36,27	6,75	37,5	5,75	7,42 ^М /13,35 ^Ж	14,15 ^М /11,12 ^Ж	13,38	10,65
19 %	6,17	11,44	4,06	36,35	7,05	39,75	6,0	7,83 ^М /14,1 ^Ж	16,47 ^М /12,94 ^Ж	14,82	10,8
22 %	6,42	12,34	4,32	36,44	7,3	42,0	6,38	8,33 ^М /15 ^Ж	18,79 ^М /14,76 ^Ж	16,29	11,1
25 %	6,67	13,23	4,58	36,52	7,6	45,0	6,63	8,83 ^М /15,9 ^Ж	21,11 ^М /16,59 ^Ж	17,76	11,4
28 %	6,92	14,13	4,83	36,6	7,9	47,25	6,88	9,25 ^М /16,65 ^Ж	23,4 ^М /18,39 ^Ж	19,2	11,7
ржано-пшеничные хлебобулочные изделия											
0 %	9,26	14,05	3,98	36,04	6,77	56,5	7,92	8,83 ^М /15,9 ^Ж	1,53 ^М /1,2 ^Ж	4,41	8,4
1 %	9,28	14,24	4,05	36,07	6,8	56,5	8,0	9,0 ^М /16,2 ^Ж	2,26 ^М /1,78 ^Ж	4,86	8,55
4 %	9,35	14,8	4,23	36,14	7,0	58,0	8,17	9,28 ^М /16,7 ^Ж	4,42 ^М /3,47 ^Ж	6,24	8,85
7 %	9,43	15,37	4,42	36,21	7,27	58,5	8,25	9,61 ^М /17,3 ^Ж	6,57 ^М /5,16 ^Ж	7,62	9,0
10 %	9,5	15,93	4,61	36,28	7,47	60,0	8,42	9,94 ^М /17,9 ^Ж	8,75 ^М /6,88 ^Ж	9,0	9,3
13 %	9,57	16,5	4,8	36,36	7,67	61,5	8,5	10,17 ^М /18,3 ^Ж	10,91 ^М /8,57 ^Ж	10,38	9,6
16 %	9,64	17,06	4,98	36,43	7,87	62,5	8,67	10,5 ^М /18,9 ^Ж	13,06 ^М /10,26 ^Ж	11,76	9,75
19 %	9,71	17,62	5,17	36,5	8,1	64	8,75	10,78 ^М /19,4 ^Ж	15,19 ^М /11,94 ^Ж	13,14	10,05
22 %	9,78	18,18	5,35	36,57	8,3	65,5	8,92	11,11 ^М /20 ^Ж	17,35 ^М /13,63 ^Ж	14,52	10,2
25 %	9,86	18,74	5,54	36,64	8,5	66	9,17	11,44 ^М /20,6 ^Ж	19,5 ^М /15,32 ^Ж	15,9	10,5
28 %	9,93	19,3	5,73	36,71	8,7	67,5	9,25	11,67 ^М /21 ^Ж	21,63 ^М /16,99 ^Ж	17,25	10,8

*Физиологическая потребность для взрослого населения по МР 2.3.1.2432-08 [102]; степень удовлетворения потребности мужчин^М, женщин^Ж.

Данные таблицы 3.21 показывают, что внесение ПКД в рецептуру пшеничных и ржано-пшеничных хлебобулочных изделий позволит повысить степень удовлетворения суточной потребности человека в макро- микроэлементах.

Процессы созревания тестовых полуфабрикатов зависят от количества и типа сахаров, изначально присутствующих в муке. В связи с этим изучали состав сахаров в ПКД методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

В процессе исследования установлено, что спиртовой экстракт ПКД содержал больше всего сахарозы (13,0 мг/г), небольшое количество фруктозы (0,3 мг/г), однако не содержал мальтозы. Наличие в ПКД фруктозы обусловлено входящим в состав ПКД порошком крыжовника. Сахароза – это дисахарид, легко усвояемый дрожжами, присутствие которого в тестовых полуфабрикатах в начале созревания теста способствует активному газообразованию и накоплению кислотности [10, 83, 59, 285, 318, 327]. Наличие в ПКД сахарозы окажет положительное влияние на процесс созревания тестовых полуфабрикатов. Проведенные исследования подтвердили целесообразность использования ПКД в производстве хлебобулочных изделий.

В обзоре литературы были приведены данные о высокой антиоксидантной активности растительного сырья, входящего в состав ПКД. С целью подтверждения литературных данных проводили исследования антиоксидантной активности исследуемой добавки. Антиоксидантную активность ПКД оценивали по величине восстанавливающей активности, гидроксилрадикальной активности, способности связывать свободные радикалы и хелатирующей способности. При проведении исследований готовили несколько разведений экстрактов (1:0, 1:5, 1:10).

На рисунке 3.20 представлено сравнение восстанавливающей активности водных экстрактов образцов хлебопекарной муки и ПКД.

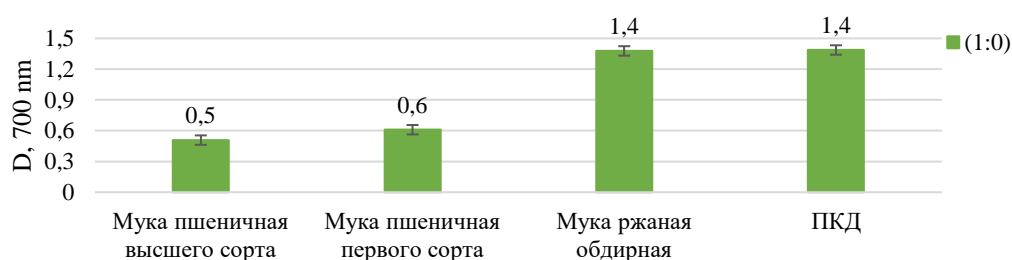


Рисунок 3.20 – Восстанавливающая активность водных экстрактов муки и ПКД

Установили, что восстанавливающая активность ПКД была значительно выше восстанавливающей активности пшеничной муки: на 172,9 % по сравнению с мукой высшего сорта и на 127,6 % – первого сорта. Следует отметить, что

исследуемая активность ПКД значительно не отличалась от активности ржаной обдирной муки, превышая ее лишь на 0,6 %. Полученные результаты объясняются химическим составом исследуемых образцов.

Изучали гидроксилрадикальную активность (рисунок 3.21) и способность связывать свободные радикалы (рисунок 3.22) водных экстрактов муки и ПКД.

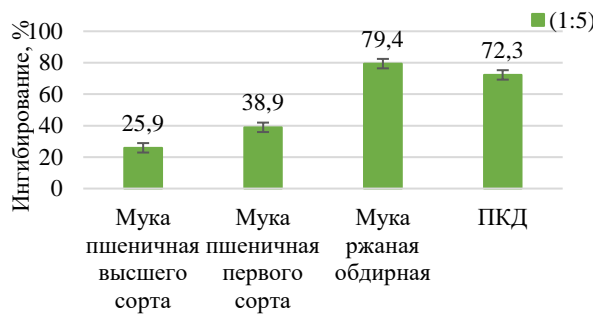


Рисунок 3.21 – Гидроксилрадикальная активность водных экстрактов муки и ПКД

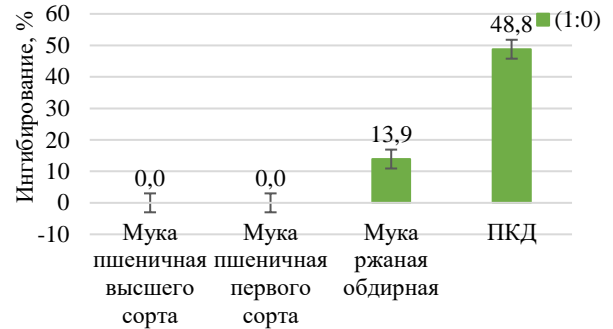


Рисунок 3.22 – Способность водных экстрактов муки и ПКД связывать свободные радикалы

Выявили, что гидроксилрадикальная активность ПКД выше пшеничной муки высшего сорта на 64,2 %, первого сорта – на 46,1 %, однако ниже муки ржаной обдирной на 9,9 % (рисунок 3.21).

В результате экспериментов установили, что водные экстракты муки пшеничной высшего и первого сортов не проявляют способности связывать свободные радикалы, при этом указанная способность для ПКД выше на 71,5 % по сравнению с мукой ржаной обдирной (рисунок 3.22).

Далее были проведены исследования гидроксилрадикальной активности, способности связывать свободные радикалы и хелатирующей способности водного экстракта ПКД в зависимости от разведения. Результаты показаны на рисунке 3.23.

При увеличении разведения происходило снижение гидроксилрадикальной активности и способности связывать свободные радикалы водного экстракта ПКД. Увеличение разведения экстракта до 1:5 приводило к снижению хелатирующей

способности, однако при дальнейшем разведении экстракта 1:10 данная способность возростала.

Изучено влияние водного экстракта ПКД на степень ингибирования ферментов: липазы и галактозидазы. Результаты исследования представлены на рисунке 3.24.

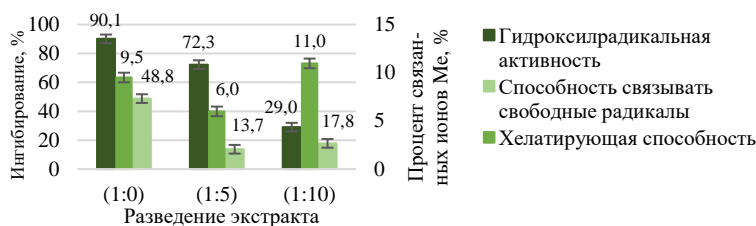


Рисунок 3.23 – Влияние разведения на гидроксилрадикальную активность, способность связывать свободные радикалы и хелатирующую способность водного экстракта ПКД

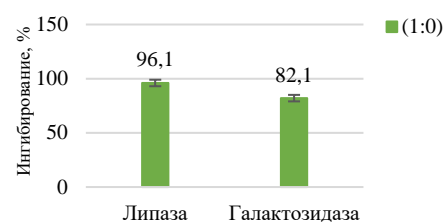


Рисунок 3.24 – Влияние водного экстракта ПКД на степень ингибирования ферментов

Данные рисунка 3.24 показывают, что водный экстракт ПКД характеризуется высокой способностью ингибировать ферменты липазу и галактозидазу. Высокая степень ингибирования липазы (96,1 %) позволяет сделать вывод о высокой стойкости ПКД при хранении за счет замедления процессов прогоркания жиров. Анализ литературы показал, что растительное сырье, входящее в состав ПКД, характеризуется высоким содержанием полифенолов (раздел 1.3.1), для которых установлены положительные эффекты ингибирования окисления липидов в результате полифеноллипидного взаимодействия [232].

Таким образом, разработана пищевая комплексная добавка «Вкус осени» (ТУ 10.89.19-001-2000843913-2021), состоящая из следующего растительного сырья: пророщенной спельты, порошков из семян тыквы, вешенки, крыжовника и муки пшеничной обойной при массовом соотношении 25:17,2:0,9:0,6:56,3. Экспериментально установлена биологическая активность разработанной пищевой комплексной добавки. Дальнейшие исследования направлены на изучение влияния разработанной добавки на показатели качества сырья.

ГЛАВА 4 ВЛИЯНИЕ ПИЩЕВОЙ КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКИ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА СЫРЬЯ

4.1 Исследование влияния пищевой комплексной добавки на состояние белково-протеиназного и углеводно-амилазного комплексов муки пшеничной высшего сорта

Известно, что качество хлебобулочных изделий определяется хлебопекарными свойствами муки, к которым можно отнести свойства ее белковых веществ, углеводов, активность ферментов протеаз и амилаз, а также их активаторов и ингибиторов [10, 21, 24, 48, 83, 174]. В связи с этим изучали влияние ПКД на указанные свойства муки.

Мониторинг физико-химических показателей качества хлебопекарной пшеничной муки высшего сорта, проведенный специалистами ФГАНУ НИИХП показал, что мука, поступающая на хлебопекарные предприятия, часто не соответствует требованиям ГОСТ 26574-2017. Так, низкое значение показаний прибора ИДК имели 5,6 % проб муки, низкое содержание клейковины – 72,2 % проб муки, короткорвущуюся клейковину – 50 % проб муки [111]. В связи с этим, целесообразно было исследовать влияние ПКД на муку низкого качества для улучшения ее показателей качества. Для исследования был выбран образец пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта с низким содержанием клейковины и неудовлетворительно крепкой клейковиной (таблица 4.1).

Состояние белково-протеиназного комплекса пшеничной муки высшего сорта оценивали по следующим показателям: содержание сырой клейковины и ее качество. За контрольные принимали образцы без внесения ПКД, а за опытные – образцы муки при внесении ПКД в концентрациях 10 %, 16 % и 22 % взамен муки. Данные концентрации выбраны исходя из результатов, полученных при математической оптимизации состава ПКД, в результате которой была установлена предполагаемая оптимальная концентрация ПКД – 16 % взамен муки. Концентрации ПКД 10 % и 22 % выбраны из расчета удовлетворения суточной потребности в макро- и микроэлементах

при потреблении 150 г хлеба с ПКД в указанных концентрациях и равноудалении от предполагаемой оптимальной концентрации 16 % взамен муки. Внесение ПКД в рецептуру хлеба взамен пшеничной муки высшего сорта в указанных концентрациях позволит повысить степень суточной удовлетворения в минеральных веществах в диапазоне от 0,3 % (Na) до 18,8 % (Mn) по сравнению с контролем (таблица 3.21).

В таблице 4.1 представлены данные по влиянию ПКД на состояние белково-протеиназного комплекса пшеничной муки высшего сорта.

Таблица 4.1 – Влияние ПКД на состояние белково-протеиназного комплекса пшеничной муки высшего сорта

Показатели	Контроль	Концентрация пищевой комплексной добавки взамен муки, %		
		10	16	22
Содержание сырой клейковины, %	24,9±0,5	26,6±0,5	25,4±0,5	25,0±0,5
Качество сырой клейковины, ед. приб. ИДК-3М	21,0±0,5	35,0±0,5	34,0±0,5	38,0±0,5
Группа качества сырой клейковины	Ш	П	П	П
Характеристика сырой клейковина	Неудовлетворительно крепкая	Удовлетворительно крепкая	Удовлетворительно крепкая	Удовлетворительно крепкая

Данные таблицы 4.1 показывают, что замена части муки пшеничной высшего сорта на ПКД привело к ослаблению связей между белками клейковины. Показания прибора ИДК-3М возрастали при концентрации ПКД 10 %, 16 % и 22 % взамен муки на 66,7 %, 61,9 % и 81 % по сравнению с контролем, соответственно. Следует отметить, что сырая клейковина, отмытая из муки без ПКД, характеризовалась как неудовлетворительно крепкая, в то время как образцы сырой клейковины при внесении ПКД были удовлетворительно крепкими. Вероятно, ослабление клейковины обусловлено действием пшеничной обойной муки, пророщенной спельты, порошками семян тыквы и грибов вешенки, которые входят в состав ПКД. Указанное сырье содержит в составе вещества оказывающие восстанавливающее действие на дисульфидные связи между молекулами клейковины (глутатин, протеиндисульфидредуктаза, протеолитические ферменты и др.), в результате образуются сульфгидрильные группы и происходит ослабление сырой клейковины.

Кроме того, замена части муки пшеничной высшего сорта на ПКД приводило к незначительному увеличению содержания сырой клейковины в среднем на 0,8 % по сравнению с контролем. Возможно это связано с увеличением водопоглотительной способности клейковинных белков под влиянием малых доз протеолитических ферментов пророщенной спельты, порошка вешенки и обойной пшеничной муки. При этом не происходит полное разрушение дисульфидных связей и азотных мостиков между молекулами клейковинных белков, однако происходит небольшое разрыхление структуры клейковины, в результате чего больше воды проникает в структуру клейковины и удерживается внутри за счет ван-дер-ваальсовых взаимодействий. При этом увеличивается масса клейковины и ее выход. Полученные данные согласуются с данными по влиянию небольшой степени повреждения зерна протеолитическими ферментами клопа-черепашки [41].

Таким образом, замена части пшеничной муки высшего сорта, заведомо низкого качества и не соответствующей требованиям ГОСТ 26574-2017, на ПКД приводило к улучшению ее показателей качества.

В углеводно-амилазный комплекс муки включают собственные сахара муки, полисахариды (крахмал, клетчатка, пентозаны) и амилолитические ферменты. Состояние данного комплекса возможно оценить по амилолитической активности муки. На рисунке 4.1 представлено влияние ПКД на амилолитическую активность пшеничной муки высшего сорта.



Рисунок 4.1 – Влияние ПКД на амилолитическую активность пшеничной муки высшего сорта

Анализ данных, представленных на рисунке 4.1, показывает, что внесение в муку ПКД в исследуемых концентрациях способствует увеличению амилолитической активности по сравнению с контролем в среднем на 64,5 %. Кроме того, установлено, что амилолитическая активность ПКД на 82,5 % выше пшеничной муки высшего сорта. Полученные результаты объясняются высоким содержанием в ПКД активных амилолитических ферментов, а также по сравнению с исследуемой мукой более низким содержанием крахмала и других полисахаридов, способных образовать густые гели. Данные рисунка 4.1 подтверждаются данными, полученными для компонентов ПКД при их индивидуальном внесении в муку.

Таким образом, исследования показали, что ПКД оказывает влияние на белково-протеиназный и углеводно-амилазный комплексы пшеничной муки высшего сорта, что необходимо учитывать при разработке технологий применения ПКД в хлебопечении.

4.2 Исследование влияния пищевой комплексной добавки на реологические свойства теста и вязкость водно-мучной суспензии из муки пшеничной высшего сорта и смеси ржаной обдирной муки и пшеничной муки перового сорта

Исследовали влияние ПКД на реологические свойства тестовых полуфабрикатов из пшеничной муки высшего сорта с использованием фаринографа Вrabender. Полученные фаринограммы представлены на рисунке 4.2.

Известно, что на стадию формирования структуры тестовых полуфабрикатов влияют два основных процесса: процесс поглощения воды компонентами муки (гидратация) и процесс структурообразования. Последний процесс заключается в образовании межмолекулярных дисульфидных связей между белками клейковины и постепенном формировании пространственно непрерывной сети клейковины, которая связывает крахмал и другие компоненты муки [356, 307]. Благодаря данным процессам консистенция теста увеличивается. Вместе с тем, чем медленнее происходит гидратация компонентов муки, тем более длительное время занимает

формирование белково-крахмального матрикса. Исследователи J. Lefebvre и N. Mahmoudi установили, что увеличение гидратации теста приводит к уменьшению консистенции теста, в то время как увеличение числа межмолекулярных связей, образующих сеть клейковины, способствует улучшению консистенции теста [349].

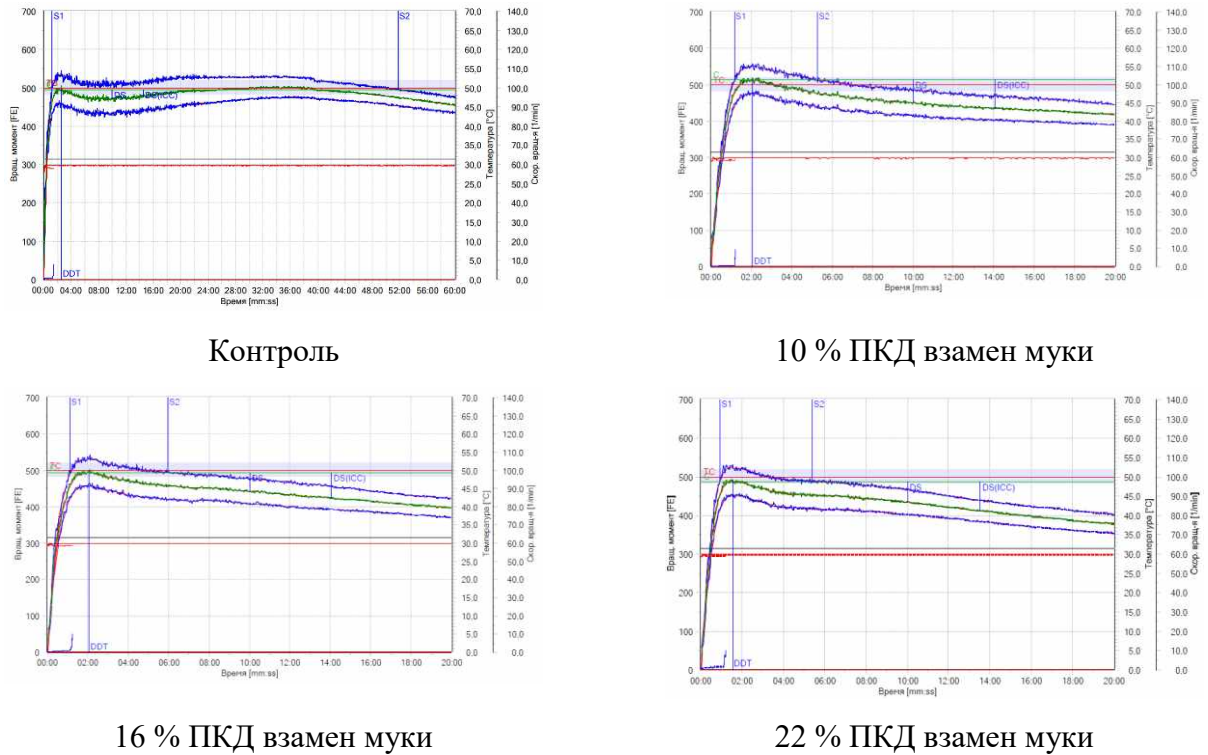


Рисунок 4.2 – Фаринограммы тестовых полуфабрикатов из пшеничной муки высшего сорта

Стадия формирования структуры тестовых полуфабрикатов заканчивается в тот момент, когда продолжающееся перемешивание приводит к заметному ослаблению консистенции теста, т.е. начинается стадия размягчения. Описанные выше изменения консистенции теста визуализируются с помощью фаринограммы с одним пиком и типичны для однородных видов пшеничной муки, не содержащих улучшителей [356]. Однако, анализ рисунка 4.2 позволяет сделать вывод, что фаринограмма пшеничной муки высшего сорта без добавления ПКД, относится к типу фаринограмм с двумя или несколькими пиками (максимумами) консистенции. Данный график отличался ростом консистенции до достижения пика через 2,6 минут после начала перемешивания муки и воды в мешалке фаринографа. Затем

наблюдалось снижение консистенции, после чего на 8-10 минутах происходил повторный рост консистенции, который достиг второго пика на 33,7 минуте замеса. В связи с тем, что во время проведения анализа на кривой наблюдалось образование второго максимума консистенции, время испытания увеличили до 60 минут.

Значение консистенции во время второго пика фаринограммы (502 FE) превышало такое значение во время первого пика (495 FE), вследствие чего можно посчитать временем образования теста именно второй пик, что технически неверно, так как согласно ГОСТ ISO 5530-1-2013 время образования теста – это разность между временем начала добавления воды и временем появления первых признаков снижения консистенции. Поэтому моментом образования теста следует считать первый пик. Образование второго максимума консистенции нехарактерно для обычной муки. Итальянские ученые M. Migliori и S. Corra в своем исследовании показали, что второй пик консистенции на фаринограмме часто наблюдается, когда тестовые полуфабрикаты замешиваются из смеси нескольких видов пшеничной муки, различающихся по своим физическим параметрам, например, способностью связывать воду и размером частиц [354]. Кроме того, установлено, что на процесс поглощения воды мукой и структуру белков клейковины во время замеса теста могут влиять степень разрушения крахмальных зерен муки, содержание высокомолекулярных глютеинов и присутствие добавок с отложенным эффектом на белково-крахмальный матрикс: пищевые волокна, антиоксиданты, глюкозооксидаза [237, 288, 332, 406]. Вероятно, используемая в исследовании промышленная пшеничная мука высшего сорта содержала какие-либо из указанных добавок.

Следовательно, в данном случае при определении водопоглощения и реологических характеристик контрольного тестового полуфабриката корректно принимать во внимание только первый пик, так как второй пик не определялся изначальными свойствами белково-протеинового комплекса муки. В дальнейшем анализ полученных результатов проводился с использованием в качестве контрольных значений показателей фаринограммы, рассчитанных по первому пику.

Рисунок 4.2 демонстрирует, что фаринограммы тестовых полуфабрикатов, приготовленных из муки с ПКД, характеризовались наличием одного пика

консистенции. Полученные результаты говорят о значительном влиянии ПКД на формирование структуры белково-крахмального матрикса тестовых полуфабрикатов во время их замеса.

Математический анализ фаринограмм представлен на рисунках 4.3-4.6 в виде графических иллюстраций и уравнений регрессии (полиномы второй степени), характеризующих влияние ПКД на водопоглощение муки и реологические свойства тестовых полуфабрикатов.

Показатель водопоглощения определяет количество воды, необходимое для получения теста требуемой консистенции. В данном исследовании определяли влияние ПКД на водопоглощение и влажность муки. Результаты представлены на рисунке 4.3.

Данные рисунка 4.3 показывают, что внесение ПКД в пшеничную муку высшего сорта способствовало повышению показателя водопоглощения, соответствующему фактическому пику консистенции и влажности муки, а также водопоглощению, скорректированному на требуемую консистенцию 500 FE. Увеличение указанных показателей при повышении концентрации ПКД соответствовало полиномиальной регрессии второй степени, что подтверждается соответствующими величинами достоверной аппроксимации ($R^2 > 0,9$).

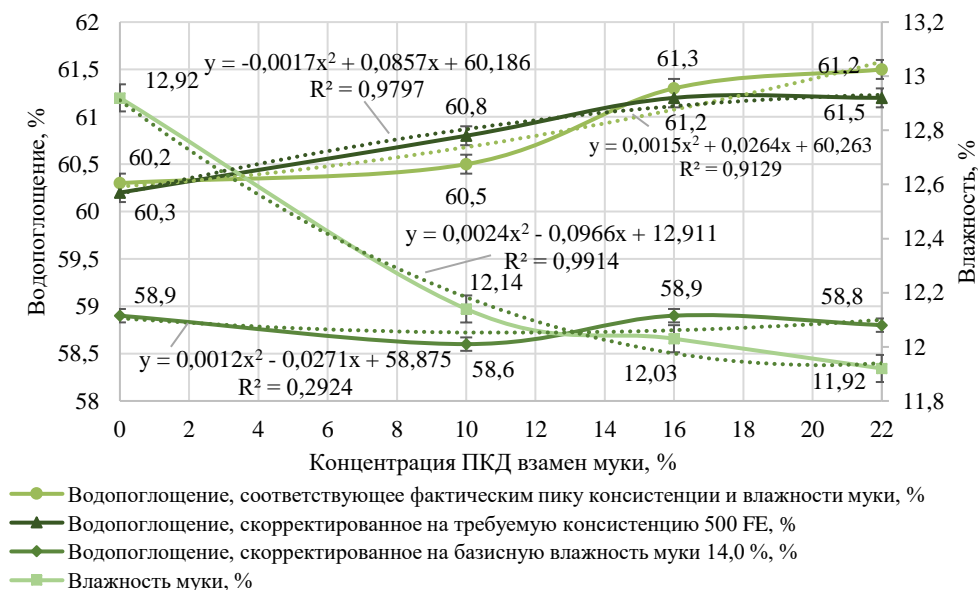


Рисунок 4.3 – Влияние ПКД на влажность и водопоглощение муки

В технологии хлебопечения наиболее важен показатель водопоглощения, скорректированный на базисную влажность муки 14,0 %, который позволяет сравнить между собой водопоглощение смесей, имеющих разную фактическую влажность. Более высокое водопоглощение указывает на то, что для достижения желаемой консистенции требуется больше воды [251, 351, 308]. Анализ данных рисунка 4.3 показывает, что увеличению концентрации ПКД в муке приводило к снижению ее влажности. Так, при дозировках ПКД 10 %, 16 % и 22 % показатель влажности муки уменьшился на 0,78 %, 0,89 % и 1,0 %, соответственно, по сравнению с пшеничной мукой высшего сорта. Полученные данные объясняются более низкой влажностью ПКД, которая зависит от влажности входящих в ее состав компонентов.

В связи с уменьшением влажности муки при увеличении дозировок ПКД наблюдалось незначительное снижение показателя водопоглощения, скорректированного на базисную влажность муки 14,0 %. Так, данный показатель снижался при концентрациях ПКД взамен муки 10 % и 22 % на 0,4 % и 0,1 %, соответственно, по сравнению с контролем. Следует отметить, что при концентрации ПКД 16 % взамен муки указанный показатель был равен контрольному.

Известно, что водопоглощение пшеничной муки зависит от крупности помола, степени повреждения крахмала, количества пентозанов, а также содержания белка, пищевых волокон, прочности клейковины и других факторов [316, 254]. Согласно литературным данным, семена тыквы, грибы вешенки и спельта отличаются высоким содержанием белка и пищевых волокон [304, 368, 271]. Вероятно, благодаря этому при увеличении концентрации ПКД водопоглощение опытных смесей оставалось примерно равным контролю, несмотря на уменьшение их влажности.

Внесение ПКД оказывало влияние на все показатели реологических свойств теста. Результаты анализа фаринограмм, представленные на рисунке 4.4, показывают, что время образования теста сокращалось по мере добавления ПКД в муку. При концентрациях ПКД 10 %, 16 % и 22 % взамен муки время образования теста сокращалось на 19,1 %, 19,5 % и 39,7 %, соответственно, по сравнению со временем образования теста из пшеничной муки высшего сорта.

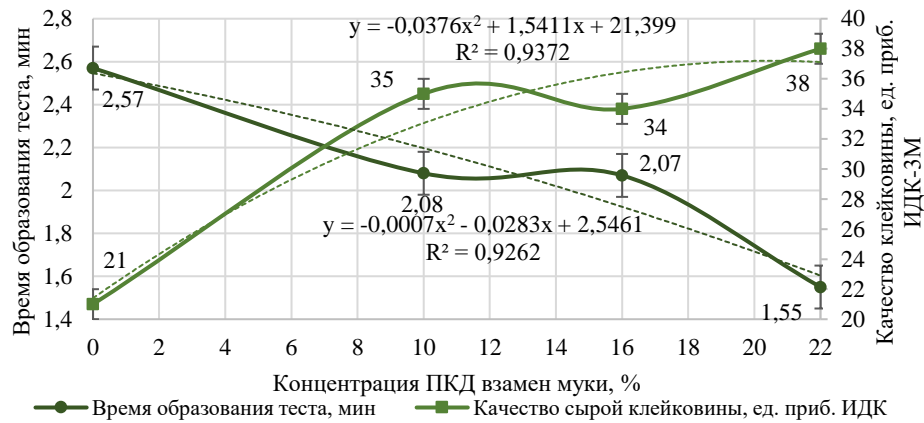
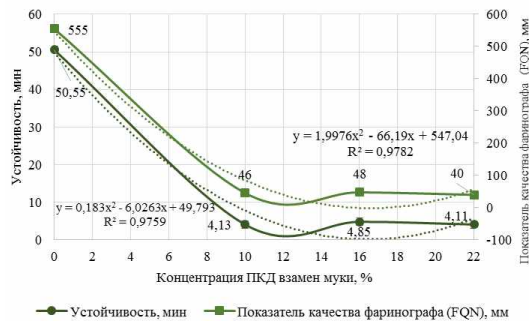


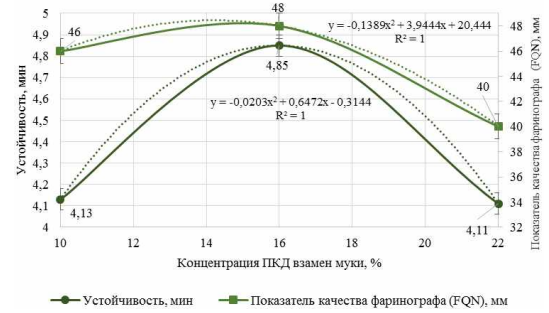
Рисунок 4.4 – Влияние ПКД на время образования теста и качество клейковины по показаниям прибора ИДК-3М

Корреляционный анализ данных показал, что наблюдалась некая отрицательная взаимосвязь между качеством клейковины (ед. прибор. ИДК-3М) и временем образования теста: коэффициент корреляции $r = -0,91$ при уровне значимости $p = 0,087$. Увеличение растяжимости клейковины приводило к уменьшению времени образования теста. Полученные данные подтверждают гипотезу Wioletta Biel с соавторами, которые предположили, что время образования теста зависит от количества и качества клейковины и её водосвязывающей способности [303].

Вследствие неестественной пологости фаринограммы пшеничной муки высшего сорта без добавления ПКД, указанные такие реологические показатели, как устойчивость теста, показатели качества фаринографа, и степени разжижения теста для опытных образцов муки следует сравнивать не с контролем, а друг с другом для достижения репрезентативности результатов. Кроме того, следует принять во внимание, что рассчитанные по кривой фаринограммы с двумя пиками консистенции показатели устойчивости, качества и степени разжижения невозможно сравнивать с показателями, рассчитанными по кривой фаринограммы с одним пиком консистенции. В связи с этим на рисунках 4.5 и 4.6 показаны данные по влиянию ПКД на устойчивость, показатель качества и степени разжижения тестовых полуфабрикатов через 10 минут после старта и 12 минут после достижения максимума в сравнении с контролем (а) и между опытными образцами (б).



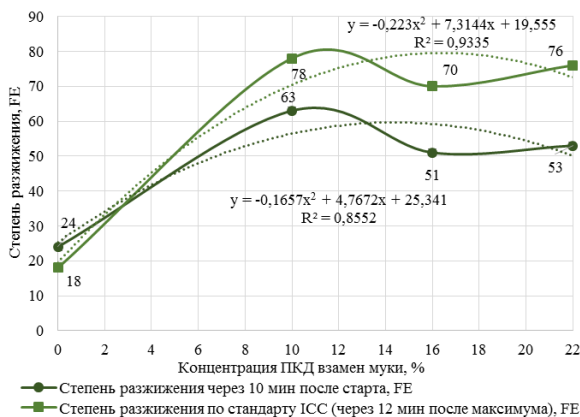
а



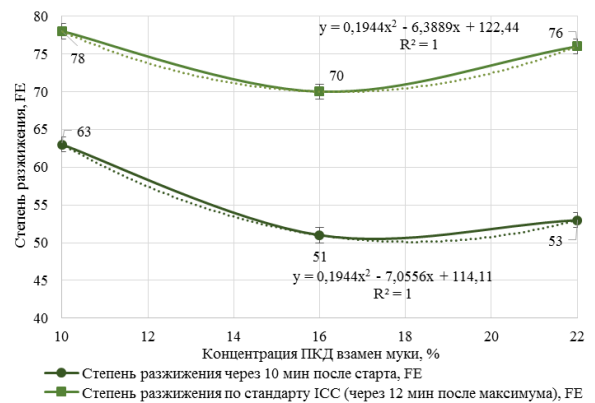
б

Рисунок 4.5 – Влияние ПКД на устойчивость и показатель качества (FQN) тестовых полуфабрикатов (а – сравнение опытных образцов с контролем, б – сравнение между опытными образцами)

Устойчивость теста – это разница во времени между точкой, где вершина кривой впервые пересекает линию 500 FE, и точкой, где вершина кривой повторно пересекает линию 500 FE. Показатель качества фаринографа (FQN) характеризует устойчивость консистенции теста в процессе замеса и определяется как расстояние по горизонтальной оси от начала замешивания до момента, когда консистенция снизится от уровня пика середины кривой на 30 единиц. Согласно данным рисунка 4.5 среди опытных образцов тестовых полуфабрикатов наибольшие показатели устойчивости теста и качества фаринографа имел образец с дозировкой ПКД в количестве 16 % взамен муки.



а



б

Рисунок 4.6 – Влияние ПКД на степень разжижения тестовых полуфабрикатов через 10 минут после старта и 12 минут после максимума (а – сравнение опытных образцов с контролем, б – сравнение между опытными образцами)

Среди опытных образцов тестовых полуфабрикатов наименьшие степени разжижения (рисунок 4.6) имел образец с концентрацией ПКД 16 % взамен муки. Так, степень разжижения через 10 мин после старта у данного образца была на 19,0 % и 3,9 % ниже по сравнению с опытными образцами с дозировками ПКД 10 % и 22 % взамен муки, соответственно. Степень разжижения через 12 мин после максимума характеризовалась примерно такими же величинами: была ниже на 10,3 % и 7,9 % по сравнению с опытными образцами с дозировками ПКД 10 % и 22 % взамен муки, соответственно. Полученные данные коррелируют с данными рисунка 4.5 и подтверждают, что тестовый полуфабрикат, приготовленный с ПКД в концентрации 16 % взамен муки, был наиболее устойчивым к потере консистенции из-за перемешивания. Вероятно, данная концентрация ПКД способствовала образованию более устойчивого клейковинного каркаса теста по сравнению с концентрациями ПКД 10 % и 22 % взамен муки.

Следует отметить, что внесение ПКД в пшеничную муку высшего сорта приводило к понижению показателей устойчивости теста, качества фаринографа и повышению степеней разжижения (через 10 мин после старта и 12 мин после достижения максимума) по сравнению с пшеничной мукой высшего сорта без внесения ПКД (рисунки 4.5 и 4.6). Уравнения полиномиальной регрессии, описывающие данные изменения показателей по отношению к контролю, характеризовались более низкими величинами достоверной аппроксимации R^2 по сравнению с такой величиной для уравнений полиномиальной регрессии, полученных при сравнении между собой данных опытных образцов.

Для определения взаимосвязи между показателями, характеризующими свойства клейковины и показателями фаринографа, был проведен корреляционный анализ. Диаграммы рассеяния, характеризующие зависимость между указанными показателями приведены на рисунке 4.7.

В результате анализа экспериментальных данных установили, что существовала статистически достоверная отрицательная зависимость между качеством сырой клейковины (ед. приб. ИДК-3М) и устойчивостью тестовых полуфабрикатов ($r = -0,98$, $p = 0,02$), а также показателем качества фаринографа

($r = -0,98$, $p = 0,02$). Установлено также, что наблюдалась статистически достоверная положительная зависимость между качеством сырой клейковины (ед. приб. ИДК-3М) и степенью разжижения теста через 12 мин после максимума ($r = 0,98$, $p = 0,02$). Полученные результаты подтверждают надежность данных, полученных с использованием фаринографа.

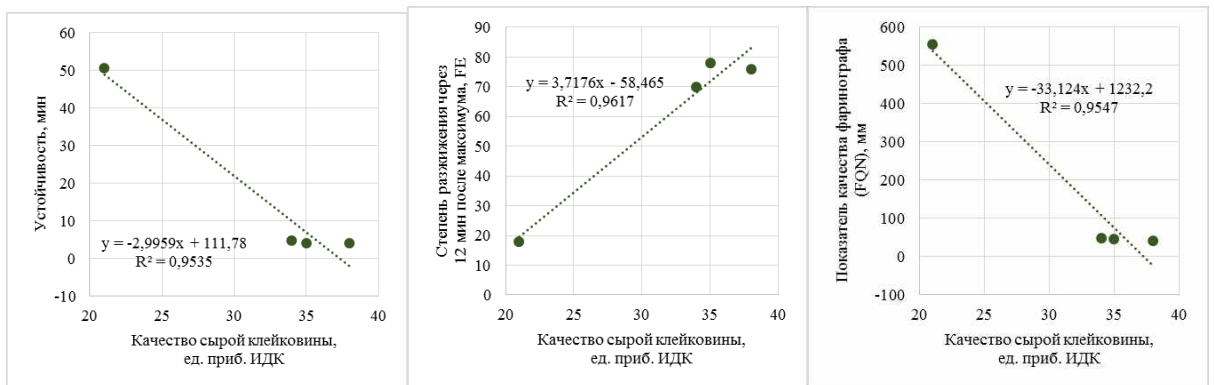


Рисунок 4.7 – Диаграммы рассеяния, характеризующие зависимость между свойства клейковины и показателями фаринографа

С целью исследования влияния ПКД на эластичность тестовых полуфабрикатов (растяжимость и устойчивость растягиванию) в процессе отлежки использовали прибор Экстенсограф-Е Brabender. Метод исследования реологических свойств тестовых полуфабрикатов на экстенсографе предполагает замешивание образцов на фаринографе в течение 5 минут для обеспечения объективности и воспроизводимости приготовления проб и их постоянной исходной консистенции, а также внесение в воду при замесе хлорида натрия в концентрации 3 % взамен муки.

На рисунке 4.8 представлены фаринограммы тестовых полуфабрикатов из пшеничной муки высшего сорта с добавлением хлорида натрия.

Анализ фаринограмм, представленных на рисунке 4.8, показывает, что графики характеризуются наличием одного пика консистенции. В связи с тем, что время замеса не превышает 5 минут невозможно определить значение устойчивости теста, показатель качества фаринографа, степень разжижения теста

через 10 минут после старта и 12 минут после максимума консистенции, однако данные графики позволяют вычислить время образования теста и водопоглощение, которые представлены в таблице 4.2.

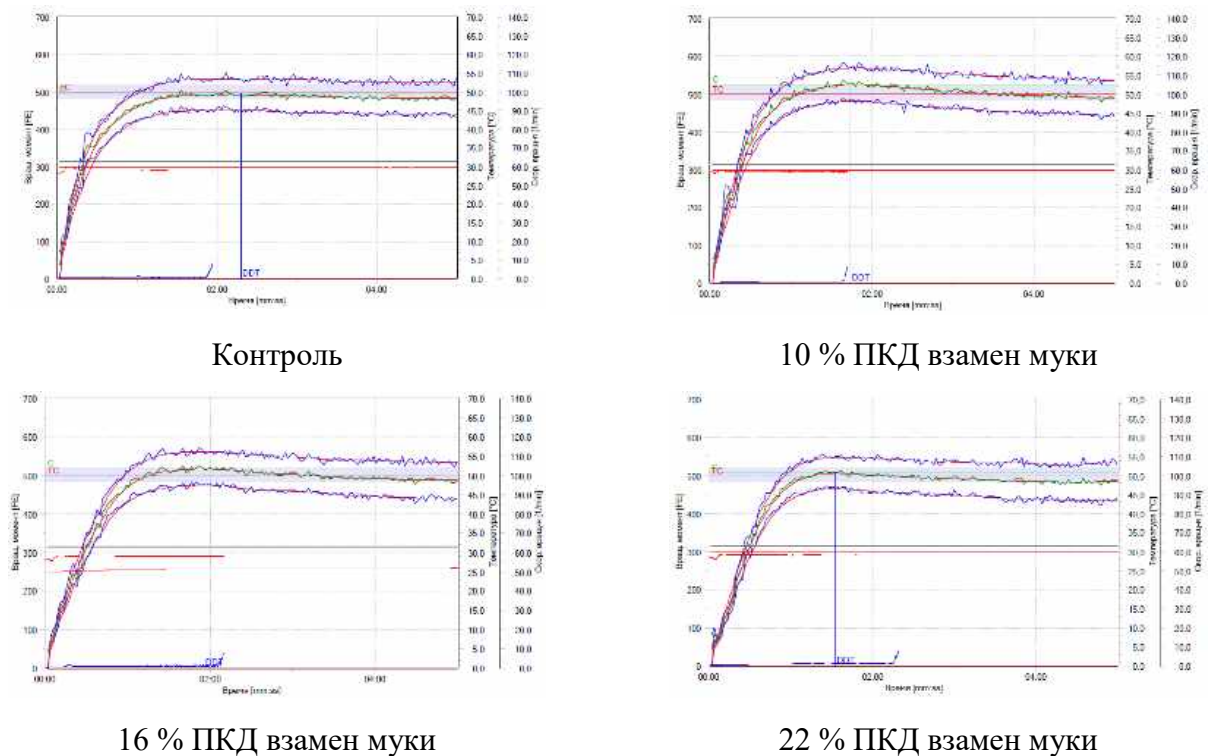


Рисунок 4.8 – Фаринограммы тестовых полуфабрикатов из пшеничной муки высшего сорта с добавлением хлорида натрия

Таблица 4.2 – Влияние пищевой комплексной добавки на реологические свойства теста из пшеничной муки высшего сорта с добавлением хлорида натрия

Показатель	Контроль	Концентрация пищевой комплексной добавки взамен муки, %		
		10	16	22
Время образования теста, мин	2,32±0,10	1,75±0,10	1,93±0,10	1,55±0,10
Водопоглощение, соответствующее фактическому пику консистенции и влажности муки, %	58,2±0,15	57,6±0,15	58,3±0,15	58,0±0,15
Водопоглощение, скорректированное на требуемую консистенцию 500 FE, %	58,1±0,15	58,2±0,15	58,7±0,15	58,2±0,15
Водопоглощение, скорректированное на базисную влажность 14,0 %, %	57,8±0,15	57,3±0,15	58,0±0,15	57,6±0,15

Данные таблицы 4.2 демонстрируют, что при внесении ПКД происходит снижение времени образования теста в среднем на 39,2 % по сравнению с контролем. Среди опытных образцов наибольшее время образования теста соответствовало образцу с дозировкой ПКД в количестве 16 % взамен муки.

Статистический анализ результатов, представленных в таблице 4.2, показывает, что время образования теста при внесении в воду хлорида натрия коррелирует с временем образования теста без внесения хлорида натрия ($r = 0,95$, $p = 0,05$). Кроме того, подтверждена уже ранее установленная для тестового полуфабриката без внесения хлорида натрия взаимосвязь между качеством клейковины по показанию прибора ИДК-3М и временем образования теста ($r = 0,96$, $p = 0,04$).

Данные таблицы 4.2 показывают, что при внесении ПКД в пшеничную муку высшего сорта показатель водопоглощения, соответствующий фактическому пику консистенции и влажности муки, снижался при концентрациях ПКД 10 % и 22 % взамен муки и возрастал при концентрации 16 % взамен муки. Вместе с тем, показатель водопоглощения, скорректированный на требуемую консистенцию 500 FE возрастал в исследуемых концентрациях ПКД в среднем на 0,27 % по сравнению с контролем.

Данные таблицы 4.2 также подтверждают результаты, представленные на рисунке 4.3. При внесении хлорида натрия в воду при замесе тестового полуфабриката наблюдалось похожее поведение показателя водопоглощения, скорректированного на базисную влажность муки 14,0 %, которое было установлено при проведении испытаний без внесения хлорида натрия. Так, указанный показатель по сравнению с контролем снижался при концентрациях ПКД взамен муки 10 % и 22 % на 0,5 % и 0,5 %, соответственно, и возрастал при концентрации добавки 16 % взамен муки на 0,2 %.

Таким образом, по показанию фаринографа оптимальная концентрация ПКД взамен муки – 16 %, для которой установлены наибольшие показатели водопоглощения, устойчивость теста и показатель качества фаринографа, а также наименьшие степени разжижения теста (через 10 мин после старта и через 12 мин

после максимума) среди опытных образцов тестовых полуфабрикатов. Полученные результаты опубликованы в журнале, включенном в перечень ВАК [69].

Измерение свойств теста при растягивании – один из наиболее важных методов, используемых для оценки качества хлебопекарной муки. Исследования проводили с использованием прибора Экстенсограф-Е Brabender, который позволяет измерять устойчивость теста растягиванию. Более высокая устойчивость растягиванию требует большей силы для растягивания теста. На рисунке 4.9 представлены экстенсограммы тестовых полуфабрикатов из пшеничной муки высшего сорта с добавлением хлорида натрия в количестве 3 % взамен муки. Измерения проводили через 45, 90 и 135 минут после начала отлежки.

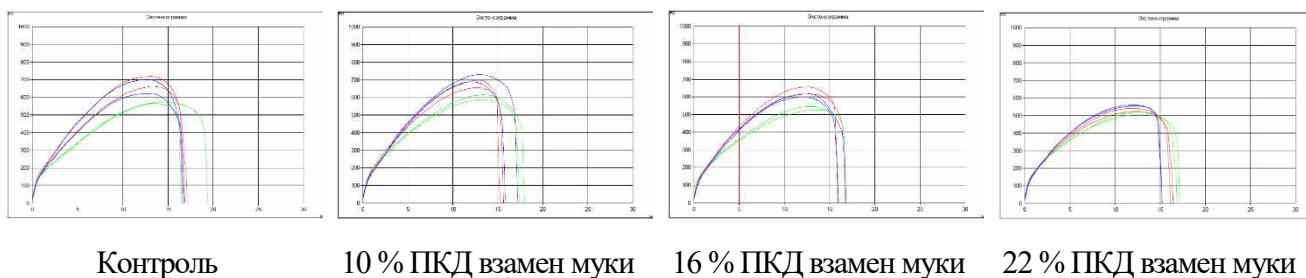


Рисунок 4.9 – Экстенсограммы тестовых полуфабрикатов из пшеничной муки высшего сорта с добавлением хлорида натрия (зеленая кривая – 45 мин, красная кривая – 90 мин, синяя кривая – 135 мин)

В таблице 4.3 приведены результаты анализа представленных экстенсограмм.

Показатель энергия определяется как площадь под кривой и характеризует силу муки и прочность теста: чем сильнее мука, тем больше энергии требуется для растягивания теста [402]. Анализ данных рисунка 4.9 и таблицы 4.3 показывает, что показатель энергии в основном снижался по сравнению с контролем при увеличении концентрации ПКД, кроме следующих случаев: продолжительность отлежки 45 и 135 минут и концентрации ПКД 10 % взамен муки.

Таблица 4.3 – Влияние ПКД на реологические свойства теста из пшеничной муки высшего сорта (показания экстенсографа)

Показатель	Продолжительность отлежки, мин	Контроль	Концентрация пищевой комплексной добавки взамен муки, %		
			10	16	22
Энергия, см ²	45	134±1	143±1	118±1	120±1
	90	151±1	135±1	138±1	119±1
	135	145±1	152±1	132±1	115±1
Устойчивость к растягиванию, ЕЭ	45	344±5	396±5	359±5	364±5
	90	434±5	452±5	428±5	386±5
	135	536±5	450±5	416±5	403±5
Растяжимость, мм	45	180±1	177±1	164±1	170±1
	90	170±1	155±1	163±1	163±1
	135	168±1	165±1	164±1	152±1
Максимальная устойчивость, ЕЭ	45	570±5	600±5	537±5	514±5
	90	691±5	677±5	638±5	532±5
	135	662±5	709±5	608±5	558±5
Передаточное число	45	1,9±0,3	2,2±0,3	2,2±0,3	2,1±0,3
	90	2,5±0,3	2,9±0,3	2,6±0,3	2,4±0,3
	135	2,6±0,3	2,7±0,3	2,5±0,3	2,6±0,3
Максимальное передаточное число	45	3,2±0,3	3,4±0,3	3,3±0,3	3,0±0,3
	90	4,1±0,3	4,4±0,3	3,9±0,3	3,3±0,3
	135	3,9±0,3	4,3±0,3	3,7±0,3	3,7±0,3

Устойчивость к растягиванию измеряется как высота кривой через 5 см после начала роста кривой и характеризует силу противодействия растягиванию теста. Данный показатель через 45 минут после начала отлежки возрастал при всех исследуемых концентрациях ПКД в среднем на 8,4 % по сравнению с контролем, при этом максимальное значение соответствовало концентрации ПКД 10 % взамен муки. Полученные данные свидетельствуют о более прочной структуре опытных тестовых полуфабрикатов через 45 минут отлежки по сравнению с контролем. Кроме того, при концентрации ПКД 10 % взамен муки через 90 минут после начала отлежки устойчивость растягиванию была выше по сравнению с контролем, в то время как остальные концентрации ПКД показывали снижение данного показателя. Следует отметить, что через 135 минут после начала отлежки при исследуемых концентрациях ПКД устойчивость теста растягиванию снижалась по сравнению с контролем.

Растяжимость определяется длиной кривой от начала роста до максимума (разрыва пробы) и показывает растяжимые свойства клейковины. Результаты

исследования показывают, что растяжимость при внесении ПКД снижалась на всем протяжении отлежки в среднем на 5,2 % по сравнению с контролем.

Максимальная устойчивость измеряется в высшей точке кривой и демонстрирует силу в точке разрыва. Указанный показатель снижался при всех исследуемых концентрациях ПКД и времени отлежки за исключением концентрации ПКД 10 % взамен муки и продолжительности отлежки 45 и 135 минут, при которых максимальная устойчивость была выше контроля на 5,2 % и 7,1 %, соответственно.

Передаточное число определяется отношением устойчивости растягиванию к растяжимости. Практически все исследуемые концентрации ПКД показали увеличение данного показателя по сравнению с контролем за исключением концентрации 22 % взамен муки через 90 минут отлежки и концентрации 16 % взамен муки через 135 минут отлежки. Считается, что высокое значение данного показателя соответствует короткорвущейся клейковине и приводит к небольшому объему выпекаемых изделий [402].

Максимальное передаточное число рассчитывается как отношение максимальной устойчивости к растяжимости. Данный показатель через 45 минут отлежки возрастал по сравнению с контролем при концентрации ПКД 10 % и 16 % и снижался при концентрации 22 % взамен муки. Через 90 и 135 минут после отлежки максимальное передаточное число по сравнению с контролем возрастало при концентрации ПКД 10 % и снижалось при концентрации добавки 16 % и 22 % взамен муки.

Таким образом, при внесении пищевой комплексной добавки через 135 минут отлежки происходит снижение показателей устойчивости растягиванию в среднем на 21,1 %, максимальной устойчивости – на 5,6 %, растяжимости – на 4,6 %, энергии растягивания – на 8,3 % по отношению к контролю. Среди опытных образцов тестовых полуфабрикатов максимальными значениями энергии обладали пробы с дозировкой ПКД в концентрации 10 % (45 и 135 минут) и 16 % (90 минут); устойчивости растягиванию и максимальной устойчивости – 10 %; растяжимости – 10 % (45 и 135 минут) и 16 % и 22 % (90 минут); передаточного числа – 10 % и 16 %

(45 минут) и 10 % (90 и 135 минут); максимального передаточного числа – 10 % взамен муки.

Исследовали влияние ПКД на реологические свойства тестовых полуфабрикатов из ржано-пшенично муки (ржаная обдирная мука и пшеничная мука первого сорта в соотношении 60:40) с использованием фаринографа Brabender. Опытные образцы готовили путем замены ржано-пшеничной муки пищевой комплексной добавкой в концентрациях 10 %, 16 % и 22 % взамен муки. Данные концентрации комплексной добавки при исследовании влияния добавки на свойства ржано-пшеничных полуфабрикатов были определены аналогично концентрациям ПКД при исследовании свойств пшеничной муки высшего сорта. При этом внесение ПКД в рецептуру хлеба взамен ржано-пшеничной муки в указанных концентрациях позволит повысить степень суточной удовлетворения в минеральных веществах в диапазоне от 0,2 % (К и Na) до 15,8 % (Se для мужчин) по сравнению с контролем (таблица 3.21).

Полученные фаринограммы представлены на рисунке 4.10.

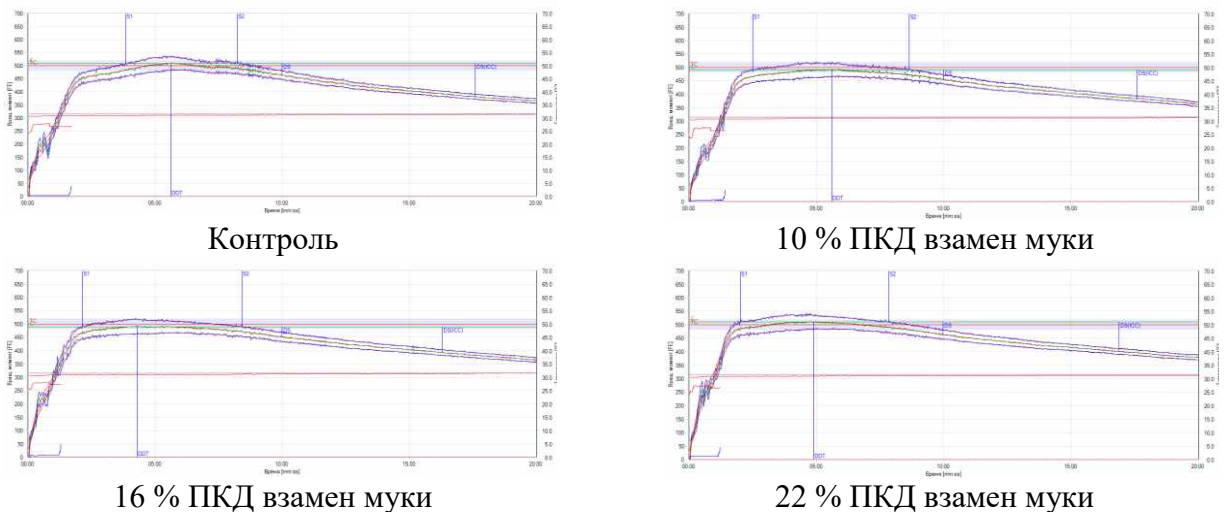


Рисунок 4.10 – Фаринограммы тестовых полуфабрикатов из ржано-пшеничной муки

Влияние ПКД на водопоглощение муки и время образования ржано-пшеничного теста представлено на рисунке 4.11.

Данные рисунка 4.11 показывают, что показатели водопоглощения при повышении концентрации ПКД снижались. При этом зависимости водопоглощения

от концентрации ПКД соответствовали линейным уравнениям регрессии ($R^2 > 0,9$). При концентрациях ПКД 10 % время образования теста было равным контролю, при этом при концентрациях ПКД 16 % и 22 % время образования сокращалось соответственно на 23,5 % и 12,8 % по сравнению с контрольным образцом.

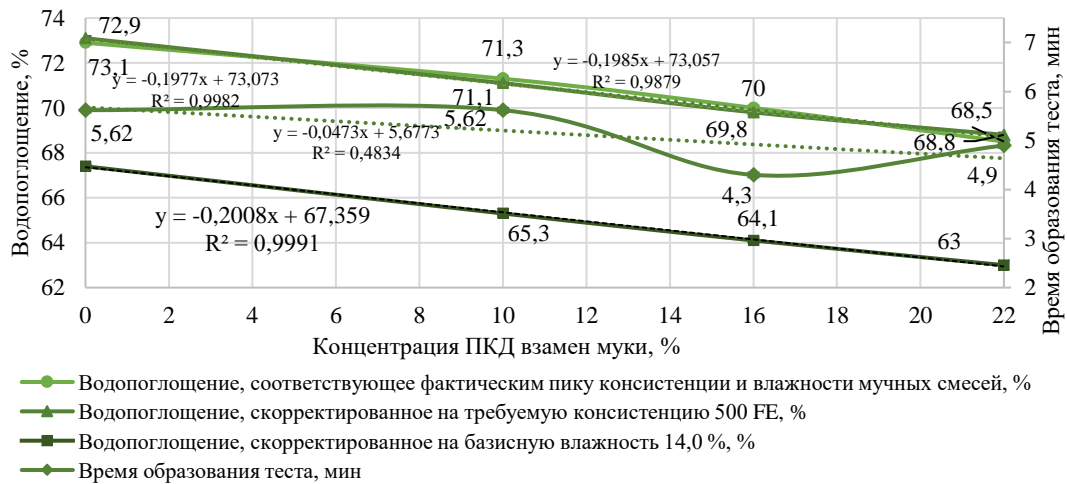


Рисунок 4.11 – Влияние ПКД на водопоглощение муки и время образования ржано-пшеничного теста

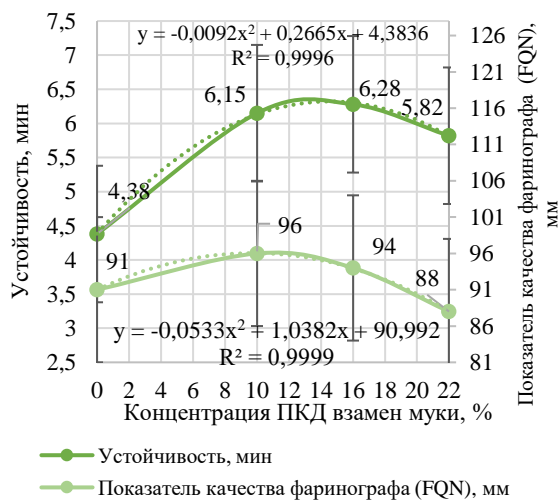


Рисунок 4.12 – Влияние ПКД на устойчивость и показатель качества (FQN) тестовых полуфабрикатов

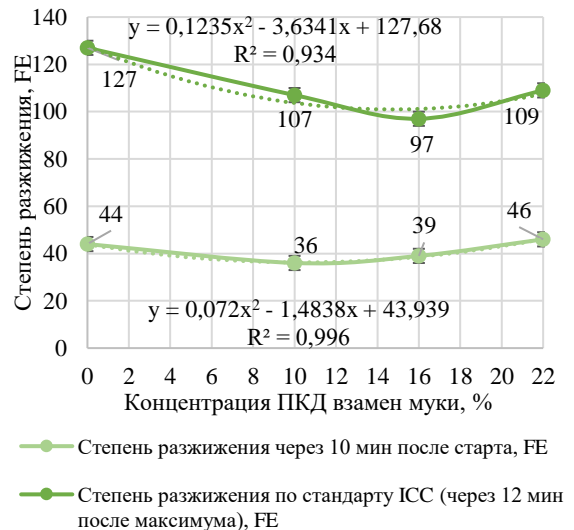


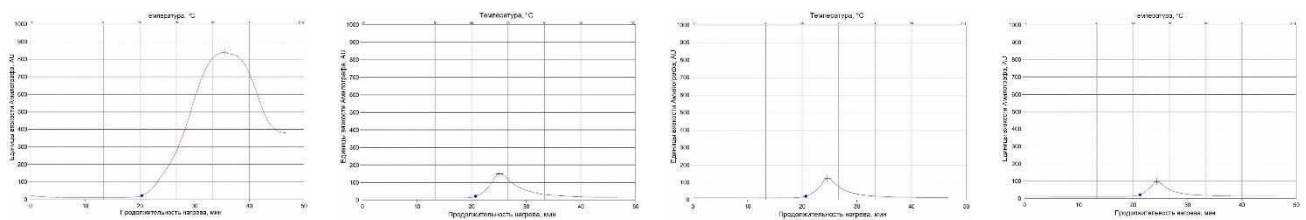
Рисунок 4.13 – Влияние ПКД на степень разжижения тестовых полуфабрикатов

Увеличение концентрации ПКД приводило к повышению устойчивости ржано-пшеничного теста в среднем на 38,9 % по сравнению с контролем. При этом показатель

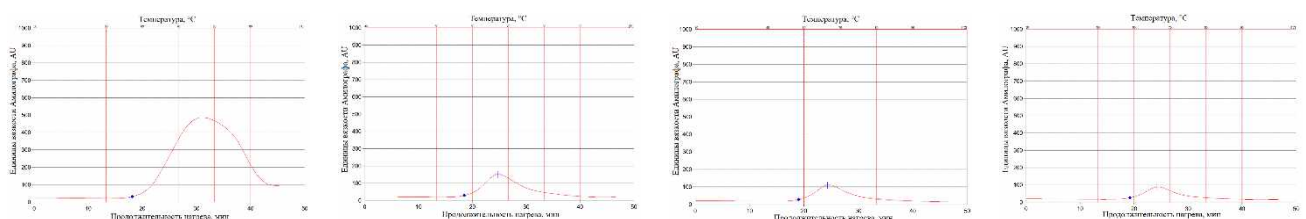
качества фаринографа возрастал по сравнению с контролем при концентрациях добавки 10 % и 16 %, однако снижался при концентрации ПКД 22 % взамен муки (рисунок 4.12).

Среди опытных образцов тестовых полуфабрикатов наименьшую степень разжижения через 10 минут после старта (рисунок 4.13) имел образец с концентрацией ПКД 22 % взамен муки. Минимальной степенью разжижения через 12 мин после максимума характеризовался образец тестового полуфабриката с дозировкой ПКД 16 % взамен муки.

Необходимо отметить, хлебопекарные свойства муки в значительной степени зависят от клейстеризации крахмала и активности α -амилазы, которые можно измерить с использованием прибора Амилограф-Е. Данный прибор позволяет получить достоверную информацию о клейстеризации крахмала в процессе выпечки, благодаря тому, что нагревание водно-мучной суспензии происходит со скоростью 1,5 °С/мин, соответствующее скорости нагревания тестовой заготовки при выпечке. На рисунках 4.14 и 4.15 представлены амилограммы водно-мучной суспензии из пшеничной муки высшего сорта с добавлением ПКД и ржано-пшеничной муки (смесь ржаной обдирной муки и пшеничной муки первого сорта в соотношении 60:40). В таблице 4.4 приведены результаты анализа представленных амилограмм.



Контроль 10 % ПКД взамен муки 16 % ПКД взамен муки 22 % ПКД взамен муки
Рисунок 4.14 – Влияние ПКД на амилограммы водно-мучной суспензии из муки пшеничной высшего сорта



Контроль 10 % ПКД взамен муки 16 % ПКД взамен муки 22 % ПКД взамен муки
Рисунок 4.15 – Влияние ПКД на амилограммы водно-мучной суспензии ржано-пшеничной муки

Таблица 4.4 – Влияние ПКД на показатели клейстеризации водно-мучной суспензии из пшеничной муки высшего сорта и ржано-пшеничной муки

Показатель	мука пшеничная высшего сорта				ржано-пшеничная мука			
	концентрация ПКД взамен муки, %				концентрация ПКД взамен муки, %			
	0	10	16	22	0	10	16	22
Начало клейстеризации, °С	60,5	61,1	61,0	61,9	57,3	57,8	58,5	58,9
Температура клейстеризации, °С	83,3	67,6	66,9	66,5	76,0	67,1	66,5	66,4
Максимальная вязкость, AU	840	150	124	97	486	151	110	89

Данные рисунков 4.14, 4.15 и таблицы 4.4 демонстрируют, что ПКД способствовала увеличению температуры начала клейстеризации по сравнению с контролем в среднем на 0,8 °С при внесении в пшеничную муку высшего сорта и 1,1 °С – в ржано-пшеничную муку. Максимальная температура начала клейстеризации установлена для водно-мучной суспензии с дозировкой ПКД 22 % взамен муки. При этом, температура клейстеризации и максимальная вязкость снижались при увеличении дозировки ПКД. Полученные данные объясняются действием амилолитических ферментов пророщенной спельты, входящей в состав ПКД.

Корреляционный анализ данных показал, что существует достоверная отрицательная зависимость между увеличением амилолитической активности муки по показаниям прибора ИЧП 1-2 (рисунок 4.1) и показаниями прибора Амилограф-Е: температурой клейстеризации ($r = -0,99$, $p = 0,007$) и максимальной вязкостью ($r = -0,99$, $p = 0,007$). Проведенный анализ показал достоверность данных полученных с использованием Амилографа-Е.

Таким образом, исследования, проведенные на аналитическом оборудовании фирмы Brabender, выявили, что при внесении в пшеничную муку высшего сорта оптимальная концентрация ПКД взамен муки составляет 16 %, которая позволяет получить наилучшие значения устойчивости, степени разжижения теста, показателя качества фаринографа, энергии растягивания теста и растяжимости через 90 минут отлежки и передаточного числа через 45 минут отлежки. С точки зрения реологических параметров ржано-пшеничного теста в процессе замеса

оптимальными концентрациями ПКД выбраны концентрации 10 % и 16 % взамен муки, которые обеспечивают, соответственно, максимальные устойчивость теста и показатель качества фаринографа.

Кроме того, при указанных концентрациях ПКД возрастает амилолитическая активность исследуемых образцов муки, что позволяет предположить положительное влияние ПКД на созревание тестовых полуфабрикатов за счет увеличения доступности простых сахаров для дрожжевых клеток. В связи с этим, на следующем этапе изучали влияние ПКД на газообразующую и газодерживающую способности муки.

4.3 Исследование влияния пищевой комплексной добавки на газообразующую и газодерживающую способности муки

Важные технологические этапы производства хлебобулочных изделий – брожение полуфабрикатов и расстойка тестовых заготовок, ход и длительность которых определяется газообразующей и газодерживающей способностями муки. Указанные характеристики тесно связаны с такими показателями качества муки, как состояние углеводно-амилазного и белково-протеиназного комплекса. Газодерживающую и газообразующую способности муки определяли с использованием реоферментометра Rheo F4 компании Chopin. Данный прибор также позволяет оценить активность дрожжей и косвенно указывает на качество сложных белков клейковины [402]. Продолжительность брожения тестовых полуфабрикатов в камере прибора – 3 часа. Эксперименты проводили с использованием пшеничной муки высшего сорта и ржано-пшеничной муки.

Результаты исследования влияния ПКД на газообразующую и газодерживающую способность пшеничной муки высшего сорта представлены на рисунке 4.16. График высвобождения газа демонстрирует два пика увеличения количества газа. Первый пик характерен для газа, выделенного дрожжами при сбраживании собственных сахаров муки, а второй – при сбраживании мальтозы (рисунок 4.16).

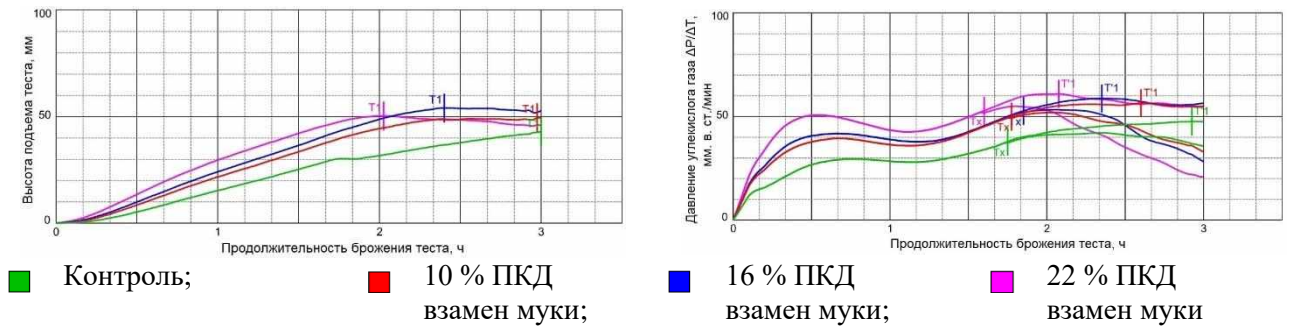


Рисунок 4.16 – Влияние ПКД на подъем теста, газообразующую и газодерживающую способности тестовых полуфабрикатов из пшеничной муки высшего сорта

Опытные образцы быстрее контроля достигли первого пика. Так, образец с дозировкой добавки 22 % взамен муки быстрее других образцов достиг первого пика – на 15 минут раньше контроля. Следует отметить, что количество выделенного дрожжами углекислого газа при первом пике было выше по сравнению с контролем. Полученные данные свидетельствуют, что в присутствии ПКД в самом начале брожения произошла активация дрожжевых клеток, которые не только быстрее сбраживали собственные сахара муки, но и при этом выделяли больше углекислого газа за счет дополнительного питания при внесении в муку ПКД. Данные подтверждают результаты, полученные для компонентов ПКД при изучении их индивидуального влияния на процессы тестоведения и дрожжи в условиях их предварительной активации (главы 3.6.1 и 3.7).

В таблице 4.5 приведены результаты анализа рисунка 4.16.

Данные таблицы 4.5 показывают, что внесение ПКД в пшеничную муку высшего сорта способствовало увеличению высоты подъема теста опытных образцов по сравнению с контролем на 6,6-11,2 мм.

Наибольшая высота подъема теста соответствовала концентрации ПКД 16 % взамен муки – на 26,0 % выше по сравнению с контрольным образцом. Следует отметить, что контрольный образец достиг максимума высоты теста лишь в конце времени испытания (3 часа), в то время как опытный образец с ПКД в концентрации 16 % взамен муки на 36 минут быстрее контрольного. Раньше среди всех

исследуемых образцов достиг максимума подъема образец с дозировкой ПКД 22 % взамен муки – на 58,5 минут быстрее контрольного.

Таблица 4.5 – Влияние ПКД на показатели газообразующей и газодерживающей способности тестовых полуфабрикатов из пшеничной муки высшего сорта

Показатель	Контроль	Концентрация пищевой комплексной добавки взамен муки, %		
		10	16	22
Подъем теста				
Максимальная высота подъема теста (Hm), мм	43,0	49,6	54,2	50,4
Высота подъема теста в конце исследования (h), мм	43,0	49,4	52,9	45,9
(Hm-h)/Hm, %	0,0	0,6	2,3	8,9
Продолжительность брожения до достижения максимальной высоты подъема (T ₁), ч:мин:сек	03:00:00	02:58:30	02:24:00	02:01:30
Высвобождение газа				
Максимальная высота подъема теста, соответствующая максимальному объему (H'm), мм	47,6	56,5	58,7	60,9
Продолжительность брожения до достижения максимального объема (T' ₁), ч:мин:сек	02:55:30	02:36:00	02:21:00	02:04:30
Время, при котором тесто начинает терять углекислый газ (Tx), ч:мин:сек	01:45:00	01:46:30	01:51:00	01:36:00
Общий объем, мл	957	1226	1272	1401
Объем потерянного CO ₂ , мл	53	109	127	222
Удержанный объем CO ₂ , мл	904	1117	1145	1179
Коэффициент удержания, %	94,5	91,1	90,0	84,2

Максимальная высота подъема теста, соответствующая максимальному объему при увеличении концентрации ПКД возрастала в среднем на 23,3 % по сравнению с контролем. При этом продолжительность брожения, требуемая до достижения максимального объема, снижалась в среднем на 34,5 минут по сравнению с тестом без добавки.

Время, при котором тесто начинает терять углекислый газ, при дозировках ПКД 10 % и 16 % взамен муки возрастало по сравнению с контролем на 1,5 и 6,0 минут, соответственно, однако при концентрации ПКД 22 % взамен муки тесто начинало терять углекислый газ раньше контрольного образца на 9,0 минут

(таблица 4.5). Вероятно, данная дозировка добавки оказывает более сильное деструктивное воздействие на белково-крахмальный матрикс теста по сравнению с другими исследуемыми концентрациями. Полученные данные согласуются с результатами реологических исследований, проводимых с использованием фаринографа и экстенсографа. Так, при концентрации ПКД 22 % взамен муки время образования теста и сила в точке разрыва теста также были значительно меньше по сравнению с контролем и другими концентрациями ПКД.

Анализ данных таблицы 4.5 показывает, что при увеличении концентрации ПКД наблюдалось увеличение общего объема углекислого газа в среднем на 35,8 % по сравнению с контролем. Объем потерянного и удержанного углекислого газа также возрастал по сравнению с контролем в среднем на 99,7 % и 26,9 %, соответственно. В связи с тем, что количество потерянного углекислого газа превышало количество удержанного диоксида углерода, коэффициент удержания при увеличении количества ПКД снижался на 3,6-10,9 %.

Таким образом, оптимальной концентрацией ПКД по результатам исследования газообразующей и газодерживающей способностей пшеничной муки высшего сорта установлена концентрация 16 % взамен муки, для которой установлена максимальная высота подъема теста и максимальное время, при котором тесто начинает терять углекислый газ.

На рисунке 4.17 представлены результаты исследования влияния ПКД на газообразующую и газодерживающую способность ржано-пшеничной муки, полученной смешиванием ржаной обдирной муки и пшеничной муки первого сорта в соотношении 60:40. В связи с тем, что тесто для ржано-пшеничных сортов хлеба готовится с использованием заквасок, при приготовлении образцов для исследования в тесто вносили концентрированную молочнокислую закваску (КМКЗ) влажностью 70 % из расчета 10 % ржаной обдирной муки из КМКЗ в тесто по отношению к общей массе муки.

Рисунок 4.17 показывает, что графики высвобождения газа для ржано-пшеничной муки при внесении ПКД значительно не отличаются друг от друга в связи

с высоким содержанием в ржаной муке пентозанов и отсутствием клейковины, что обуславливает высокую вязкость и низкую газодерживающую способность теста.

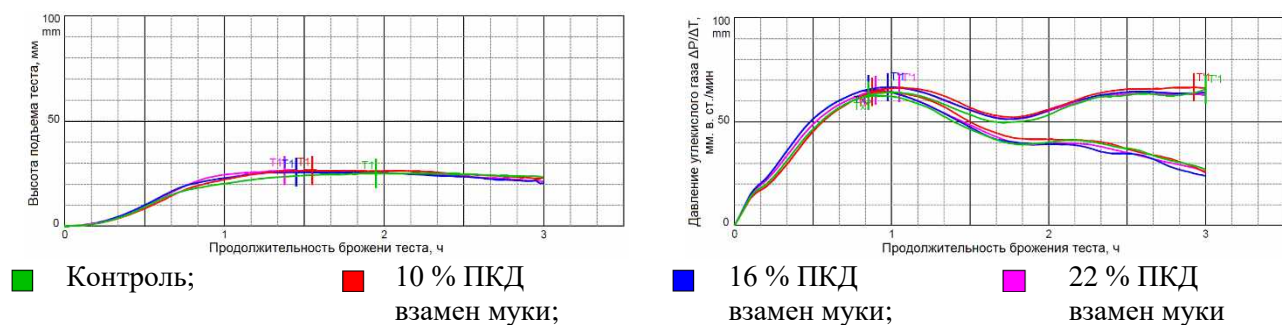


Рисунок 4.17 – Влияние ПКД на подъем теста, газообразующую и газодерживающую способности тестовых полуфабрикатов из ржано-пшеничной муки

В таблице 4.6 представлен анализ результатов анализа рисунка 4.17.

Таблица 4.6 – Влияние ПКД на показатели газообразующей и газодерживающей способности тестовых полуфабрикатов из ржано-пшеничной муки

Показатель	Контроль	Концентрация пищевой комплексной добавки взамен муки, %		
		10	16	22
Подъем теста				
Максимальная высота подъема теста (H _m), мм	25,1	26,6	25,7	26,5
Высота подъема теста в конце исследования (h), мм	23,3	23,1	20,5	21,2
(H _m -h)/H _m , %	7,3	13,2	20,1	19,9
Продолжительность брожения до достижения максимальной высоты подъема (T ₁), ч:мин:сек	01:57:00	01:33:00	01:27:00	01:22:30
Высвобождение газа				
Максимальная высота подъема теста, соответствующая максимальному объему (H'm), мм	65,6	66,6	66,7	66,3
Продолжительность брожения до достижения максимального объема T'1, ч:мин:сек	03:00:00	02:55:30	00:58:30	01:03:00
Время, при котором тесто начинает терять углекислый газ (T _x), ч:мин:сек	00:51:00	00:52:30	00:51:00	00:54:00
Общий объем CO ₂ , мл	1488	1535	1547	1525
Объем потеряннного CO ₂ , мл	312	331	359	336
Удержанный объем CO ₂ , мл	1176	1203	1188	1189
Коэффициент удержания, %	79,0	78,4	76,8	78,0

Данные таблицы 4.6 показывают, что внесение ПКД не оказывало существенного влияния на максимальную высоту подъема теста, однако данный показатель у опытных образцов был выше на 0,6-1,5 мм по сравнению с контролем. Продолжительность брожения, необходимая для достижения максимальной высоты подъема, при увеличении концентрации ПКД снижалась в среднем на 25,2 % по сравнению с контролем. Описанные результаты согласуются с данными, полученными для пшеничной муки высшего сорта.

Внесение ПКД позволило увеличить максимальную высоту подъема теста, соответствующую максимальному объему в среднем на 1,4 % по сравнению с контролем. Кроме того, наблюдалось снижение продолжительности брожения, необходимой для достижения максимального объема, в среднем на 39,4 % по сравнению с контролем. Следует отметить, что среди опытных образцов максимальную высоту подъема, соответствующего максимальному подъему теста, и минимальное время брожения до достижения максимального объема показал образец с концентрацией ПКД 16 % взамен муки (таблица 4.6).

Внесение в ржано-пшеничную муку ПКД в концентрациях 10 % и 22 % взамен муки приводило к незначительному увеличению на 2,9 % и 5,9 %, соответственно, времени, при котором тесто начинало терять углекислый газ. Указанный показатель при концентрации ПКД 16 % взамен муки был равен контрольному.

Данные таблицы 4.6 показывают, что при увеличении концентрации ПКД наблюдалось увеличение общего объема углекислого газа в среднем на 3,2 % по сравнению с контролем. Объем потерянного и удержанного углекислого газа также возрастал по сравнению с контролем в среднем на 9,6 % и 1,5 %, соответственно. В связи с тем, что количество потерянного углекислого газа превышало количество удержанного диоксида углерода, коэффициент удержания при увеличении количества ПКД снижался на 0,8-2,8 %.

Таким образом, оптимальной концентрацией ПКД по результатам исследования газообразующей и газодерживающей способностей ржано-пшеничной муки установлена концентрация 10 % взамен муки, для которой установлена максимальная высота подъема теста. Концентрация добавки 16 %

также показала наилучшие значения для максимальной высоты подъема теста, соответствующей максимальному объему, и продолжительности брожения, необходимой для достижения максимального объема.

4.4 Исследование влияния пищевой комплексной добавки на биотехнологические показатели хлебопекарных прессованных дрожжей и концентрированной молочнокислой закваски

Результаты исследования газообразующей способности муки показали, что ПКД способствует увеличению данного показателя. Вероятно, это связано с положительным влиянием ПКД на хлебопекарные дрожжи. Кроме того, предварительные эксперименты по определению влияния компонентов ПКД при их индивидуальном дозировании на бродильную активность дрожжей показали, что исследуемые концентрации пророщенной спельты, муки пшеничной обойной, порошков семян тыквы и вешенки способствуют увеличению подъемной силы прессованных дрожжей. Поэтому важным с точки зрения разработки технологии хлебобулочных изделий с ПКД выступает исследование добавки на бродильную активность дрожжей. На первом этапе исследовали влияние ПКД на подъемную силу дрожжей в условиях предварительной активации.

Предварительную активацию дрожжей проводили следующим образом. Готовили питательную среду влажностью 70 % путем смешивания пищевой комплексной добавки и водопроводной воды температурой 32 °С. В готовую питательную среду вносили прессованные дрожжи и выдерживали при температуре 32 °С в течение 20 мин., 30 мин. и 40 мин. В качестве контрольных значений использовали результаты измерения подъемной силы дрожжей без выдерживания дрожжей в питательной смеси и без внесения пищевой комплексной добавки. Результаты представлены в таблице 4.7 и на рисунке 4.18.

Результаты исследования подтверждают положительное влияние ПКД на подъемную силу прессованных дрожжей. Все опытные образцы характеризовались повышенными значениями подъемной силы по сравнению с контролем (таблица 4.7).

Таблица 4.7 – Влияние ПКД на подъемную силу прессованных хлебопекарных дрожжей в условиях предварительной активации

Продолжительность активации, мин	Контроль	Концентрация ПКД, г/2 г дрожжей		
		10	16	22
0	49,45±3,61	40,57±1,43	39,13±0,42	33,64±0,52
20	-	33,11±1,39	20,79±1,09	32,69±1,47
30	-	29,37±1,48	24,43±1,65	25,83±0,61
40	-	28,74±0,82	32,31±0,49	24,82±1,47

Полученные результаты свидетельствуют о том, что ПКД содержит компоненты, которые легко усваиваются дрожжами. Максимальный показатель подъемной силы наблюдался при выдержке дрожжей в питательной среде в течение 20 минут и концентрации ПКД 16 г/2 г дрожжей (таблица 4.7, рисунок 4.18). При этом подъемная сила дрожжей возросла на 58,0 % по сравнению с данной концентрацией без активации. Дальнейшее увеличение времени выдержки вело к снижению подъемной силы. Вероятно, это обусловлено многокомпонентным составом пищевой комплексной добавки, которая содержит не только сахара, содержащиеся в муке (например, глюкозу), а также другие моно- и дисахариды. В результате предварительной активации ферментный комплекс дрожжевых клеток приспособивался к составу питательной среды. В первую очередь увеличивалась активность ферментов, субстратом для которых выступали основные компоненты питательной среды. Затем, когда основные источники энергии для дрожжей закончились, интенсифицировалась активность ферментов, отвечающих за усвоение других компонентов питательной среды. Сходные данные, демонстрирующие избирательность в усвоении углеводов дрожжами, приведены в исследовании [413].

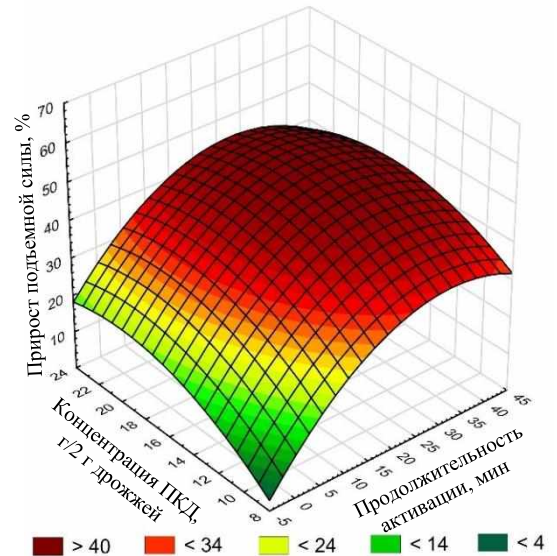


Рисунок 4.18 – Влияние ПКД на прирост подъемной силы прессованных хлебопекарных дрожжей в условиях предварительной активации

Показатель подъемной силы – это обобщенный показатель. В хлебопекарном производстве используются более специфичные показатели, характеризующие способность дрожжей усваивать конкретные сахара. Например, ферментативная активность [403, 285]. В связи с этим проведено исследования влияние ПКД на данный показатель при оптимальных условиях предварительной активации (концентрация ПКД 16 г/2 г дрожжей, время активации – 20 минут). В качестве контрольных значений использовали результаты измерения ферментативной активности дрожжей без выдерживания дрожжей в питательной смеси и без внесения пищевой комплексной добавки (Контроль 1), а также без выдерживания дрожжей в питательной смеси, но с внесением пищевой комплексной добавки (Контроль 2).

Результаты, представленные на рисунке 4.19, демонстрируют положительное влияние предварительной активации хлебопекарных прессованных дрожжей на зимазную и мальтазную активности. Зимазная активность образца дрожжей с ПКД и без активации («Контроль 2») на 57,3 % выше по сравнению с образцом дрожжей без добавки и без предварительной активации («Контроль 1»).



Рисунок 4.19 – Влияние ПКД на ферментативную активность прессованных хлебопекарных дрожжей

Данные рисунка 4.19 демонстрируют, что зимазная активность дрожжей, прошедших предварительную активацию, на 73,4 % и 37,7 % выше по сравнению с «Контролем 1» и «Контролем 2», соответственно. Сопоставимые данные получены относительно мальтазной активности. Так, мальтазная активность «Контроля 2» на 78,4 % выше по сравнению с «Контролем 1». Мальтазная активность предварительно активированных прессованных дрожжей на 81,3 % и 13,4 % выше по сравнению с «Контролем 1» и «Контролем 2», соответственно.

Полученные данные подтверждают данные о положительном влиянии предварительной активации прессованных дрожжей на их биотехнологические показатели, полученные в исследованиях авторов [403, 285].

Положительное влияние ПКД на подъемную силу дрожжей обусловлено химическим составом добавки. Ранее было установлено, что ПКД содержит в своем составе сахарозу. Присутствие сахарозы в питательной среде при активации прессованных дрожжей позволяет им перестроить свой ферментативный комплекс на более быстрое усвоение сахарозы, входящей в состав пшеничной муки. Кроме того, установлено, что ПКД обладает высокой антиоксидантной активностью (раздел 3.6) и способна оказывать защитное воздействие от окислительного стресса во время предварительной активации.

Таким образом, установлены оптимальные параметры предварительной активации прессованных дрожжей с использованием ПКД: оптимальное время активации составляет 20 мин при концентрации добавки 16 г/2 г дрожжей.

Практическая значимость исследования заключается в оптимизации процесса предварительной активации прессованных хлебопекарных дрожжей с использованием ПКД. По результатам исследований получен патент на способ активации прессованных хлебопекарных дрожжей для производства хлебобулочных изделий: RU № 2762430 (Приложение 7).

Технология производства хлебобулочных изделий из ржаной и смеси ржаной и пшеничной муки предполагает использование заквасок, содержащих в качестве активной микрофлоры наряду с дрожжами молочнокислых бактерий, которые обеспечивают быстрое кислотонакопление в полуфабрикатах и характерные вкусоароматические характеристики готовых изделий.

Качество ржаной закваски зависит от состава и жизнеспособности микрофлоры и содержания необходимых питательных веществ в среде культивирования. В условиях производства возобновление заквасок осуществляют путем внесения в зрелую закваску предыдущего приготовления новой порции питательной среды.

Для дальнейших исследований использовали концентрированную молочнокислую закваску (КМКЗ). Основное преимущество данной закваски

заключается в том, что в нерабочее время она не требует принудительного охлаждения или других приемов консервации благодаря высоко кислотности [204].

Исследовали влияние ПКД на биотехнологические показатели КМКЗ, для чего в зрелую закваску предыдущего приготовления вносили питательную среду, состоящую из муки ржаной обдирной, воды и ПКД в концентрациях 0 % (контроль), 10 %, 16 % и 22 % взамен муки в готовой закваске. Влажность готовой закваски составляла 70 %. Созревание КМКЗ проходило при 40 °С в термостате. В процессе созревания определяли титруемую кислотность, содержание молочной кислоты и количества молочнокислых бактерий. Результаты представлен на рисунках 4.19-4.21.

Установлено, что применение ПКД при освежении КМКЗ приводит к интенсификации процесса кислотонакопления молочнокислыми бактериями. По сравнению с контрольным образцом наиболее интенсивно кислотность повышалась при концентрации ПКД 10 % взамен муки (рисунки 4.20, 4.21).

Кроме того, для опытных образцов в процессе созревания происходит увеличение прироста содержания кислот в пересчете на молочную кислоту по сравнению с контролем (рисунок 4.21).

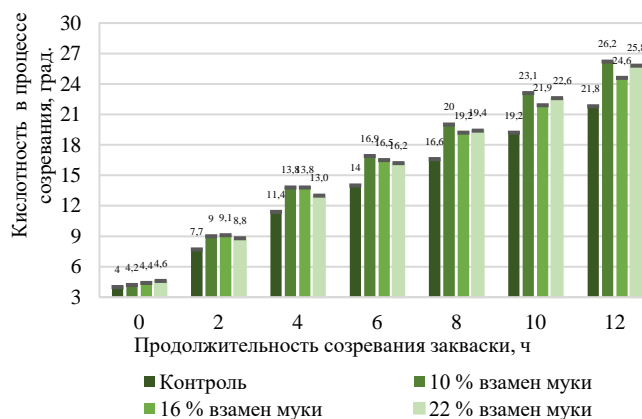


Рисунок 4.20 – Влияние ПКД на кислотность КМКЗ в процессе созревания

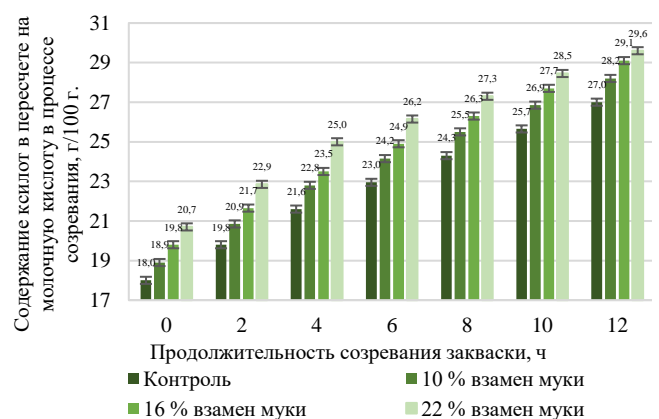


Рисунок 4.21 – Влияние ПКД на содержание молочной кислоты в КМКЗ в процессе созревания

Количество молочнокислых бактерий определяли посевом разведений заквасок на плотную питательную среду MRS. Результаты показаны на рисунке 4.21.

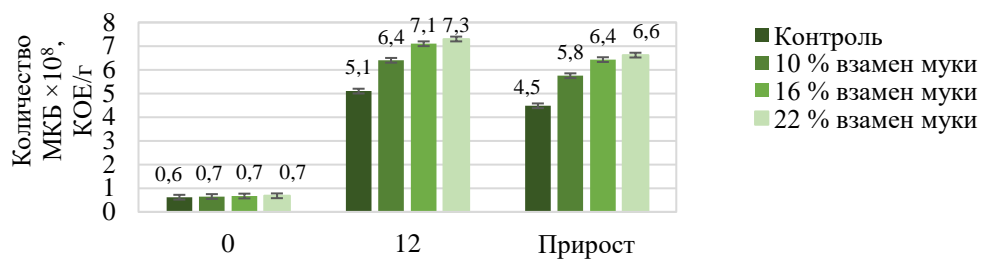


Рисунок 4.22 – Влияние ПКД на количество молочнокислых бактерий в КМКЗ в процессе созревания

Данные рисунка 4.22 демонстрируют, что при внесении ПКД в питательную среду для освежения КМКЗ увеличивается прирост молочнокислых бактерий через 12 часов созревания по сравнению с контролем от 28,3 % до 47,8 %. Полученные данные обусловлены высоким содержанием в ПКД минеральных веществ (таблица 3.21). Известно, что факторы питания для молочнокислых бактерий – медь, железо, натрий, калий, магний, марганец. При этом марганец защищает клетки от автолиза и участвует в метаболизме липидов [15].

Таким образом, установлено положительное влияние ПКД на биотехнологические показатели хлебопекарных прессованных дрожжей в условиях предварительной активации: увеличение подъемной силы, зимазной и мальтазной активности по сравнению с исходными дрожжами, а также концентрированной молочнокислой закваски: интенсификация кислотонакопления, содержания кислот в пересчете на молочную кислоту, увеличение количества жизнеспособных клеток молочнокислых бактерий через 12 часов созревания. Полученные результаты следует использовать при разработке технологии хлебобулочных изделий.

ГЛАВА 5 РАЗРАБОТКА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

5.1 Разработка хлебобулочных изделий из муки пшеничной высшего сорта с пищевой комплексной добавкой

Результаты, полученные при исследовании влияния ПКД на бродильную активность прессованных дрожжей в условиях предварительной активации, использовали для разработки хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта. В качестве модельной рецептуру хлеба из пшеничной муки использовали рецептуру хлеба белого из пшеничной муки высшего сорта, который готовили согласно «Сборника технологических инструкций для производства хлебобулочных изделий» [204]. Процесс приготовления хлеба проводили безопарным и опарным способами тестоведения. Рецептура и технологический режим производства представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Рецептура и технологический режим производства хлеба из пшеничной муки высшего сорта (контроль)

Наименование сырья и полуфабрикатов, технологические параметры и режимы тестоприготовления	Расход сырья и параметры процесса приготовления		
	Безопарный способ тестоведения	Опарный способ тестоведения	
		тесто	густая опара
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, кг	100,0	55,0	45,0
Дрожжи хлебопекарные прессованные / дрожжевая суспензия (1:2), кг	2 / 6	2 / 6	-
Вода, кг	по расчету	по расчету	по расчету
Густая опара, кг	-	-	вся
Солевой раствор, кг (25 %)	5,2	-	5,2
Сахарный раствор, кг (50 %)	2,0	-	2,0
Влажность, %	44±1,0	50±1,0	44±1,0
Температура начальная, °С	29-30	27-28	29-30
Продолжительность брожения, мин	180	270	90
Кислотность конечная, град	3,0-3,5	3,5-4,0	3,0-3,5
Масса тестовой заготовки, кг	0,45	-	0,45
Продолжительность расстойки, мин	50-55	-	50-55
Температура расстойки, °С	35-40	-	35-40
Продолжительность выпечки, мин	25-35	-	25-35
Температура выпечки, °С	200-220	-	200-220
Выход готовой продукции при влажности муки 14,5 %, %	131,6	-	128,7

Опытные образцы теста (безопарный способ) и густой опары (опарный способ) замешивали с использованием прессованных дрожжей, предварительно активированных в питательной среде. Для активации прессованных дрожжей готовили питательную среду влажностью 70 % следующего состава: вода и ПКД в концентрациях: 10 г/2 г дрожжей; 16 г/2 г дрожжей и 22 г/2 г дрожжей, что соответствует следующим концентрациям ПКД взамен муки в тесте: 10 %, 16 % и 22 %. При опарном способе тестоведения тесто готовили с использованием густой опары влажностью 50 %, которую замешивали из 55 % муки, требуемой на замес теста, а также вносили предварительно активированные дрожжи и воду. ПКД вносили только один раз при активации дрожжей.

Изменение кислотности тестовых полуфабрикатов в процессе брожения представлено на рисунках 5.1 и 5.2.

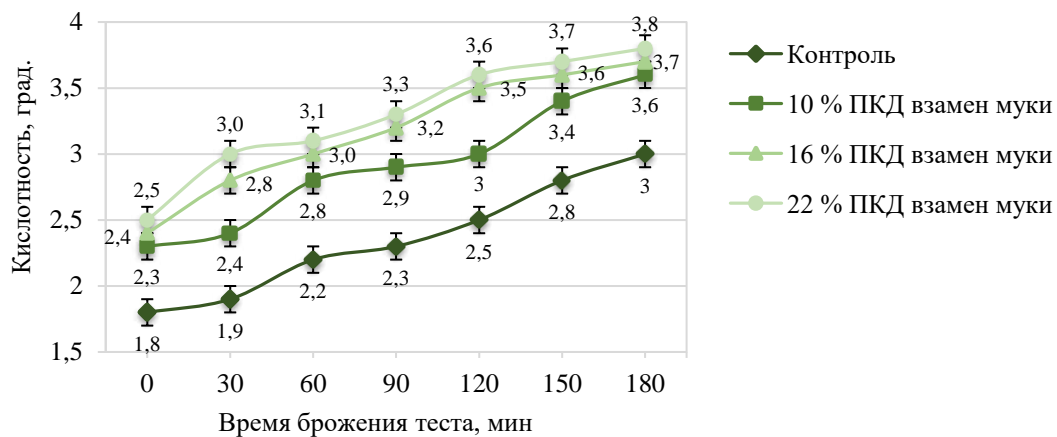


Рисунок 5.1 – Изменение титруемой кислотности тестовых полуфабрикатов из пшеничной муки высшего сорта в процессе брожения при безопарном способе тестоведения

Результаты, представленные на рисунке 5.1, демонстрируют, что при увеличении в рецептуре содержания ПКД наблюдалось более быстрое накопление кислотности тестовых полуфабрикатов с ПКД по отношению к контролю. В связи с тем, что в состав ПКД входит пророщенная спельта, имеющая повышенную активность амилолитических ферментов, которые могут привести к получению хлеба с липким, заминающимся мякишем, нецелесообразно проводить брожение тестовых

полуфабрикатов с ПКД до кислотности 3,0 град., которая требуется для контроля. Конечную кислотность тестовых полуфабрикатов следует повысить на 0,5 град. для снижения активности амилолитических ферментов. Таким образом, при безопасном способе тестоведения опытный образец теста с концентрацией ПКД 10 % взамен муки достиг кислотности 3,5 град. за 175 минут, 16 % взамен муки – за 120 минут, 22 % взамен муки – за 110 минут брожения. При этом контрольный образец достиг требуемой для него кислотности 3,0 град. за 180 мин.

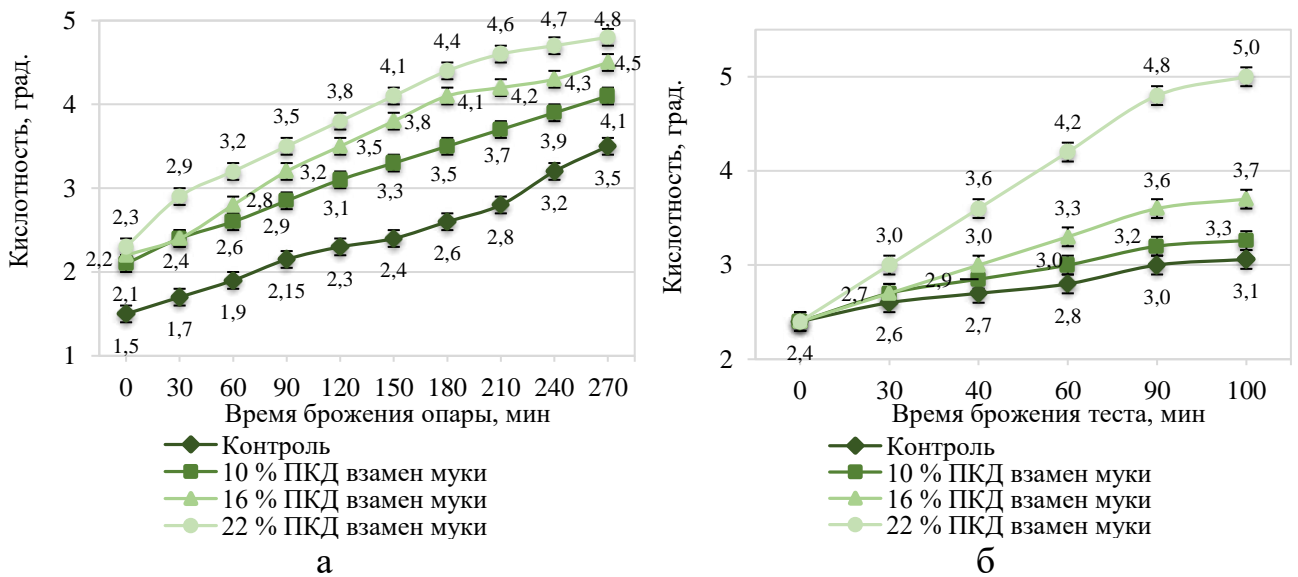


Рисунок 5.2 – Титруемая кислотность тестовых полуфабрикатов из пшеничной муки высшего сорта в процессе брожения при опарном способе тестоведения (а – густая опара, б – тесто)

Для понижения активности амилолитических ферментов при производстве хлеба с ПКД опарным способом следует повысить кислотность густой опары на 0,5 град. до конечной кислотности 4,0 град., кислотность теста – на 0,5 град. до конечной кислотности 3,5 град. Так, согласно данных рисунка 5.2 время брожения густой опары опытных образцов до кислотности 4,0 град. при концентрации ПКД 10 % составило 255 мин, 16 % – 170 мин, 22 % – 140 мин. Контрольный образец опары достиг требуемой для него кислотности 3,5 град. за 270 мин. Продолжительность брожения опытных образцов теста до кислотности 3,5 град. при концентрации

ПКД 10 % составило 100 мин, 16 % – 80 мин, 22 % – 37 мин. Контрольный образец теста достиг требуемой для него кислотности 3,0 град. за 90 мин.

Таким образом, использование предварительно активированных дрожжей в питательной среде с ПКД при опарном способе тестоведения способствовало сокращению времени созревания тестовых полуфабрикатов даже при увеличении конечной кислотности опытных полуфабрикатов. Так, время брожения опары сокращалось в среднем на 82 минуты, теста – на 18 минут по сравнению с контролем. При этом общее время созревания тестовых полуфабрикатов сократилось при концентрации ПКД 10 % взамен муки на 5 минут, 16 % – на 110 минут, 22 % – на 183 минуты.

Полученные результаты можно объяснить повышением бродительной и ферментативной активности предварительно активированных дрожжей, что способствует интенсификации процесса брожения тестовых полуфабрикатов и сокращению его продолжительности.

Кроме того, уменьшение времени брожения тестовых полуфабрикатов способствовало снижению затрат сухих веществ муки на брожение (рисунок 5.3).

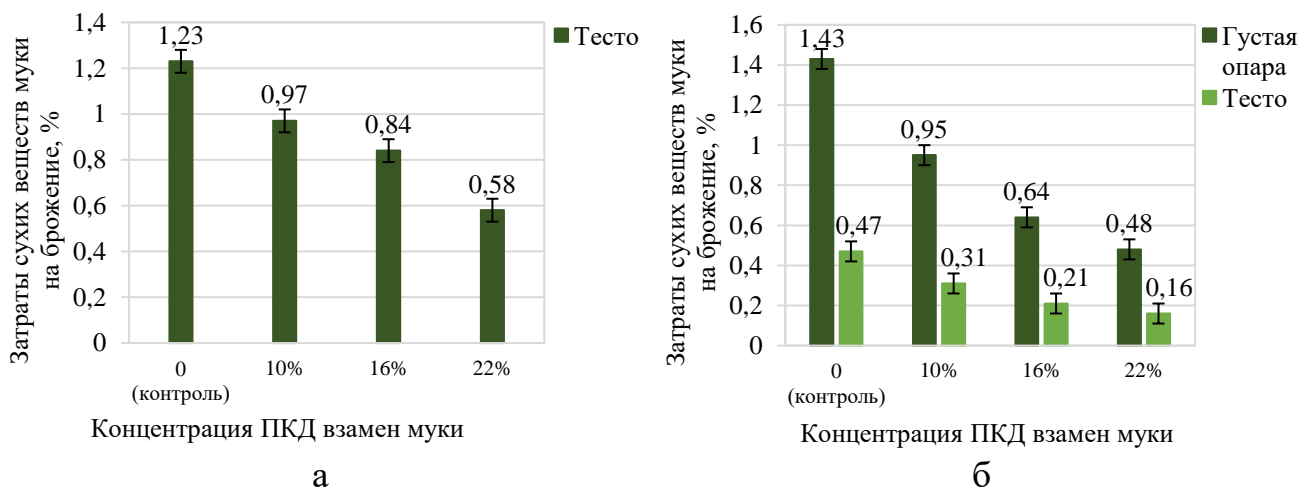


Рисунок 5.3 – Затраты сухих веществ муки на брожение тестовых полуфабрикатов (а – безопарный, б – опарный способы тестоведения)

Из рисунка 5.3 следует, что при концентрации ПКД 10 % взамен муки затраты сухих веществ на брожение теста при безопарном способе тестоведения по

сравнению с контролем снизились на 0,26 %, при концентрации 16 % – на 0,39 %, при концентрации 22 % – на 0,65 %. При опарном способе тестоведения указанные затраты по сравнению с контролем снизились в среднем на 0,74 % и 0,24 % на брожение опары и теста, соответственно.

После достижения нормируемой кислотности тесто делили на куски, укладывали в формы и направляли на расстойку. На рисунке 5.4 представлено влияние ПКД на продолжительность расстойки тестовых заготовок.

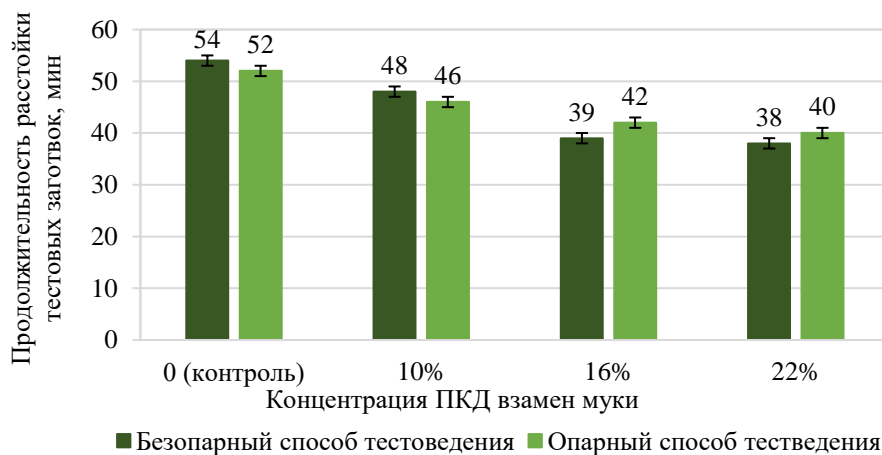


Рисунок 5.4 – Влияние ПКД на время расстойки тестовых заготовок

Данные рисунка 5.4 показывают, что ПКД способствует сокращению продолжительности расстойки тестовых заготовок при безопасном способе тестоведения в среднем на 22,8 % и при опарном – на 17,9 % по сравнению с контролем. Вероятно, это также обусловлено повышением бродительной активности дрожжей за счет питательных веществ ПКД.

После окончания расстойки тестовые заготовки направляли на выпечку. В таблице 5.2 приведены физико-химические показатели готовых изделий.

Из таблицы 5.2 видно, что опытные образцы по сравнению с контролем имели более низкую влажность мякиша, которая в среднем была ниже на 1,3 % для изделий, выработанных безопасным способом, и 1,4 % – опарным способом. Снижение влажности мякиша опытных образцов хлеба можно объяснить наличием в составе исследуемой добавки активных амилолитических ферментов, которые способствуют частичному разрушению крахмальных гранул, в результате чего они

неспособны связывать всю воду в тестовых полуфабрикатах и часть воды испарилась во время выпечки.

Таблица 5.2 – Физико-химические показатели хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта

Показатели	Контроль	Концентрация пищевой комплексной добавки взамен муки, %		
		10	16	22
Безопарный способ тестоведения				
Влажность мякиша, %	43,7±0,1	43,3±0,5	43,1±0,1	43,0±0,5
Пористость мякиша, %	81,5±0,3	83,4±1,0	85,0±0,5	82,8±0,9
Удельный объем, см ³ /г	3,12±0,21	3,29±0,43	3,83±0,32	3,53±0,27
Кислотность, град	1,6±0,1	2,3±0,1	2,7±0,1	3,1±0,1
Усушка за 3 часа, %	3,94±0,34	3,25±0,52	2,81±0,45	3,23±0,41
Опарный способ тестоведения				
Влажность мякиша, %	41,4±0,1	41,3±0,4	40,8±0,1	40,3±0,5
Пористость мякиша, %	78,6±0,6	79,2±1,0	80,1±0,5	79,5±1,0
Удельный объем, см ³ /г	3,38±0,32	3,47±0,19	3,54±0,23	3,49±0,27
Кислотность, град	1,5±0,1	2,2±0,1	2,6±0,1	3,1±0,1
Усушка за 3 часа, %	3,04±0,43	2,85±0,29	2,03±0,42	2,41±0,31

Данные таблицы 5.2 демонстрируют, что при безопарном способе тестоведения пористость мякиша готовых изделий при внесении ПКД в концентрации взамен муки 10 % увеличилась на 1,9 %; 16 % – на 3,5 %; 22 % – на 1,3 % по отношению к контролю. Сопоставимые данные получены для изделий, выработанных опарным способом: пористость увеличилась на 0,6 %, 1,5 % и 0,9 % по сравнению с контролем, соответственно, при концентрациях ПКД 10 %, 16 % и 22 % взамен муки. Увеличение пористости происходит в результате повышения активности дрожжей при предварительной активации и увеличении сахарообразующей способности муки под действием амилолитических ферментов пророщенной спельты, входящей в состав ПКД.

Показатель кислотности опытных образцов хлеба по сравнению с контролем возрастал на 0,7-1,5 град. для изделий, выработанных безопарным способом, и 0,7-1,6 град. – опарным способом. Повышенная кислотность опытных образцов хлеба обусловлена более высокой кислотностью компонентов ПКД по сравнению с

пшеничной мукой высшего сорта (ПС – 7,0 град., МПО – 4,2 град., ПСТ – 9,0 град., ПВ – 7,5 град., ПК – 12,0 град.).

Известно, что по величине показателя усушки можно косвенно судить о степени черствения мякиша хлеба. При черствении происходят процессы ретроградации крахмала, что ведет к повышению плотности мякиша и образованию свободной воды, которая мигрирует из мякиша к корке и испаряется, повышая показатель усушки [408]. Показатель усушки опытных образцов хлеба с снижался по отношению к контролю в среднем на 0,84 % при безопарном способе тестоведения и на 0,61 % – при опарном. Таким образом, в указанных опытных образцах скорость черствения замедлилась, что способствовало в дальнейшем более длительному сохранению свежести хлеба.

Для определения оптимального количества внесения ПКД вместе с предварительно активированными дрожжами была проведена сравнительная органолептическая оценка контрольного и опытных образцов хлеба. Каждый показатель оценивали по 10-бальной шкале. Средний балл рассчитывали с учетом коэффициента весомости. На рисунке 5.5 представлена профилограмма органолептических показателей качества хлеба из пшеничной муки высшего сорта.

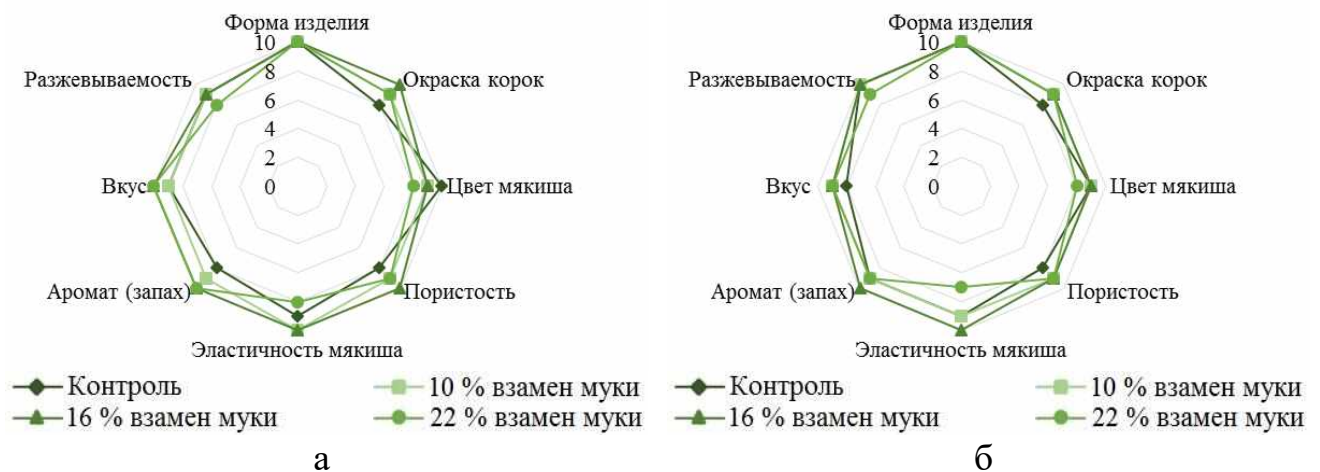


Рисунок 5.5 – Профилограмма органолептических показателей хлеба из пшеничной муки высшего сорта (а – безопарный, б – опарный способы тестоведения)

Наибольший оценочный балл получили опытные образцы готовых изделий, приготовленные с использованием предварительно активированных дрожжей с концентрацией ПКД 16 % взамен муки, что подтверждает достоверность расчетов по оптимизации состава ПКД, приведенных в главе 3. Понижение оценочного балла опытного образца с концентрацией добавки 22 % взамен муки связано с тем, что хлеб имел более темноокрашенную корку, заминающийся, липкий мякиш темного цвета и толстостенную пористость, что связано с наличием в добавке амилолитических ферментов.

На рисунке 5.6 показано влияние предварительной активации прессованных дрожжей на структуру пористости хлеба из муки пшеничной высшего сорта при внесении оптимальной концентрации ПКД 16 % взамен муки.

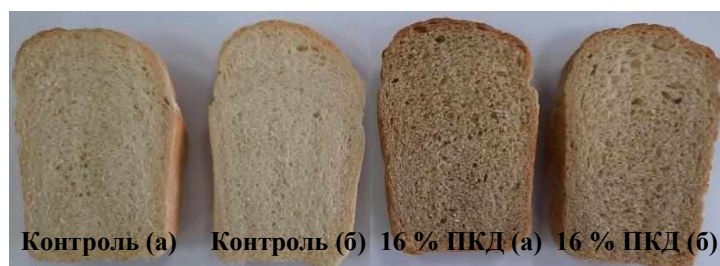


Рисунок 5.6 – Влияние предварительной активации прессованных дрожжей в питательной среде с ПКД на структуру пористости хлеба из муки пшеничной высшего сорта (а – безопарный, б – опарный способы тестоведения)

Анализ рисунка 5.6 показывает, что опытные образцы хлеба из муки пшеничной высшего сорта, приготовленные с использованием предварительно активированных прессованных дрожжей имели привлекательный внешний вид и соответствовали требованиям ГОСТ 26987-86. Опытные образцы хлеба с оптимальной концентрацией ПКД по сравнению с контролем отличались повышенным объемом, более крупными и тонкостенными порами, что связано с увеличением газообразования в тестовых заготовках при расстойке и в первый период выпечки в результате повышения бродильной активности дрожжей и гидролитического действия амилолитических ферментов, содержащихся в ПКД, на крахмал муки с образованием мальтозы и простых

сахаров, потребляемых дрожжами с выделением диоксида углерода. Кроме того, опытные образцы хлеба по сравнению с контролем имели более интенсивно окрашенную корку, сладкий, насыщенный вкус и аромат свежесдобитого хлеба. Полученные результаты объясняются действием амилолитических ферментов пророщенной спельты, расщепляющих крахмал муки с образованием декстринов, мальтозы и восстанавливающих сахаров, которые участвуют в формировании сладкого вкуса готовых изделий. Восстанавливающие сахара вместе со свободными аминокислотами затем участвуют в протекающей при выпечке реакции Майяра.

В связи с тем, что органолептический анализ выявил влияние ПКД на цвет готовых изделий, проводили изучение цветовых характеристик хлеба с использованием колориметра CS-10. Результаты исследования представлены в таблице 5.3. Влияние ПКД на индексы цветности показаны на рисунке 5.7. Сравнение цветовых характеристик с контролем приведено на рисунке 5.8.

Таблица 5.3 – Цветовые характеристики готовых изделий при безопасном способе тестоведения

Концентрация ПКД взамен муки, %	Часть изделия	L*	a*	b*	C*	h*
0 (контроль)	Верхняя корка	65,1±0,99	5,53±0,34	30,68±0,58	31,19±0,61	79,86±0,51
	Боковая корка	63,46±0,78	3,63±0,36	27,04±0,6	27,3±0,64	82,49±0,58
	Мякиш	67±0,53	-3,97±0,05	11,91±0,15	12,55±0,13	108,49±0,37
10	Верхняя корка	55,96±0,52	12,87±0,16	33,19±0,27	35,61±0,27	68,8±0,27
	Боковая корка	62,1±0,8	8,74±0,54	31,57±0,59	32,79±0,69	74,65±0,74
	Мякиш	61,84±0,57	-3,59±0,08	12,61±0,17	13,12±0,15	105,95±0,5
16	Верхняя корка	54,06±0,41	12,81±0,18	30,95±0,16	33,5±0,14	67,38±0,33
	Боковая корка	56,06±0,52	7,48±0,56	28,28±0,7	29,29±0,89	75,36±0,88
	Мякиш	62,72±1,17	-2,73±0,09	14,14±0,17	14,41±0,15	100,96±0,45
22	Верхняя корка	52,98±0,71	12,28±0,16	29,43±0,25	31,9±0,22	67,34±0,36
	Боковая корка	53,43±0,88	8,55±0,52	28,07±0,53	29,38±0,61	73,18±0,88
	Мякиш	62,77±0,72	-1,73±0,13	15,68±0,21	15,78±0,2	96,37±0,53

Примечание: L* – показатель насыщенности цвета; a* – интенсивность красного оттенка; b* – интенсивность желтизны; C* – показатель цветности; h* – угол цветового тона.

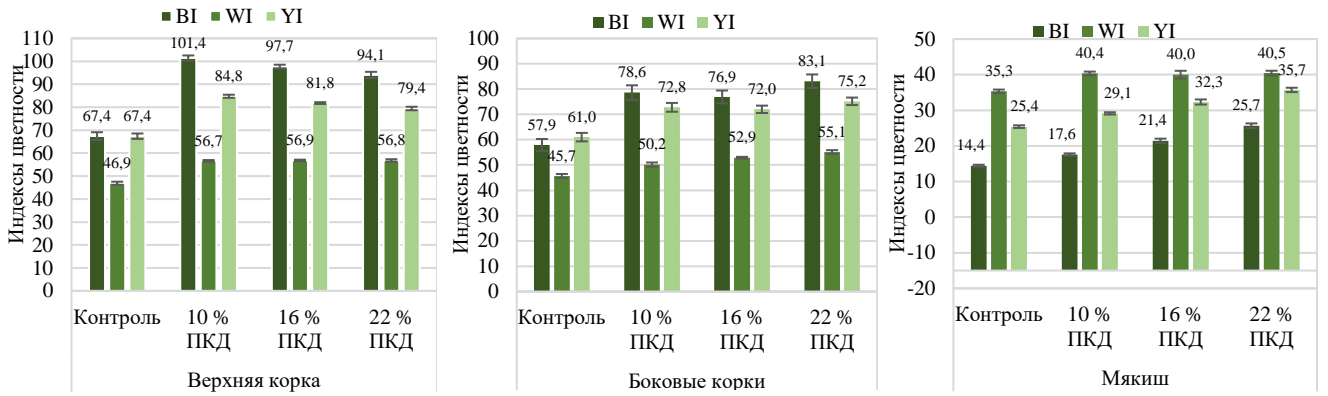


Рисунок 5.7 – Влияние ПКД на индексы побурения (BI), белизны (WI) и желтизны (YI) хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта

Данные таблицы 5.3 и рисунка 5.7 показывают, что при увеличении концентрации ПКД происходит увеличение показателей цветности: индексов побурения, белизны и желтизны. Полученные результаты говорят об увеличении цветности.

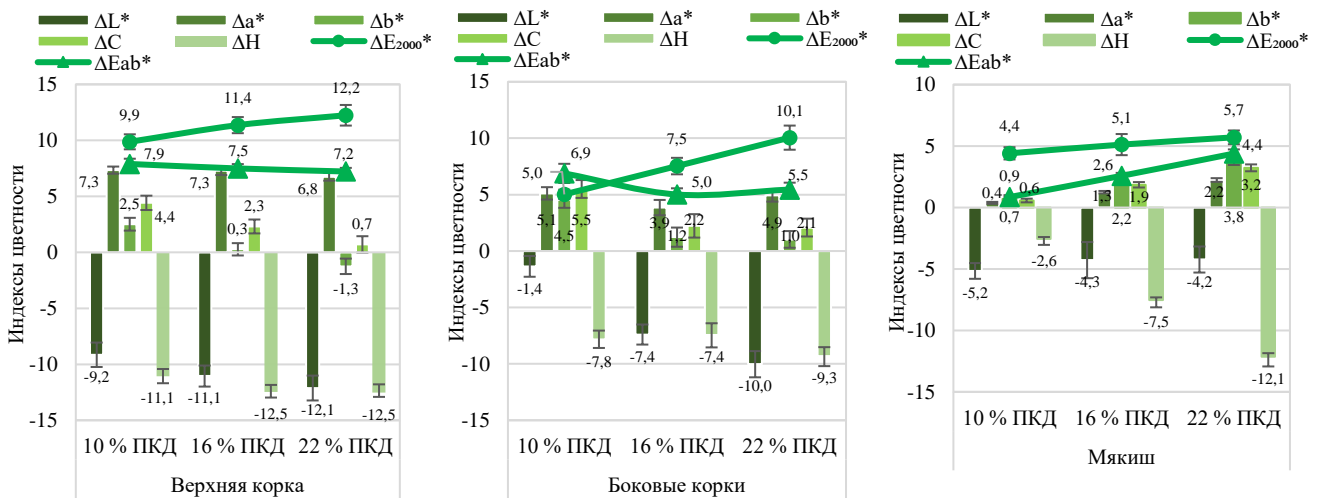


Рисунок 5.8 – Сравнение цветовых характеристик опытных образцов хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта с контролем

Внесение ПКД приводило к снижению показателя насыщенности цвета (L*), который характеризует процент отражения света. Чем ниже данный показатель, тем темнее цвет. При этом данный показатель для мякиша среди опытных образцов изменялся незначительно в пределах погрешности измерения. Показатель ΔL* (рисунок 5.8) определяет разницу светлоты/темноты между опытными образцами

и контролем. Для опытных образцов данный показатель имел отрицательное значение, что говорит о более темном цвете изделий по сравнению с контролем. Следует отметить, что для мякиша указанный показатель возрастал при увеличении концентрации ПКД.

Показатель интенсивности красного оттенка (a^*) для верхней корки при внесении ПКД по сравнению с контролем увеличивался на 128,8 %, для боковых корок – на 127,5 %, для мякиша – на 32,4 %, что указывает на потемнение опытных образцов, однако при увеличении концентрации ПКД от 10 % до 22 % взамен муки данный показатель практически не изменялся. Для мякиша интенсивность красного оттенка имела отрицательное значение, что говорит о нахождении цвета в зеленом регионе цветового пространства. Показатель Δa^* определяет разницу красного/зелёного между контролем и опытными образцами. Поскольку указанный показатель имеет положительное значение, то цветовая разница между контролем и опытными образцами более насыщена по красному оттенку. Данный показатель для верхней и боковой корок практически не изменялся в исследуемых концентрациях ПКД, однако для мякиша наблюдалось заметное уменьшение показателя.

Показатель желтизны (b^*) опытных и контрольных образцов имел положительное значение, что говорит о нахождении цвета в желтом регионе цветового пространства. Повышение концентрации ПКД приводило в основном к увеличению данного показателя по сравнению с контролем. Однако, при концентрации ПКД 22 % взамен муки показатель для верхней корки снижался на 4,1 % по сравнению с контролем. Показатель Δb^* определяет разницу жёлтого/синего оттенка между контролем и опытными образцами. Так как указанный показатель имеет положительное значение (рисунок 5.8), то воспринимаемая цветовая разница между контролем и опытными образцами более насыщена по желтому оттенку. Увеличение концентрации ПКД приводило к снижению показателя Δb^* для верхней и боковой корок и увеличению – для мякиша.

Показатель цветности (C^*) характеризует насыщенность цвета. Увеличение концентрации ПКД приводило к возрастанию данного показателя, при этом для верхней и боковой корок максимальное значение показателя цветности

наблюдалось при концентрации ПКД 10 % взамен муки, затем при увеличении концентрации добавки показатель цветности снижался. Указанный показатель для мякиша возрастал во всех исследуемых концентрациях ПКД. Показатель ΔC^* при увеличении концентрации ПКД снижался для верхней и боковой корок и возрастал для мякиша, что говорит о снижении насыщенности цвета верхней и боковой корок и увеличении насыщенности цвета мякиша по сравнению с контролем.

Угол цветового тона (h^*) при внесении ПКД снижался. При этом показатель Δh^* также снижался для верхней корки и мякиша и возрастал для боковой корки при концентрации ПКД 16 % взамен муки. Так как значение h примерно равно 67,34-108,49 означает желтый цвет и $\Delta h^* < 0$, то разница между контролем и опытными образцами смещена зелёную сторону, т.е. опытные образцы имеют более зелёный оттенок по сравнению с контролем.

Показатели разницы цвета (ΔE_{ab}^* , ΔE_{2000}^*) численно выражают различие между двумя цветами в колориметрии. Рисунок 5.8 показывает, что для хлеба из пшеничной муки высшего сорта при увеличении концентрации ПКД разность цвета верхней и боковой корок ΔE_{ab}^* снижается, а ΔE_{2000}^* возрастает. При этом для мякиша установлено возрастание показателей ΔE_{ab}^* и ΔE_{2000}^* .

Значения показателя ΔE_{ab}^* показывают, что разница в цвете между изделиями без добавок и с внесением ПКД с первого раза может быть определена по цвету верхней и боковой корок для всех исследуемых концентраций и цвету мякиша для концентраций ПКД 16 % и 22 %. При концентрации ПКД 10 % разница в цвете мякиша между изделиями без добавок и с ПКД можно заметить только при внимательном наблюдении.

В соответствии со значениями показателя ΔE_{2000}^* можно сделать вывод, что при сравнении цвета верхней и боковой корок изделий без добавок и с внесением ПКД наблюдатель заметит два разных цвета при всех исследуемых концентрациях ПКД, при сравнении цвета мякиша – при концентрациях ПКД 16 % и 22 %, при том, что наблюдатель заметит четкую разницу в цвете мякиша хлеба без добавок и с ПКД в концентрации 10 %.

В связи с тем, что ПКД способствует получению готовых изделий с более темным цветом корок и мякиша, целесообразно при разработке маркетинговой стратегии продвижения хлебобулочных изделий придерживаться ниши здорового питания. Традиционно хлеб темного цвета ассоциируется у потребителей с изделиями, которые имеют более «натуральный» состав, произведены из муки грубого помола, содержат зерновые добавки, а значит более полезны для здоровья.

В процессе хранения хлебобулочных изделий происходит их черствение, которое вызывает финансовые потери для хлебопекарной отрасли [372]. Черствение обусловлено сложным биохимическим и физико-химическим процессам, протекание которых зависит от многих факторов [408, 340].

Считается, что ретроградация крахмала (перекристаллизация) – фактор, определяющий негативные текстурные изменения в хлебе. Перекристаллизация крахмала включает в себя два процесса. Первый процесс – быстрое необратимое гелеобразование амилозы, которое происходит непосредственно после выпекания в течение нескольких часов. Молекулы амилозы имеют относительно низкую молекулярную массу и характеризуются самой высокой скоростью ретроградации [396, 372]. Из-за высокой температуры плавления кристаллов амилозы (выше 100 °С) этот процесс необратим при нормальных условиях [252]. Второй процесс – медленная ретроградация амилопектина, которая может протекать несколько недель и обуславливает последующее черствение хлеба во время хранения. Этот процесс термически обратимый [252, 346, 331].

Другие факторы включают взаимодействия крахмала и глютена, наличие и соотношения некрахмальных полисахаридов (пентозанов), миграцию и перераспределение влаги, а также температуру хранения. Несмотря на множество проводимых исследований, механизм черствения хлебобулочных изделий до конца не выяснен. Важная роль в этом процессе отводится взаимодействиям крахмал-глютен, что приводит к перекрестным связям между глютеном и желатинизированным крахмалом. Однако, черствение хлебобулочных изделий без глютена происходит быстрее, чем изделий, содержащих глютен [324]. В результате перекристаллизации

крахмала при хранении хлеба происходит уменьшение массы (усушка) и изменение физико-химических показателей качества: влажности и пористости. По характеру изменения данных показателей можно судить о степени ретроградации крахмала.

Известно, что для хлебопекарных предприятий актуально удлинение сроков сохранения потребительских свойств хлебобулочных изделий, для чего применяют амилолитические ферментные препараты [340]. Предыдущие исследования (рисунки 4.1, 4.14, 4.15, таблица 4.4) показали, что ПКД отличается высокой активностью амилолитических ферментов, поэтому актуально изучение влияния ПКД на сохранения свежести хлеба. Исследовали влияние ПКД на скорость черствения хлеба из пшеничной муки высшего сорта путем оценки изменения массы и физико-химических показателей качества хлеба в процессе хранения.

При проведении экспериментов контрольными служили образцы формового хлеба из пшеничной муки высшего сорта, опытными – образцы хлеба с внесением при замесе теста ПКД в концентрациях 10 %, 16 % и 22 % взамен муки. Процесс тестоведения вели безопарным способом до достижения тестовыми полуфабрикатами кислотности 3,0 град. Масса готового хлеба составляла 0,4 кг. Образцы хлеба хранили без упаковки при комнатных условиях, через каждые 24 часа определяли физико-химические показатели качества (влажность, пористость) и изменение массы образцов (усушка).

Пористость – важный показатель качества хлебобулочных изделий. В процессе хранения хлеба за счет ретроградации крахмала происходит уплотнение структуры мякиша, что ведет к увеличению крошковатости, снижению пористости, уменьшению объема хлеба и деформации корки. В результате ухудшаются потребительские свойства продукта [10, 83]. Исследовали влияние ПКД на показатель пористости в процессе хранения хлеба (рисунок 5.9).

Из рисунка 5.9 следует, что показатель пористости контрольных образцов хлеба в процессе хранения снижался, что свидетельствует об уплотнении белково-крахмальной матрицы. Следует отметить, что показатель пористости опытных образцов был выше по сравнению с контрольными образцами и в процессе хранения хлеба имел тенденцию к увеличению. Прирост показателя пористости за

72 часа хранения у опытных образцов в среднем был выше в 3 раза по сравнению с контрольными образцами. Наибольший прирост показателя пористости выявлен при концентрации ПКД 16 % взамен муки.

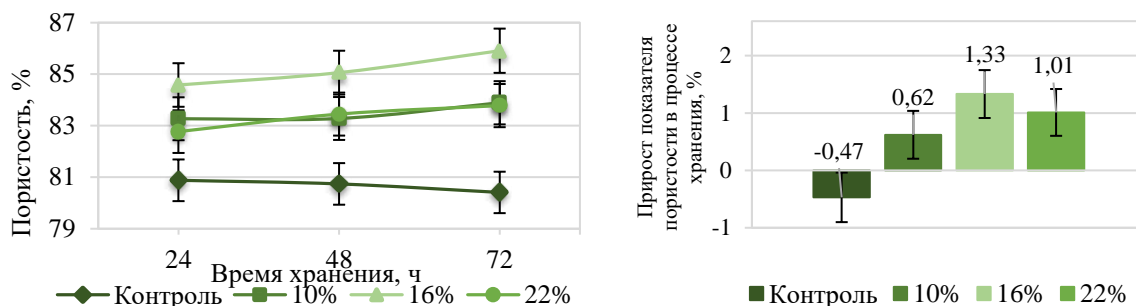


Рисунок 5.9 – Влияние ПКД на показатель пористости в процессе хранения хлеба из пшеничной муки высшего сорта

Показатель пористости образцов хлеба определяли по массе взятого для анализа объема мякиша (ГОСТ 5669). Анализируя данные рисунка 5.9, можно сделать вывод, что увеличение пористости опытных образцов происходило в результате снижения их массы из-за высыхания мякиша. Однако, дальнейшие испытания показали, что влажность опытных образцов в процессе хранения снижалась в меньшей степени по сравнению с контрольными, хотя при этом показатель пористости контрольных образцов в процессе хранения уменьшался (рисунок 5.11). Следовательно, на показатель пористости в процессе хранения хлеба влияет не только перераспределение воды в мякише, а также переход молекул амилопектина в кристаллическое состояние и последующее уплотнение белково-крахмальной матрицы.

Положительное влияние ПКД на показатель пористости в процессе хранения хлеба объясняется в основном действием амилолитических ферментов на крахмал муки. Известно, что амилазы при брожении теста и выпечки из него хлеба частично гидролизуют крахмал муки с образованием декстринов, что позволяет снизить скорость его ретроградации и уменьшить размеры образующихся при этом кристаллов. В результате образуется более прочная сеть, внутри которой

дальнейшие перестроения молекул биополимеров и взаимодействия между ними затруднены и протекают с меньшей скоростью [252].

Влияние ПКД на крошковатость мякиша в процессе хранения хлеба представлено на рисунке 5.10.

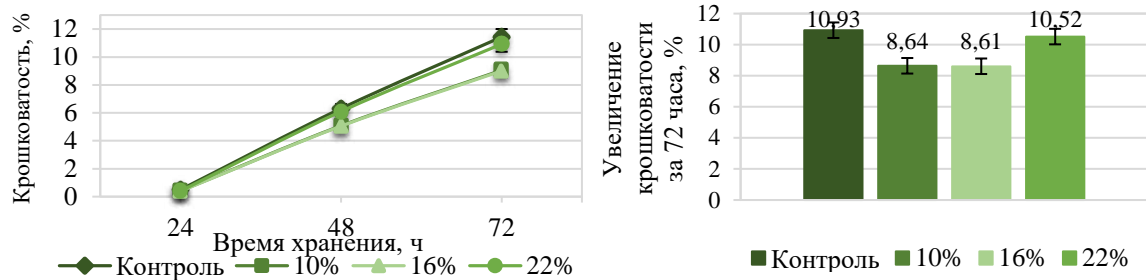


Рисунок 5.10 – Влияние ПКД на крошковатость мякиша в процессе хранения хлеба из пшеничной муки высшего сорта

Анализ данных рисунка 5.10 показывают, что опытные образцы хлеба в процессе хранения хлеба характеризовались меньшим процентом крошковатости по сравнению с контрольными образцами. Через 72 часа хранения крошковатость опытных образцов была в среднем ниже на 15,3 % по сравнению с контролем. Наименьший процент крошковатости имел образец хлеба с дозировкой ПКД 16 % взамен муки.

К показателям, характеризующим скорость черствения хлебобулочных изделий, также относится влажность мякиша. В процессе хранения хлеба наблюдается снижение влажности мякиша, обусловленное переходом крахмала из аморфного состояния в кристаллическое. Исследовали влияние ПКД на изменение данного показателя в процессе хранения хлеба (рисунок 5.11).

Представленные на рисунке 5.11 данные показывают, что влажность мякиша образцов хлеба в процессе хранения снижалась. Наибольшее снижение влажности выявлено для контрольных образцов, наименьшее – для опытных образцов с концентрацией ПКД 22 % взамен муки.

Снижение влажности мякиша в процессе хранения хлеба приводит к уменьшению его массы, которое характеризует показатель усушки. На рисунке 5.12 показано влияние ПКД на показатель усушки хлеба в процессе его хранения.

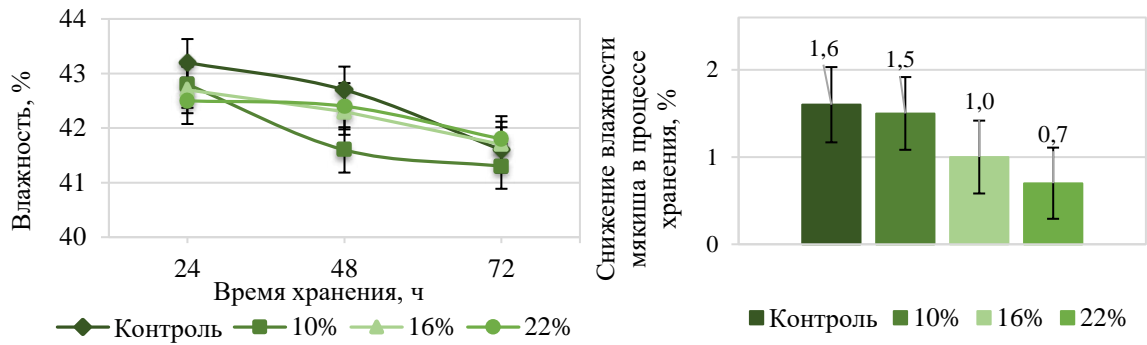


Рисунок 5.11 – Влияние ПКД на влажность мякиша в процессе хранения хлеба из пшеничной муки высшего сорта

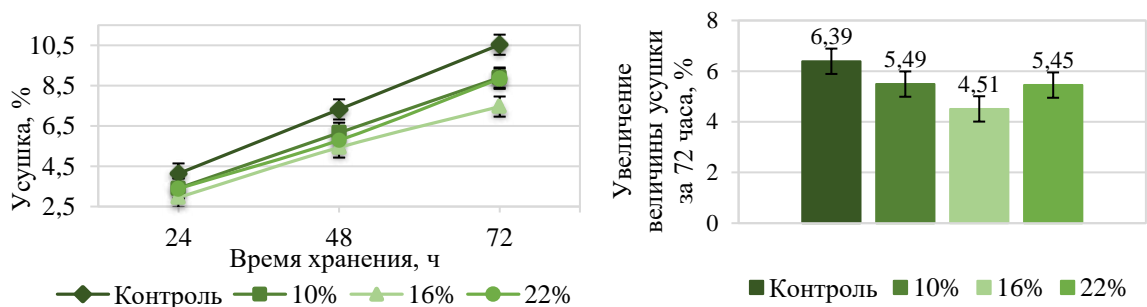


Рисунок 5.12 – Влияние ПКД на показатель усушки в процессе хранения хлеба из пшеничной муки высшего сорта

Из рисунка 5.12 следует, что показатель усушки в процессе хранения контрольных и опытных образцов увеличивался. Рассматриваемый показатель у контрольных образцов возрастал быстрее по сравнению с опытными образцами. Следует отметить, что увеличение показателя усушки (разница между величиной усушки через 72 часа хранения и через 24 часа хранения) у опытных образцов составляло примерно равное значение, в то время как снижение влажности мякиша (разница между влажностью мякиша через 24 часа хранения и через 72 часа хранения) значительно различалось между опытными образцами с различными концентрациями ПКД. Полученные результаты можно объяснить методикой проведения анализа. Показатель влажности определялся только для мякиша, не принимая во внимание содержание воды в корках. При расчете показателя усушки учитывалось изменение массы всего хлеба (мякиш и корка) в процессе хранения. Можно предположить, что при хранении хлеба вода перемещалась из внутренних слоев мякиша в корку. При этом

у опытных образцов вода задерживалась коркой, так как их показатель усушки увеличивался с меньшей интенсивностью по сравнению с контрольными образцами, что может быть обусловлено интенсификацией образования продуктов реакции Майяра, характеризующихся повышенной водосвязывающей способностью, благодаря образованию более прочных межмолекулярных связей.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что использование ПКД в качестве компонента питательной среды при проведении предварительной активации прессованных дрожжей и использование таких дрожжей при замесе теста позволяет сократить продолжительность брожения тестового полуфабриката, снизить затраты сухих веществ муки на брожение, улучшить потребительские свойства и увеличить сроки сохранения свежести готовых хлебобулочных изделий путем замедления интенсивности изменения показателей, характеризующие процессы ретроградации крахмала при хранении хлеба из пшеничной муки высшего сорта.

На основании полученных результатов была разработана нормативно-техническая документация на хлебобулочные изделия из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта «Осенние»: СТО 23333135-001-2021, РЦ СТО 23333135-001-2021, а также технологические инструкции по производству разработанных изделий безопасным и опарным способами тестоведения ТИ СТО 23333135-001-2021, ТИ СТО 23333135-002-2021 (Приложение 8). Рецептура и технологический режим производства хлебобулочных изделий из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта «Осенние» представлены в таблице 5.4, аппаратно-технологическая схема – в приложении 9.

Как следует из таблицы 5.4, при разработке хлебобулочных изделий «Осенние» в рецептуру изделия была внесена пищевая комплексная добавка «Вкус осени» в концентрации 16 % взамен муки.

Предложены технологические схемы производства (рисунки 5.13, 5.14, приложение 9). На АО «Булочно-кондитерский комбинат» (г. Казань) была проведена выработка опытных партий хлебобулочных изделий из пшеничной хлебопекарной

муки высшего сорта «Осенние» безопасным и опарным способами тестоведения (Приложение 10).

Таблица 5.4 – Рецептура и технологический режим производства хлебобулочных изделий из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта «Осенние»

Наименование сырья и полуфабрикатов, технологические параметры и режимы тестоприготовления	Расход сырья и параметры процесса приготовления				
	Безопасный способ тестоведения		Опарный способ тестоведения		
	активированные дрожжи	тесто	активированные дрожжи	густая опара	тесто
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, кг	-	84,0	-	39,0	45,0
Дрожжи хлебопекарные прессованные / дрожжевая суспензия (1:2), кг	2 / 6	-	2 / 6	2 / 6	-
Пищевая комплексная добавка «Вкус осени», кг	16,0	-	16,0	-	-
Активированные дрожжи, кг	-	все	-	все	-
Густая опара, кг	-	-	-	-	вся
Солевой раствор, кг (25 %)	-	5,2	-	-	5,2
Сахарный раствор, кг (50 %)	-	2,0	-	-	2,0
Вода, кг	по расчету	по расчету	по расчету	по расчету	по расчету
Влажность, %	70±1,0	44±1,0	70±1,0	50±1,0	44±1,0
Температура начальная, °С	32	29-30	32	27-28	29-30
Продолжительность брожения, мин	20	90-120	20	120-180	40-60
Кислотность конечная, град	-	3,5	-	4,0	3,5
Масса тестовой заготовки, кг	-	0,44	-	-	0,44
Продолжительность расстойки, мин	-	40-45	-	-	40-45
Температура расстойки, °С	-	35-40	-	-	35-40
Продолжительность выпечки, мин	-	25-35	-	-	25-35
Температура выпечки, °С	-	200-220	-	-	200-220

Представленная на рисунке 5.13 технологическая схема производства хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта «Осенние» безопасным способом тестоведения включает следующие стадии:

1. подготовка сырья к пуску в производство: просеивание пищевой комплексной добавки «Вкус осени» и муки пшеничной высшего сорта, приготовление солевого и сахарного растворов, приготовление дрожжевой суспензии (1:2);

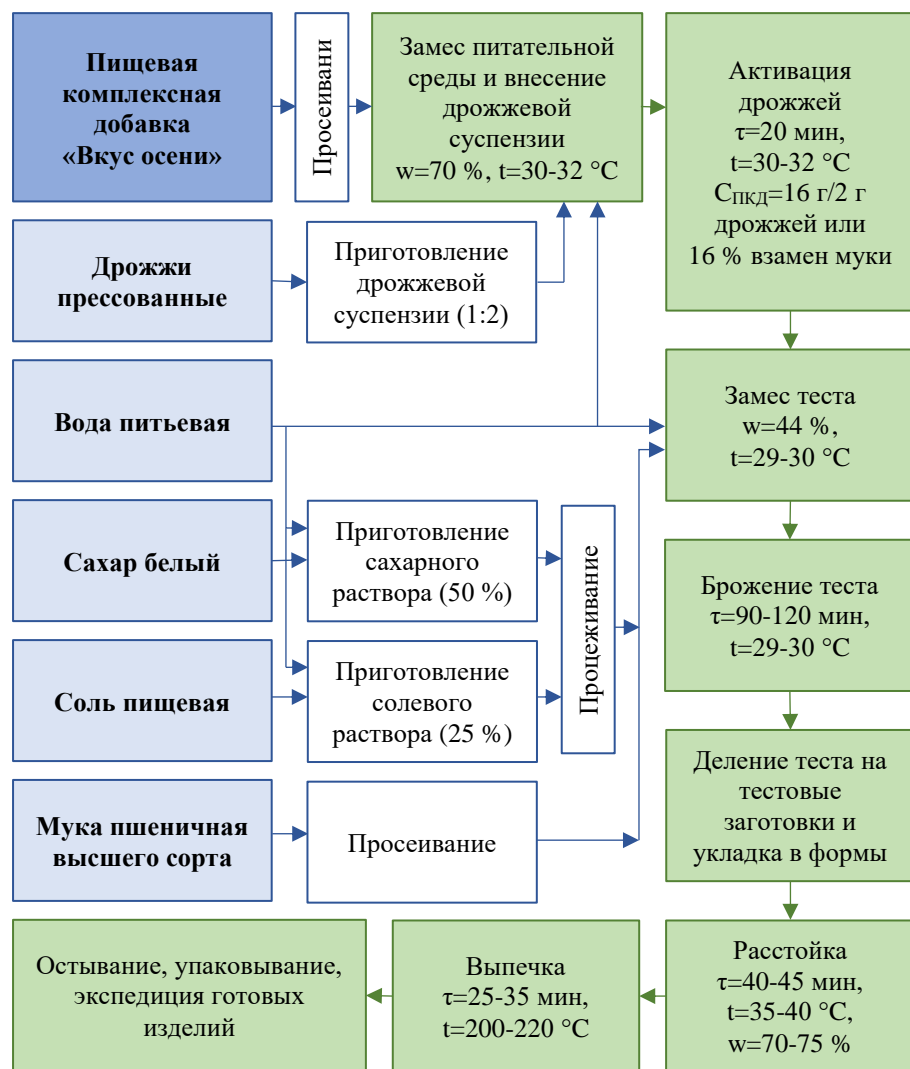


Рисунок 5.13 – Технологическая схема производства хлебобулочных изделий из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта «Осенние» безопасным способом тестоведения

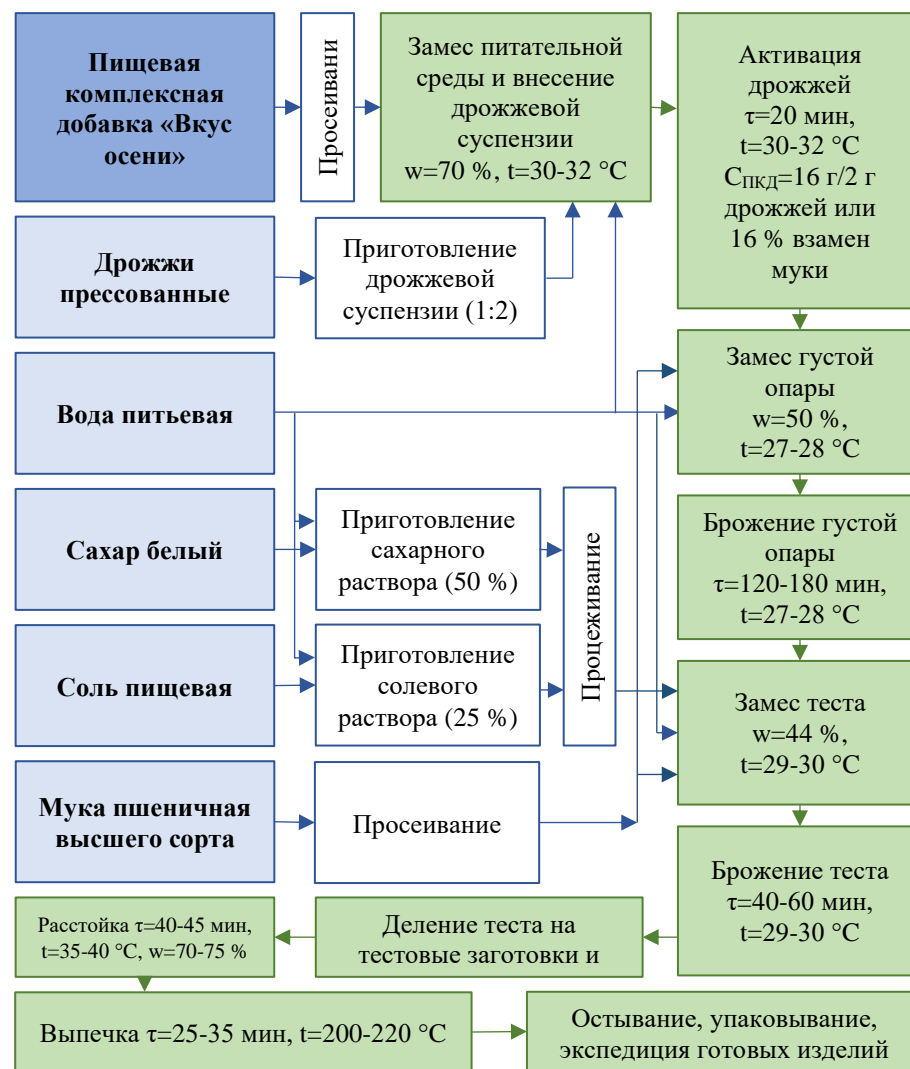


Рисунок 5.14 – Технологическая схема производства хлебобулочных изделий из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта «Осенние» опарным способом тестоведения

2. предварительная активация дрожжей: в дежу тестомесильной машины SMH 125 NS закладываются компоненты питательной среды (пищевая комплексная добавка «Вкус осени» в количестве 16 г/2 г дрожжей, вода) и дрожжевая суспензия, при этом вода берется в расчете из итоговой влажности питательной среды 70 %, затем производят замес в тестомесильной машине SMH 125 NS в течение 3 мин на медленной скорости и выдерживают при температуре 30-32° С в течение 20 минут;

3. замес теста: в дежу с активированными дрожжами согласно рецептуре дозируется необходимое количество солевого и сахарного растворов, через автомучомер набирается необходимое количество муки и замешивается тесто в тестомесильной машине SMH 125 NS 3 мин на медленной скорости и 4 мин на быстрой скорости, влажность теста – 44 %, начальная температура – 29-30 °С;

4. брожение теста: продолжительность брожения 90-120 мин при температуре 29-30 °С до конечной кислотности 3,5 град.;

5. деление теста на тестоделительных машинах различного типа или вручную, укладывание тестовых заготовок в хлебопекарные формы, предварительно смазанные путем впрыска эмульсии, либо масла подсолнечного; 6. расстойка тестовых заготовок в шкафу окончательной расстойки: продолжительность – 40-45 мин, температура – 35-40 °С и относительная влажность – 70-75 %;

7. выпечка изделий в ротационной печи MIWE с увлажненной пекарной камерой: температура – 200-220 °С, продолжительность – 25-35 мин;

8. остывание, упаковывание, экспедиция готовых изделий.

На рисунке 5.14 приведена технологическая схема производства хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта «Осенние» опарным способом тестоведения. Данная схема включает следующие стадии:

1. подготовка сырья к пуску в производство: просеивание пищевой комплексной добавки «Вкус осени» и муки пшеничной высшего сорта, приготовление солевого и сахарного растворов, приготовление дрожжевой суспензии (1:2);

2. предварительная активация дрожжей: в дежу тестомесильной машины SMH 125 NS закладываются компоненты питательной среды (пищевая комплексная добавка «Вкус осени» в количестве 16 г/2 г дрожжей, вода) и дрожжевая суспензия, при этом

вода берется в расчете из итоговой влажности питательной среды 70 %, затем производят замес в тестомесильной машине SMH 125 NS в течение 3 мин на медленной скорости и выдерживают при температуре 30-32° С в течение 20 минут;

3. замес густой опары: в дежу с активированными дрожжами через автомукомер набирается 55 % муки от общего количества, предназначенного для замеса теста за вычетом 16 % пищевой комплексной добавки, внесенной с активированными дрожжами, и замешивается опара в тестомесильной машине SMH 125 NS в течение 6 мин влажностью 50 % с начальной температурой 27-28 °С;

4. брожение густой опары: продолжительность брожения 120-180 мин при температуре 27-28 °С до конечной кислотности 4,0 град.;

5. замес теста: в дежу с густой опарой согласно рецептуре дозируется необходимое количество солевого и сахарного растворов, через автомукомер набирается необходимое количество муки и замешивается тесто в тестомесильной машине SMH 125 NS 3 мин на медленной скорости и 4 мин на быстрой скорости, влажность теста – 44 %, начальная температура – 29-30 °С;

6. брожение теста: продолжительность брожения 40-60 мин при температуре 29-30 °С до конечной кислотности 3,5 град.;

7. деление теста на тестоделительных машинах различного типа или вручную, укладывание тестовых заготовок в хлебопекарные формы, предварительно смазанные путем впрыска эмульсии, либо масла подсолнечного;

8. расстойка тестовых заготовок в шкафу окончательной расстойки: продолжительность – 40-45 мин, температура – 35-40 °С и относительная влажность – 70-75 %;

9. выпечка изделий в ротационной печи MIWE, с увлажненной пекарной камерой: температура – 200-220 °С, продолжительность – 25-35 мин;

10. остывание, упаковывание, экспедиция готовых изделий.

Указанные параметры брожения, расстойки и выпечки полуфабрикатов могут изменяться в зависимости от качества сырья, условий производства, условий эксплуатации и конструктивных особенностей оборудования.

5.2 Разработка хлебобулочных изделий из ржано-пшеничной муки с пищевой комплексной добавкой

Ржано-пшеничные сорта хлебобулочных изделий традиционно пользуются большим спросом у населения России. Обогащение данных изделий дефицитными нутриентами позволит повысить полноценность рациона питания широкого круга населения.

В качестве модельной рецептуру хлеба из ржано-пшеничной муки использовали рецептуру хлеба дарницкого, который готовили согласно «Сборника технологических инструкций для производства хлебобулочных изделий» из смеси ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта в две фазы: приготовление концентрированной молочнокислой закваски и замес теста [204].

Концентрированную молочнокислую закваску ($W=70\%$) замешивали на основе сухого лактобактерина с использованием трехфазного разводочного цикла (таблица 5.5).

Таблица 5.5 – Разводочный цикл приготовления концентрированной молочнокислой закваски с использованием сухого лактобактерина

Наименование сырья и полуфабрикатов, технологические параметры и режимы приготовления закваски	Расход сырья и параметры процесса приготовления		
	1 фаза	2 фаза	3 фаза
Суспензия лактобактерина (5 доз в 100 мл воды), кг	0,1	-	-
Закваска предыдущей фазы, кг	-	3,0	28,0
Мука ржаная обдирная, кг	1,0	9,0	90,0
Вода, кг	1,9	16,0	166,0
Масса закваски, кг	3,0	28,0	100,1
Количество муки в закваске, кг	1,0	10,0	100,0
Влажность, %	70±1	70±1	70±1
Температура начальная, °С	38-41	38-41	38-41
Кислотность конечная, град	18	20	22
Продолжительность заквашивания, ч	16	12	12

Созревшую закваску 3-ей фазы использовали для замеса производственной закваски согласно рецептуре и технологическому режиму, приведенным в таблице 5.6.

Опытные образцы готовили путем замены муки пищевой комплексной добавкой в концентрациях 10 %, 16 % и 22 % взамен муки. Данные концентрации

комплексной добавки при производстве ржано-пшеничного хлеба были определены аналогично концентрациям ПКД при производстве пшеничного хлеба, которые улучшили качество готовой продукции. Пищевую комплексную добавку вносили на стадии замеса теста.

Таблица 5.6 – Рецептура и технологический режим производства ржано-пшеничного хлеба (контроль)

Наименование сырья и полуфабрикатов, технологические параметры и режимы тестоприготовления	Расход сырья и параметры процесса приготовления	
	КМКЗ	тесто
Концентрированная молочнокислая закваска, кг	3,0	29
Мука ржаная хлебопекарная обдирная в КМКЗ на тесто, кг	-	10
Мука ржаная хлебопекарная обдирная, кг	9,0	50
Мука пшеничная хлебопекарная первого сорта, кг	-	40
Дрожжи хлебопекарные прессованные / дрожжевая суспензия (1:2), кг	-	0,5 / 1,5
Вода, кг	17	по расчету
Солевой раствор, кг (25 %)	-	5,6
Влажность, %	70±1,0	48,5±1,0
Температура начальная, °С	38-41	30-32
Продолжительность брожения, мин	480-600	180
Кислотность конечная, град	20	8,0
Масса тестовой заготовки, кг	-	0,41
Продолжительность расстойки, мин	-	50-65
Температура расстойки, °С	-	35-40
Продолжительность выпечки, мин	-	35-40
Температура выпечки, °С	-	200-240
Выход готовой продукции при влажности муки 14,5 %, %	-	145,0

Изменение титруемой кислотности тестовых полуфабрикатов в процессе брожения представлено на рисунке 5.15.

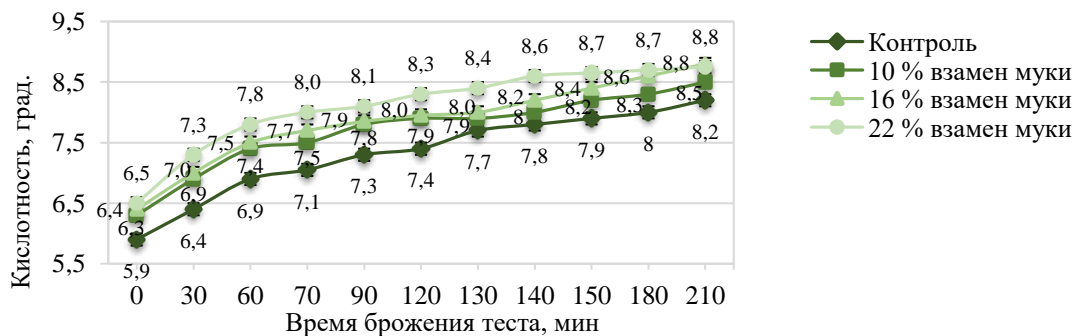


Рисунок 5.15 – Титруемая кислотность тестовых полуфабрикатов из ржано-пшеничной муки в процессе брожения

Данные рисунка 5.15 показывают, что при увеличении в рецептуре содержания ПКД наблюдалось более быстрое накопление кислотности опытных тестовых полуфабрикатов по отношению к контролю.

В связи с тем, что ПКД содержит в составе пророщенную спельту, которая имеет высокую амилолитическую активность, для обеспечения хорошего качества готовых хлебобулочных изделий следует использовать технологические приемы для понижения активности ферментов. Так, следует повысить кислотность КМКЗ на 2,0 град. до 22 град. путем увеличения продолжительности брожения закваски, повысить начальную кислотность теста на 1,0 град за счет увеличения кислотности закваски; повысить конечную кислотность теста на 0,5 град., уменьшить влажность теста на 1 % и сократить продолжительность брожения теста.

Данные рисунка 5.15 показывают, что опытный образец теста с концентрацией ПКД 10 % взамен муки достиг кислотности 8,5 град. за 210 минут, 16 % – за 165 минут, 22 % – за 135 минут брожения. При этом контрольный образец достиг необходимой ему кислотности 8,0 град. за 180 мин. Все опытные образцы за исключением образца с концентрацией добавки 10 % взамен муки достигли требуемой кислотности раньше контроля. Полученные результаты можно объяснить повышением активности дрожжей и молочнокислых бактерий за счет наличия в составе ПКД необходимых нутриентов.

В таблице 5.7 приведены данные, характеризующие влияние ПКД на физико-химические показатели качества ржано-пшеничного хлеба.

Таблица 5.7 – Влияние ПКД на физико-химические показатели ржано-пшеничного хлеба

Показатели	Контроль	Концентрация ПКД взамен муки, %		
		10	16	22
Влажность мякиша, %	45,7±0,6	46,0±0,3	45,8±0,5	45,6±0,6
Пористость мякиша, %	67,0±0,7	68,7±0,9	68,8±0,4	67,9±0,6
Удельный объем, см ³ /г	2,21±0,32	2,26±0,24	2,40±0,41	2,38±0,37
Кислотность, град	7,4±0,1	7,5±0,1	7,7±0,2	8,2±0,1
Усушка за 3 часа, %	4,85±0,29	3,45±0,32	3,85±0,34	4,13±0,35

Как видно из таблицы 5.7 внесение ПКД оказало влияние на исследуемые физико-химические показатели ржано-пшеничного хлеба. При внесении ПКД удельный объём опытных образцов по сравнению с контролем увеличивался в среднем на 6,2 %. Показатель пористости опытных образцов также возрастал по сравнению с контролем в среднем на 1,5 %. Полученные данные объясняются наличием в составе исследуемой добавки амилолитических ферментов, которые увеличивают газообразование в тестовых заготовках, что приводит к повышению удельного объёма и, соответственно, показателя пористости готовых изделий.

Кроме того, внесение ПКД оказало незначительное влияние на влажность готовых изделий. При концентрации добавки 10 % и 16 % показатель влажности ржано-пшеничного хлеба возрастал по сравнению с контролем на 0,3 % и 0,1 %, соответственно, а при концентрации добавки 22 % – снижался на 0,1 %. Опытные образцы ржано-пшеничного хлеба имели более высокую кислотность по сравнению с контролем. При концентрации ПКД 10 %, 16 % и 22 % взамен муки кислотность опытных образцов по сравнению с контролем увеличивалась на 0,1 град., 0,2 град. и 0,8 град., соответственно.

Следует отметить, что при концентрации ПКД 22 % взамен муки кислотность ржано-пшеничного хлеба была выше, чем требуется по ГОСТ 26983-2015 «Хлеб дарницкий. Технические условия».

На рисунке 5.16 показано влияние ПКД на внешний вид, структуру пористости и органолептические показатели качества ржано-пшеничного хлеба. Опытные образцы ржано-пшеничного хлеба по внешнему виду и структуре пористости значительно не отличались от контроля. Можно отметить, что хлеб с внесением ПКД имел больший объём, более темную корку и крупные поры по сравнению с контролем. Органолептический анализ показал, что опытные образцы хлебобулочных изделий имели улучшенные потребительские показатели качества. Так, при внесении ПКД готовые изделия характеризовались более выраженным вкусом и ароматом.

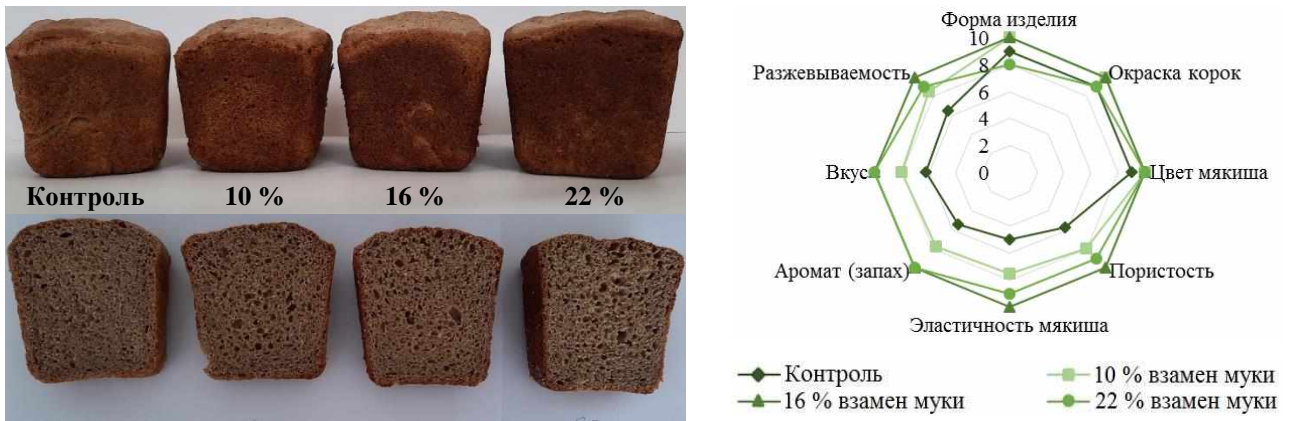


Рисунок 5.16 – Влияние ПКД на внешний вид, структуру пористости и органолептические показатели качества ржано-пшеничного хлеба

Известно, что синтез ароматических веществ происходит в основном во время выпечки изделий из соединений, которые образуются при брожении теста и расстойке тестовых заготовок. В связи с тем, что ПКД оказывала влияние на данные стадии технологического процесса, изучали содержание ароматических веществ в готовых изделиях путем определения бисульфитсвязывающих соединений. Результаты представлены на рисунке 5.17.

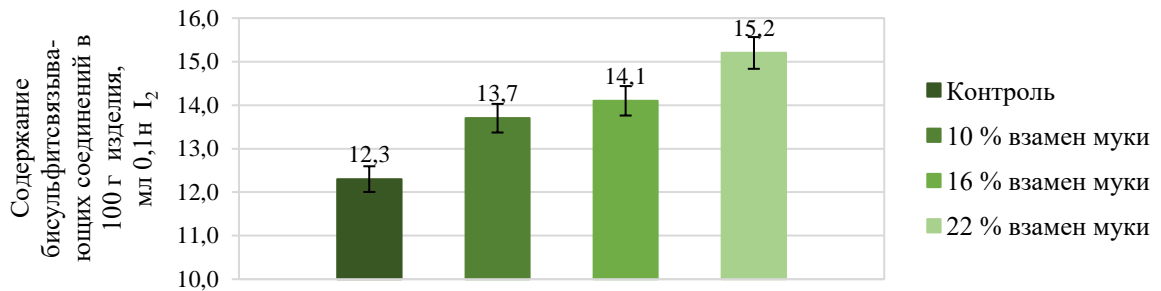


Рисунок 5.17 – Влияние ПКД на содержание бисульфитсвязывающих соединений в хлебе из ржано-пшеничной муки

Установлено, что ПКД способствовала увеличению содержания ароматических веществ в ржано-пшеничном хлебе в среднем на 16,5 % по сравнению с контролем (рисунок 5.17). Полученные данные объясняются интенсификацией процессов спиртового и молочнокислого брожения за счет содержания в ПКД необходимых микроорганизмам питательных веществ.

Таким образом, физико-химические исследования и органолептический анализ показали, что оптимальной концентрацией ПКД при производстве ржано-пшеничного хлеба установлена концентрация 16 % взамен муки. При данной концентрации готовые изделия имеют наибольшую пористость и удельный объем, а также максимальный балл органолептического анализа.

Исследовали влияние ПКД на цветовые характеристики ржано-пшеничного хлеба. Результаты исследования представлены в таблице 5.8. Влияние ПКД на показатели цветности показано на рисунке 5.18. Сравнение цветовых характеристик с контролем приведено на рисунке 5.19.

Таблица 5.8 – Цветовые характеристики готовых ржано-пшеничных изделий

Концентрация ПКД взамен муки, %	Часть изделия	L*	a*	b*	C*	h*
0 (контроль)	Верхняя корка	47,61±0,82	7,67±0,26	18,93±0,27	20,44±0,28	67,97±0,69
	Боковая корка	35,35±0,48	12,22±0,28	17,84±0,7	21,66±0,67	55,36±0,96
	Мякиш	49,94±0,65	1,61±0,1	15,53±0,13	15,61±0,14	84,08±0,34
10	Верхняя корка	36,91±1,05	7,56±0,23	16,42±0,17	18,09±0,22	65,29±0,54
	Боковая корка	29,7±0,53	12,07±0,32	15,39±0,58	19,58±0,6	51,76±0,84
	Мякиш	48,81±1,11	2,9±0,13	17,13±0,32	17,38±0,33	80,44±0,33
16	Верхняя корка	39,65±0,62	12,95±0,19	20,72±0,26	24,45±0,26	57,99±0,48
	Боковая корка	31,81±0,29	13,32±0,3	15,69±0,58	20,59±0,63	49,55±0,51
	Мякиш	48,92±0,45	2,93±0,13	17,1±0,14	17,35±0,16	80,29±0,36
22	Верхняя корка	38,08±1,22	8,4±0,11	17,23±0,31	19,18±0,27	63,96±0,57
	Боковая корка	30,37±0,72	12,78±0,3	15,3±0,68	19,98±0,6	49,89±1,18
	Мякиш	48,07±0,8	3,12±0,13	17,3±0,25	17,57±0,26	79,78±0,3

Примечание: L* – показатель насыщенности цвета; a* – интенсивность красного оттенка; b* – интенсивность желтизны; C* – показатель цветности; h* – угол цветового тона.

Согласно данным таблицы 5.8 исследуемая добавка способствовала снижению показателя насыщенности цвета (L*) верхней и боковой корки ржано-пшеничного хлеба по сравнению с контролем в среднем на 19,7 % и 13,4 %,

соответственно. Однако, для мякиша данный показатель снижался незначительно на 2,7 % по сравнению с контролем.

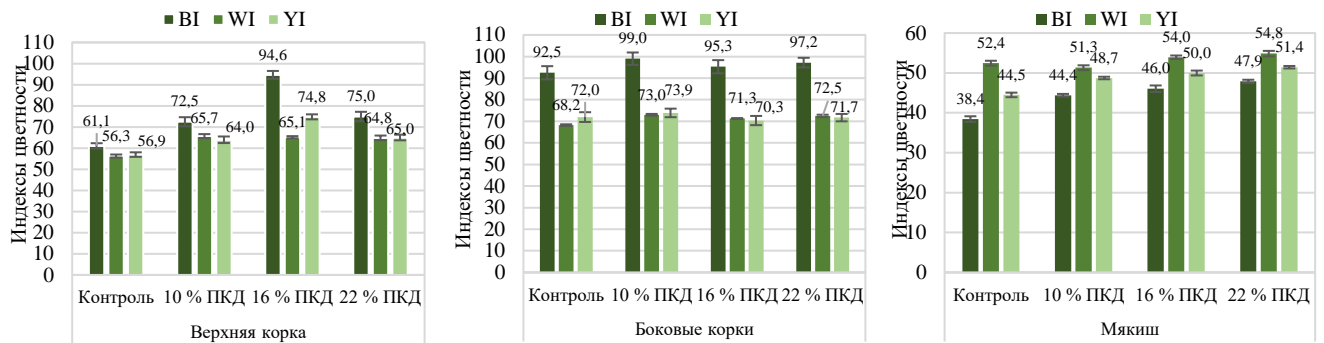


Рисунок 5.18 – Влияние ПКД на индексы побурения (BI), белизны (WI) и желтизны (YI) ржано-пшеничного хлеба

Рисунок 5.18 показывает, что применение ПКД при производстве ржано-пшеничного хлеба приводит к увеличению индексов цветности. Аналогичные данные получены при изучении влияния ПКД на цветовые характеристики пшеничного хлеба (рисунок 5.7).

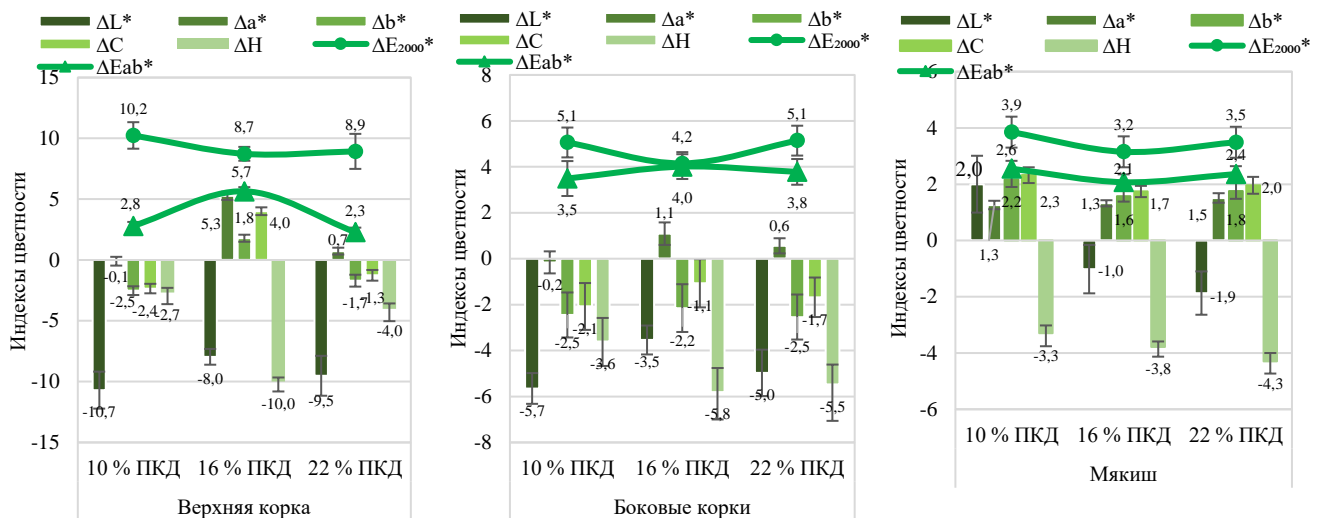


Рисунок 5.19 – Сравнение цветовых характеристик опытных образцов ржано-пшеничного хлеба

Показатель ΔL^* (рисунок 5.19) опытных образцов имеет отрицательное значение, что подтверждает более темный цвет изделий с внесением ПКД по сравнению с контролем.

Следует отметить, что ΔL^* при концентрации ПКД 16 % взамен муки был выше чем концентрации ПКД 10 %, что говорит об уменьшении разницы в насыщенности цвета между контролем и опытным образцом при дозировке ПКД 16 % взамен муки. Показатель интенсивности красного оттенка (a^*) при внесении ПКД по сравнению с контролем в целом увеличивался. Показатель Δa^* (рисунок 5.19) для верхней и боковой корки при концентрации ПКД 10 % взамен муки имел отрицательное значение, что говорит о том, что цветовая разница между контролем и данным образцом более насыщена зеленым оттенком, чем контроль. При этом, Δa^* при концентрациях ПКД 10 % (для мякиша) и 16 % и 22 % взамен муки (для верхней и боковой корок) имел положительное значение, подтверждая, что цветовая разница имеет более красный оттенок по сравнению с контролем. Данный показатель для мякиша практически не изменялся в исследуемых концентрациях ПКД, что свидетельствует об отсутствии различий среди опытных образцов в интенсивности красного оттенка мякиша.

Показатель желтизны (b^*) всех исследуемых образцов был больше нуля, что свидетельствует о нахождении цвета в желтом регионе цветового пространства. Повышение концентрации ПКД приводило к увеличению данного показателя по сравнению с контролем для верхней корки при концентрации ПКД 16 % взамен муки и мякиша при всех исследуемых концентрациях ПКД. В указанных случаях показатель Δb^* имел положительное значение (рисунок 5.19), говоря о том, что воспринимаемая цветовая разница между контролем и опытными образцами более насыщена желтым оттенком. В остальных случаях показатель желтизны снижался по сравнению с контролем, соответственно, Δb^* имел отрицательное значение, и цветовая разница между контролем и опытными образцами характеризовалась более синим оттенком.

Показатель цветности (C^*) по сравнению с контролем возрастал для мякиша при всех исследуемых концентрациях ПКД и для верхней корки при концентрации ПКД 16 % взамен муки, что свидетельствует об увеличении насыщенности цвета образцов в данных случаях. Кроме того, показатель ΔC^* при концентрации ПКД 16 % взамен муки для верхней корки имел наибольшее значение среди опытных образцов и мало изменялся для боковой корки и мякиша при увеличении концентрации ПКД, что говорит о повышении насыщенности цвета верхней корки при концентрации ПКД 16 % взамен муки и незначительном влиянии ПКД на насыщенность цвета боковой корки и мякиша ржано-пшеничных изделий. Угол цветового тона (h^*) при внесении ПКД снижался. При этом показатель Δh^* также снижался для верхней и боковой корки и оставался примерно одинаковым для мякиша. Так как значение h примерно равное 49,55-84,08 (таблица 5.8) означает желтый цвет и $\Delta h^* < 0$, то опытные образцы имеют более зеленый оттенок по сравнению с контролем.

Значения показателя ΔE_{ab}^* (рисунок 5.19) показывают, что потребители смогут ощутить разницу в цвете между ржано-пшеничным хлебом без добавок и с добавлением ПКД с первого раза при концентрациях добавки 10 %, 16 % и 22 % по цвету верхней, боковой корок и мякиша [275]. В соответствии со значениями показателя ΔE_{2000}^* можно сделать вывод, что между изделиями без добавок и с внесением ПКД наблюдатель заметит два разных цвета при сравнении верхней корки для всех исследуемых концентраций ПКД, боковой корки – концентраций ПКД 10 и 22 %. Четкая разница в цвете будет заметна в цвете боковых корок при концентрации ПКД 16 % и цвете мякиша – 10 %. Неопытный наблюдатель также сможет определить разницу в цвете мякиша изделий без добавок и с добавлением ПКД в концентрациях 16 и 22 %.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что использование ПКД при производстве ржано-пшеничного хлеба позволяет сократить продолжительность брожения тестового полуфабриката, увеличить пористость и удельный объем готовых изделий и сократить показатель усушки.

На основании полученных результатов была разработана нормативно-техническая документация на хлебобулочные изделия из смеси ржаной обдирной

и пшеничной муки первого сорта «Аппетитные»: СТО 96888177-001-2022, РЦ СТО 96888177-001-2022, а также технологическая инструкция по производству хлебобулочных изделий из смеси ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта «Аппетитные» ТИ СТО 96888177-001-2022 (Приложение 11).

Рецептура на хлебобулочные изделия из смеси ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта «Аппетитные» представлена в таблице 5.9, аппаратно-технологическая схема – в приложении 12.

Таблица 5.9 – Рецепттура на хлебобулочные изделия из смеси ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта «Аппетитные»

Наименование сырья и полуфабрикатов, показатели процесса	Расход сырья и параметры процесса приготовления	
	КМКЗ	тесто
Концентрированная молочнокислая закваска, кг	3,0	29,0
Мука ржаная хлебопекарная обдирная в КМКЗ на тесто, кг	-	10
Мука ржаная хлебопекарная обдирная, кг	9,0	40,4
Мука пшеничная хлебопекарная первого сорта, кг	-	33,6
Дрожжи х/п прессованные / дрожжевая суспензия (1:2), кг	-	0,5 / 1,5
Добавка пищевая комплексная «Вкус осени», кг	-	16
Вода, кг	по расчету	по расчету
Солевой раствор, кг (25%)	-	5,6
Влажность, %	70±1,0	47,5±1,0
Температура начальная, °С	38-41	30-32
Продолжительность брожения, мин	720	150-180
Кислотность конечная, град	22	8,5
Масса тестовой заготовки, кг	-	0,41
Продолжительность расстойки, мин	-	45-60
Температура расстойки, °С	-	35-40
Продолжительность выпечки, мин	-	35-40
Температура выпечки, °С	-	200-240

Как следует из таблицы 5.9, при разработке хлебобулочных изделий «Аппетитные» в рецептуру изделия была внесена пищевая комплексная добавка «Вкус осени» в концентрации 16 % взамен муки.

Предложена технологическая схема производства (рисунок 5.20, приложение 12).

Выработка опытной партии хлебобулочных изделий из смеси ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта «Аппетитные» была проведена на ООО «Центральное производство» (г. Казань) (Приложение 13).



Рисунок 5.20 – Технологическая схема производства хлебобулочных изделий из смеси ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта «Аппетитные»

Приведенная на рисунке 5.20 технологическая схема производства хлебобулочных изделий из смеси ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта «Аппетитные» включает следующие стадии:

1. подготовка сырья к пуску в производство: просеивание пищевой комплексной добавки «Вкус осени», муки пшеничной первого сорта и муки ржаной обдирной, приготовление солевого растворов, приготовление дрожжевой суспензии (1:2);

2. освежение концентрированной молочнокислой закваски: в КМКЗ предыдущего приготовления вносят муку ржаную хлебопекарную обдирную при соотношении 1 : 3 и воду для достижения влажности 70 %, после чего КМКЗ бродит

480-720 мин в чанах с подогревом при температуре 39-41 °С до достижения кислотности 22 град.;

5. замес теста: в дежу тестомесильной машины PONИМАК PSM-080 согласно рецептуре дозируется необходимое количество КМКЗ, солевого раствора, через автомукомер набирается необходимое количество муки и замешивается тесто 5 мин на медленной скорости и 4 мин на быстрой скорости влажностью 48,5 % с начальной температурой 30-32 °С;

6. брожение теста: продолжительность брожения 150-180 мин при температуре 30-32 °С до конечной кислотности 8,5 град.;

7. деление теста на тестоделительных машинах различного типа или вручную, укладывание тестовых заготовок в хлебопекарные формы, предварительно смазанные путем впрыска эмульсии, либо масла подсолнечного;

8. расстойка тестовых заготовок в шкафу окончательной расстойки АВАТ ШРТ-16П: продолжительность – 45-60 мин, температура – 35-40 °С и относительная влажность – 70-75 %;

9. выпечка изделий в ротационной печи АВАТ КЭП-16П, с увлажненной пекарной камерой: температура – 200-240 °С, продолжительность – 35-40 мин;

10. остывание, упаковывание, экспедиция готовых изделий.

Указанные параметры брожения, расстойки и выпечки полуфабрикатов могут изменяться в зависимости от качества сырья, условий производства, условий эксплуатации и конструктивных особенностей оборудования.

ГЛАВА 6 ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА РАЗРАБОТАННОЙ ПРОДУКЦИИ

6.1 Исследование химического состава и антиоксидантной активности хлебобулочных изделий

В ЛК «Наноаналитика» (г. Казань) проводили исследование содержания фруктозы, сахарозы и мальтозы в спиртовых экстрактах хлебобулочных изделий (ХБИ) методом ВЭЖХ (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Результаты ВЭЖХ анализа сахаров в спиртовых экстрактах хлебобулочных изделий

Наименование сахаров	Хлебобулочные изделия из пшеничной муки высшего сорта		Хлебобулочные изделия из смеси ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта	
	Контроль	«Осенние»	Контроль	«Аппетитные»
Фруктоза, мг/г	0	0	1,6	2,4
Сахароза, мг/г	7,9	9,9	11,3	12,6
Мальтоза, мг/г	5,2	18,7	7,3	15,9

Разработанные хлебобулочные изделия характеризовались более высоким содержанием исследуемых сахаров по сравнению с контрольными образцами хлеба. Так, содержание сахарозы и мальтозы в ХБИ «Осенние» превышало контроль на 25,3 % и 259,6 %, в ХБИ «Аппетитные» – на 11,5 % и 117,8 %, соответственно. Результаты анализа показали, что хлеб из пшеничной муки высшего сорта не содержал фруктозы, в то время как в ржано-пшеничном хлебе обнаружена фруктоза, содержание которой в опытном образце на 50 % выше, чем в контрольном (таблица 6.1).

Вероятно, различия в составе сахаров в исследуемых образцах хлеба обусловлены изначальным содержанием сахаров в сырье. Известно, что ржаная мука по сравнению с пшеничной содержит больше моно- и дисахаридов, поэтому содержание фруктозы в ржано-пшеничном хлебе превышало ее содержание в пшеничном. Следует отметить, что ПКД не содержала в своем составе мальтозу.

Увеличение содержание мальтозы в опытных образцах изделий обусловлено действием амилолитических ферментов входящей в состав ПКД пророщенной спельты на крахмал муки.

Используя данные, приведенные ранее в таблице 3.1, итоги оптимизации соотношения растительного сырья в ПКД (раздел 3.5) и результаты по разработке технологии хлебобулочных изделий (разделы 5.1 и 5.2) провели расчет химического состава хлебобулочных изделий. Результаты показаны в таблице 6.2.

Данные, представленные в таблице 6.2, демонстрируют, что применение ПКД в концентрации 16 % взамен муки в технологии хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта позволило повысить физиологическую ценность хлеба из пшеничной муки высшего сорта. Так, возросло содержание белков на 0,24 г/100 г, жиров на 0,86 г/100 г, пищевых волокон на 0,86 г/100 г, снизилось содержание углеводов на 1,51 г/100 г по сравнению с контролем. При этом энергетическая ценность изделия с ПКД составила 231,94 ккал/100 г.

ПКД в концентрации 16 % взамен муки в технологии ржано-пшеничных хлебобулочных изделий также повышала физиологическую ценность готового продукта: содержание белков увеличилось на 0,46 г/100 г, жиров на 0,77 г/100 г, пищевых волокон на 0,27 г/100 г, содержание углеводов снизилось на 1,45 г/100 г по сравнению с контролем. Энергетическая ценность изделия с ПКД составила 215,82 ккал/100 г.

Результаты показывают, что разработанные хлебобулочные изделия характеризовались повышенным содержанием всех исследуемых минеральных веществ за исключением кобальта.

Требования СанПиН 2.3.2.1078-01 позволяют отнести разработанные хлебобулочные изделия к категории обогащенных минеральными веществами пищевых продуктов по содержанию натрия и марганца (ХБИ «Осенние»), а также натрия, магния и марганца (ХБИ «Аппетитные»). Содержание указанных минеральных веществ в хлебобулочных изделиях находится в диапазоне от 15 % до 50 % от норм физиологической потребности в микронутриентах (таблица 6.2).

Таблица 6.2 – Пищевая ценность хлебобулочных изделий и удовлетворение суточной физиологической потребности организма человека от употребления 100/150 г хлеба

Показатель	Рекомендуемый уровень потребления*	Хлеб из пшеничной муки высшего сорта					Ржано-пшеничный хлеб				
		Содержание в 100/150 г изделий		Степень удовлетворения суточной потребности, %		Δ, %	Содержание в 100/150 г изделий		Степень удовлетворения суточной потребности, %		Δ, %
		Контроль	ХБИ «Осенние»	Контроль	ХБИ «Осенние»		Контроль	ХБИ «Аппетитные»	Контроль	ХБИ «Аппетитные»	
Белки, г	58-117	6,46/9,69	6,7/10,05	5,52-11,14/ 8,28-16,71	5,73-11,55/ 8,59-17,33	3,72	4,44/6,66	4,9/7,35	3,79-7,66/ 5,69-11,48	4,19-8,45/ 6,28-12,67	10,36
Жиры, г	60-154	0,68/1,02	1,54/2,3	0,44-1,13/ 0,66-1,7	1-2,57/ 1,49-3,83	125,49	0,75/1,13	1,52/2,28	0,49-1,25/ 0,73-1,88	0,99-2,53/ 1,48-3,8	101,77
Усвояемые углеводы, г	257-586	47,83/71,75	46,32/69,48	8,16-18,61/ 12,24-27,92	7,90-18,02/ 11,86-27,04	-3,16	44,36/66,54	42,91/64,36	7,57-17,26/ 11,35-25,89	7,32-16,7/ 10,98-25,04	-3,27
Пищевые волокна, г	20	2,14/3,21	3,00/4,49	10,7/16,05	15,00/22,45	40,19	5,18/7,78	5,45/8,18	25,9/38,9	27,25/40,90	5,01
Калий, мг	2500	76,19/114,28	98,68/148,01	3,05/4,57	3,95/5,92	29,52	154,29/231,4 4	160,68/241,0 3	6,17/9,26	6,43/9,64	4,14
Магний, мг	400	15,24/22,86	28,11/42,17	3,81/5,72	7,03/10,54	84,47	37,46/56,19	45,49/68,23	9,37/14,05	11,37/17,06*	21,43
Кальций, мг	1000	16,09/24,13	25,34/38,02	1,61/2,41	2,53/3,8	57,56	26,56/39,84	33,21/49,82	2,66/3,98	3,32/4,98	25,05
Натрий, мг	1300	310,38/465,57	314,32/471,47	23,88/35,81	24,18/36,27*	1,27	312,37/ 468,55	315,71/ 473,56	24,03/36,04	24,29/36,43*	1,07
Кремний, мг	30	1,03/1,55	1,35/2,02	3,43/5,17	4,5/6,73	30,32	1,35/2,02	1,57/2,36	4,5/6,73	5,23/7,87	16,83
Железо, мг	10 ^м 18 ^ж	0,58/0,87	0,89/1,33	5,8 ^м /8,7 ^м 3,22 ^ж /4,83 ^ж	8,9 ^м /13,3 ^м 4,94 ^ж /7,39 ^ж	52,87	1,06/1,6	1,26/1,89	10,6 ^м /16 ^м 5,89 ^ж /8,89 ^ж	12,6 ^м /18,9 ^м 7,0 ^ж /10,5 ^ж	18,13
Марганец, мг	2	0,31/0,47	0,5/0,74	15,5/23,5	25/37*	57,45	0,75/1,12	0,83/1,25	37,5/56	41,5/62,5	11,61
Цинк, мг	12	0,34/0,51	0,46/0,69	2,83/4,25	3,83/5,75	35,29	0,63/0,95	0,69/1,04	5,25/7,92	5,75/8,67	9,47
Селен, мкг	70 ^м 55 ^ж	0,61/0,92	5,19/7,79	0,87 ^м /1,31 ^м 1,11 ^ж /1,67 ^ж	7,41 ^м /11,13 ^м 9,44 ^ж /14,16 ^ж	750,82	0,56/0,85	4,79/7,18	0,80 ^м /1,21 ^м 1,02 ^ж /1,55 ^ж	6,84 ^м /10,26 ^м 8,71 ^ж /13,05 ^ж	755,36
Хром, мкг	50	1,84/2,76	4,46/6,69	3,68/5,52	8,92/13,8	133,33	1,47/2,20	3,92/5,88	2,94/4,40	7,84/11,76	166,67
Кобальт, мкг	10	0,61/0,92	0,71/1,07	6,1/9,2	7,1/10,7	16,39	0,56/0,85	0,65/0,98	5,6/8,5	6,5/9,8	16,07

*Физиологическая потребность для взрослого населения по МР 2.3.1.2432-08 [102];

Рекомендуемый уровень потребления для мужчин^м, женщин^ж.

Согласно СанПиН 2.3.2.1078-01 (Приложение №20) хлебобулочные изделия относятся к категории обогащенных минеральными веществами* (на 150 г изделий)

Следует отметить, что содержание минеральных элементов не превышают верхние допустимые суточные уровни потребления организмом человека пищевых веществ, установленные Решением Комиссии Таможенного союза №299 от 28.05.2010 г.

В таблице 6.3 представлены рекомендации по потреблению хлебобулочных изделий для удовлетворения 15 % суточной потребности в минеральных веществах.

Таблица 6.3 – Рекомендации по потреблению хлебобулочных изделий для удовлетворения 15 % суточной потребности в минеральных веществах

Минеральные вещества	Масса хлебобулочных изделий, г	
	«Осенние»	«Аппетитные»
Марганец	60	36
Натрий	62	62
Селен (женщины)	159	172
Хром	168	191
Железо (мужчины)	169	119
Селен (мужчины)	202	219
Кобальт	211	231
Магний	213	132
Железо (женщины)	303	214
Кремний	333	287
Калий	380	233
Цинк	391	261
Кальций	592	452

Данные таблицы 6.3 показывают, что для удовлетворения 15 % суточной потребности в минеральных веществах необходимо потребить от 60 до 592 г в сутки хлебобулочных изделий «Осенние» и от 36 до 452 г – хлебобулочных изделий «Аппетитные».

Организм человека ежедневно подвергаются воздействию эндогенных и экзогенных источников свободных радикалов: УФ-излучения, ионизирующее излучение, органические растворители, загрязняющие вещества, промышленные отходы и т.д. [405]. Свободные радикалы относятся к окислителям, воздействуют на метаболические реакции в клетках организма. К таким окислителям относят супероксид анион-радикал (O_2^-), реактивные формы азота (NO, ONOO),

гидроксильный радикал (-ОН), перекись водорода (H₂O₂). Установлено, что присутствие в организме человека этих веществ приводит к развитию многих патологических состояний, таких как мутагенез, канцерогенез, старение, дегенеративные заболевания (ишемическая болезнь сердца, болезнь Альцгеймера) и др. [322]. Несмотря на то, что свободные радикалы нейтрализуются антиоксидантными соединениями, вырабатываемыми в самом организме, таких эндогенных антиоксидантов недостаточно для полного восстановления окислителей и поддержания баланса. В связи с этим, для противодействия избытку свободных радикалов необходимо постоянное поступление в организм антиоксидантов вместе с продуктами питания [407, 411, 46].

Механизм действия антиоксидантов основан на нескольких эффектах: поглощении свободных радикалов, разрыве цепи окислительных реакций, поглощении (хелатировании) металлов, восстановлении, или ингибировании, окислительных ферментов и гашении синглетного кислорода [390, 232].

Исследовали антиоксидантную активность водных экстрактов хлебобулочных изделий путем определения восстанавливающей, гидроксилрадикальной активностей, хелатирующей способности и способности связывать свободные радикалы. Результаты представлены на рисунках 6.1-6.4.

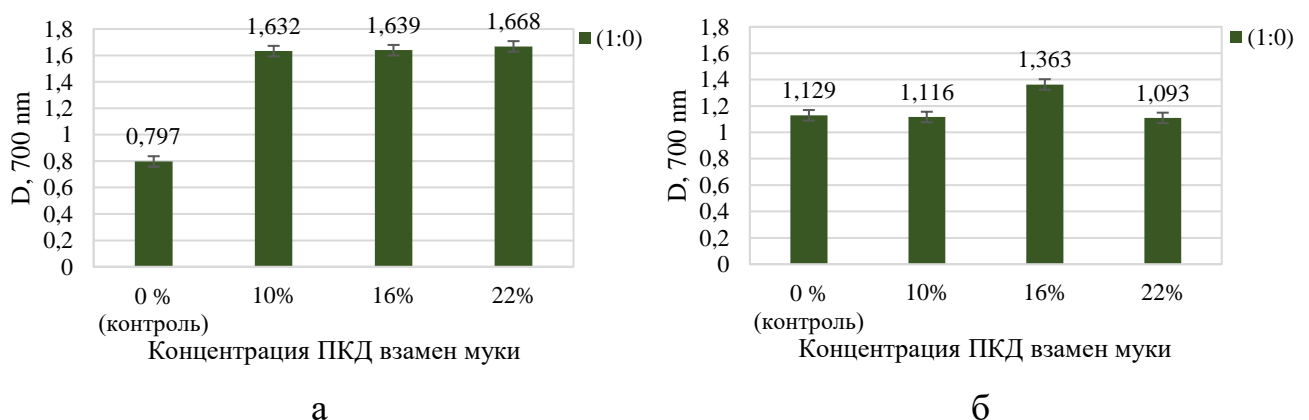


Рисунок 6.1 – Восстанавливающая активность водных экстрактов хлебобулочных изделий (а – хлеб из пшеничной муки высшего сорта; б – хлеб ржано-пшеничный)

При определении восстанавливающей активности исследуемых экстрактов ион $[\text{Fe}^{\text{III}}(\text{CN})_6]^{3-}$ восстанавливается до $[\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6]^{4-}$ с помощью антиоксидантов, содержащихся в экстракте. Затем ион $[\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6]^{4-}$ с ионом Fe^{3+} образует окрашенный комплекс $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ (берлинская лазурь), который имеет максимальное поглощение при 700 нм. Таким образом, восстановление трехвалентного железа до двухвалентного можно отслеживать путем измерения поглощения при 700 нм, которое положительно коррелирует со способностью водного экстракта восстанавливать трехвалентное железо. Более высокое значение поглощения (D) соответствует более сильной восстанавливающей способности.

Как показано на рисунке 6.1, восстанавливающая способность водных экстрактов опытных образцов хлебобулочных изделий в основном выше по сравнению с контролем. Так, восстанавливающая активность водных экстрактов опытных хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта выше по сравнению с контролем на 104,8-109,3 %. При этом, восстанавливающая активность водных экстрактов ржано-пшеничных хлебобулочных изделий при дозировках ПКД 10 % и 22 % взамен муки незначительно снижалась на 1,1 % и 1,8 % по сравнению с контрольным образцом, соответственно. Однако, при концентрации ПКД 16 % взамен муки восстанавливающая активность возрастала на 20,7 % по сравнению с контролем.

Полученные данные согласуются с результатами, приведенными в разделе 3.6. Ранее установлено, что восстанавливающая активность водного экстракта ПКД более чем в 2 раза выше по сравнению с мукой пшеничной высшего и первого сортов и практически не отличается от активности ржаной обойной муки (рисунок 3.19). Вероятно, с этим связано увеличение антиоксидантной активности пшеничного хлеба и незначительное снижение – ржано-пшеничного. Увеличение активности ржано-пшеничного хлеба при дозировке ПКД 16 % взамен муки может быть обусловлено многокомпонентным составом добавки. При замене ржано-пшеничной муки на ПКД при указанной дозировке количество веществ, обладающих восстанавливающей активностью, в полученной смеси превысило их количество изначальной ржано-пшеничной муки.

Гидроксилрадикальная активность – это активность ингибирования гидроксильного радикала. Среди свободных радикалов гидроксил-радикал выступает наиболее реакционно активным и вызывает повреждения биомолекул, например, фагоцитоз макрофагов и лейкоцитов [319].

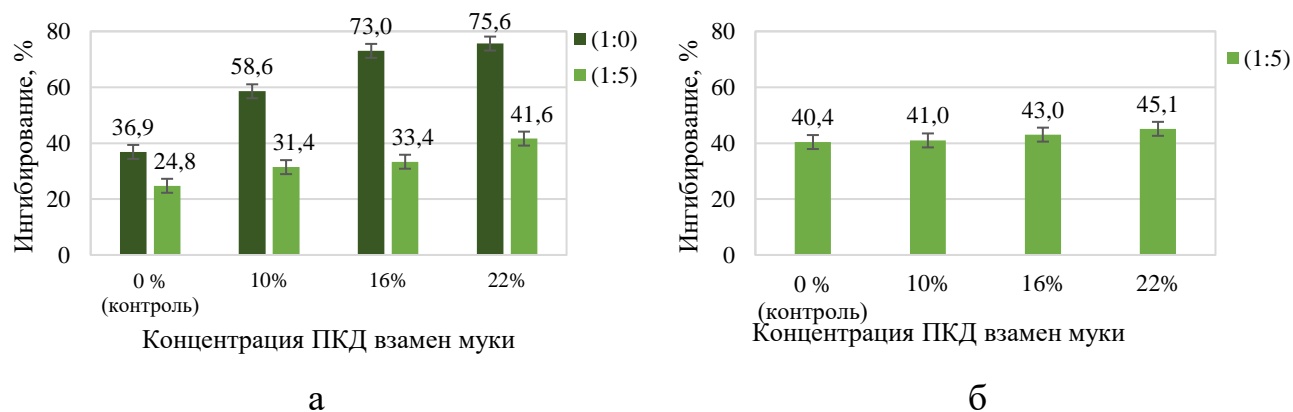


Рисунок 6.2 – Гидроксилрадикальная активность водных экстрактов хлебобулочных изделий (а – хлеб из пшеничной муки высшего сорта; б – хлеб ржано-пшеничный)

Данные рисунка 6.2 показывают, что водные экстракты опытных хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта проявляют более высокую антиоксидантную активность по сравнению с контролем.

Установлено, что без разведения экстракта (1:0) гидроксилрадикальная активность водных экстрактов хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта возрастала по сравнению с контролем на 58,8-105,1 %, а при разведении экстракта (1:5) активность возрастала на 27,0-68,2 %.

Гидроксилрадикальная активность ржано-пшеничного хлеба изменялась не значительно при внесении ПКД. Так, при разведении (1:5) гидроксилрадикальная активность возрастала на 1,4-11,7 % по сравнению с контролем. Следует отметить, что гидроксилрадикальная активность водных экстрактов ржано-пшеничного хлеба выше экстрактов пшеничного хлеба.

Способность водных экстрактов хлебобулочных изделий связывать свободные радикалы определяли методом, основанном на взаимодействии

антиоксидантов со стабильным хромоген-радикалом 2,2-дифенил-1-пикрилгидразилом (DPPH). Результаты показаны на рисунке 6.3.

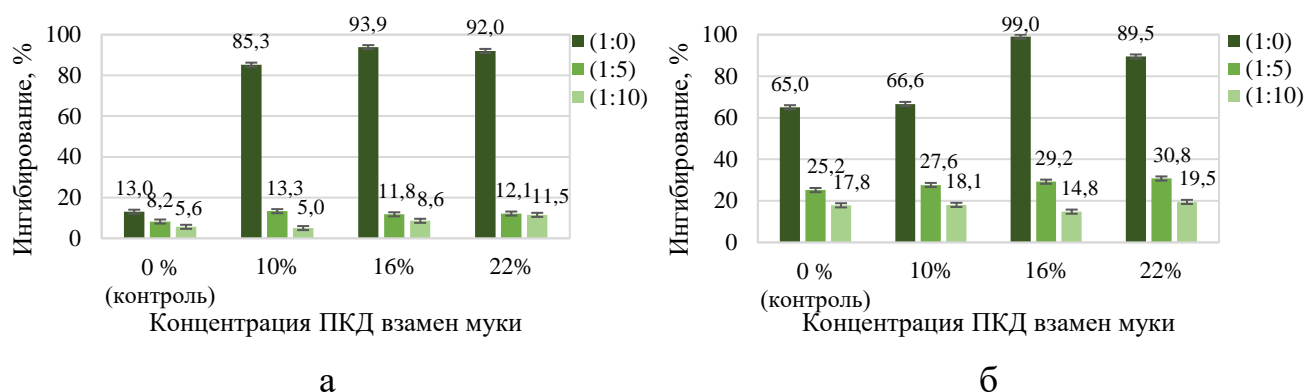


Рисунок 6.3 – Способность водных экстрактов хлебобулочных изделий связывать свободные радикалы (а – хлеб из пшеничной муки высшего сорта; б – хлеб ржано-пшеничный)

Увеличение концентрации ПКД приводило к повышению способности водных экстрактов связывать свободные радикалы. При внесении ПКД в рецептуру хлеба из пшеничной муки высшего сорта при разведении экстракта (1:0) указанная способность возросла в среднем в 6 раз, при разведении (1:5) – на 50,9 %, при разведении (1:10) – на 48,7 % по сравнению с контролем. Опытные образцы ржано-пшеничного хлеба по сравнению с контрольным образцом имели более высокую способность связывать свободные радикалы: в среднем на 30,7 % при разведении (1:0) и на 15,9 % при разведении (1:5). При разведении (1:10) данная способность была выше на 1,3 % и 9,1 % по сравнению с контролем у образцов с дозировками ПКД 10 % и 22 % взамен муки, соответственно, однако у образца с дозировкой ПКД 16 % взамен муки – ниже на 17,1 % по сравнению с контролем. Такая разница в данных при уменьшении концентрации экстракта в реакционной смеси может быть обусловлена прооксидантным действием компонентов экстракта при достижении определенной концентрации [67, 95].

Хелатирующую способность определяли по связыванию ионов Fe^{2+} (рисунок 6.4).

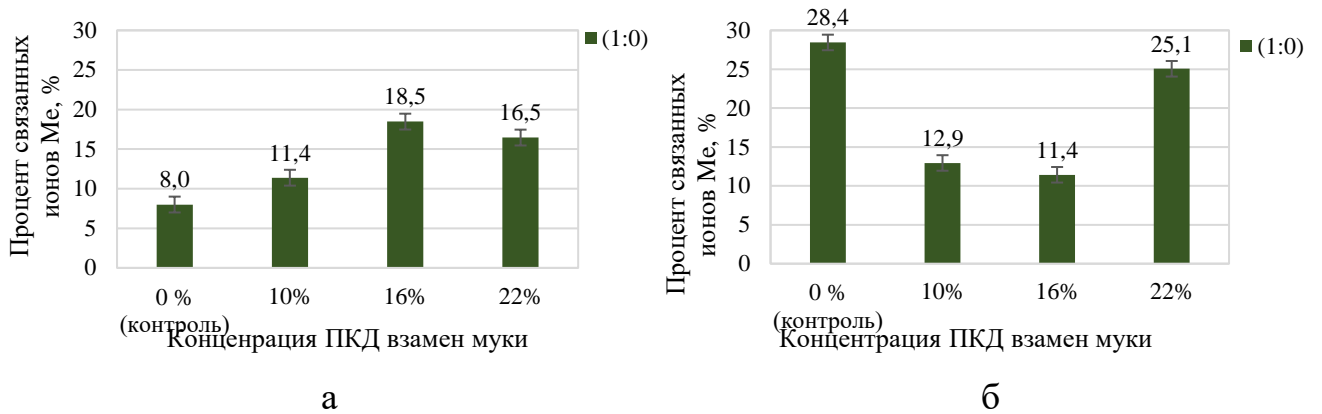


Рисунок 6.4 – Хелатирующая способность водных экстрактов хлебобулочных изделий (а – хлеб из пшеничной муки высшего сорта; б – хлеб ржано-пшеничный)

Использование ПКД при производстве хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта приводит к увеличению хелатирующей способности в среднем на 93,0 %. Однако, хелатирующая способность опытных ржано-пшеничных изделий снижалась по сравнению с контролем в среднем на 42,1 %. Следует отметить, что хелатирующая способность ржано-пшеничного хлеба без внесения добавки была выше контрольного образца пшеничного хлеба. Вероятно, ржаная обдирная мука характеризуется более высокой хелатирующей способностью, чем пшеничная мука и ПКД, поэтому замена части ржаной муки в рецептуре ржано-пшеничного хлеба на ПКД, приводит к снижению хелатирующей активности готового хлеба.

Таким образом, доказана высокая антиоксидантная активность разработанных хлебобулочных изделий. Так, при оптимальной концентрации ПКД взамен муки 16 % восстанавливающая активность (разведение 1:0) выше на 105,7 % и 20,7 %, гидроксилрадикальная активность (разведение 1:5) – на 34,7 % и 6,6 %, способность связывать свободные радикалы (разведение 1:0) – в 7,2 и 1,5 раз по сравнению с контролем для хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта и ржано-пшеничной муки, соответственно. Кроме того, хелатирующая способность хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта с оптимальной концентрацией ПКД 16 % выше в 1,3 раза по сравнению с контролем.

6.2 Исследование влияния водных экстрактов хлебобулочных изделий на активность ферментов гидролаз

Компоненты ПКД (мука пшеничная обойная, пророщенная спельта, порошки семян тыквы, крыжовника и вешенки) характеризуются наличием в составе фенольных соединений. В научной литературе существуют данные о положительном влиянии продуктов, содержащих данные соединения, на обмен липидов в организме человека: снижение уровня холестерина, триглицеридов и предотвращение окисления липопротеинов низкой плотности, что важно, поскольку высокие уровни триглицеридов и холестерина считаются факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний [27, 320, 337].

Процесс переваривания липидов начинается в ротовой полости, где при пережевывании пищи формируется эмульсия, которая затем попадает в желудок. Через несколько часов эмульсия переходит в двенадцатиперстную кишку, где подвергается воздействию поверхностно-активных компонентов желчи и панкреатической липазы, в результате чего происходит липолиз липидов, и их дальнейшая адсорбция энтероцитами кишечника. Любое изменение параметров этих этапов пищеварения, а также любые компоненты пищи, которые могут воздействовать свойства эмульсий или активность липазы, могут изменить переваривание или всасывание жира. В связи с этим изучали влияние водных экстрактов хлебобулочных изделий на активность липазы [232]. Результаты представлены на рисунке 6.5.

Данные показывают, что максимальный процент ингибирования липазы установлен для ржано-пшеничных изделий. При этом, внесение ПКД приводило к снижению процента ингибирования липазы в среднем на 9,1 % по сравнению с контролем. Вместе с тем, при внесении ПКД в рецептуру хлеба из пшеничной муки высшего сорта степень ингибирования липазы водными экстрактами опытных образцов возрастала по сравнению с контролем в среднем на 18,8 % (рисунок 6.5).

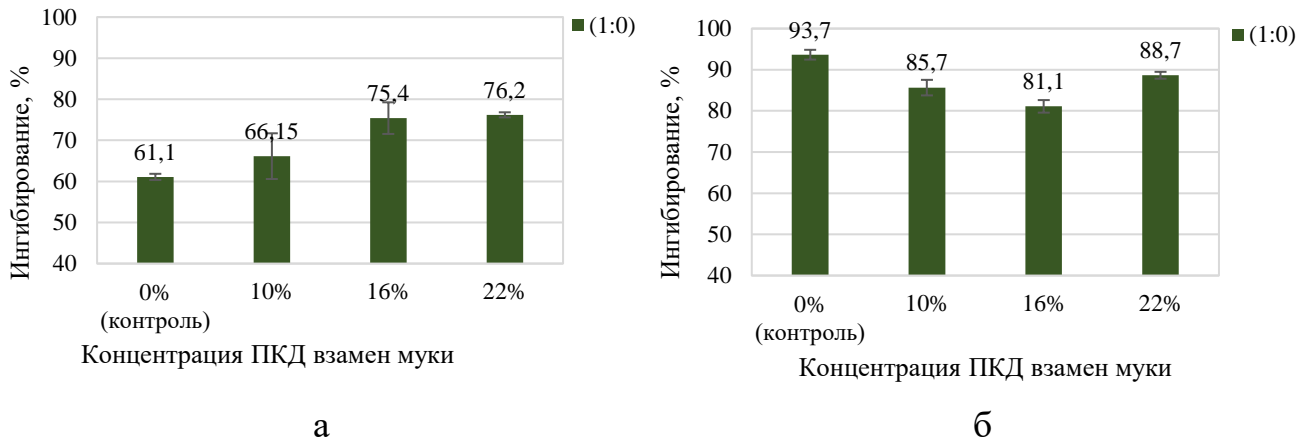


Рисунок 6.5 – Активность ингибирования липазы водными экстрактами хлебобулочных изделий (а – хлеб из пшеничной муки высшего сорта; б – хлеб ржано-пшеничный)

Исследовали влияние концентрации ПКД на активность ингибирования глюкозидазы водными экстрактами хлебобулочных изделий (рисунок 6.6).

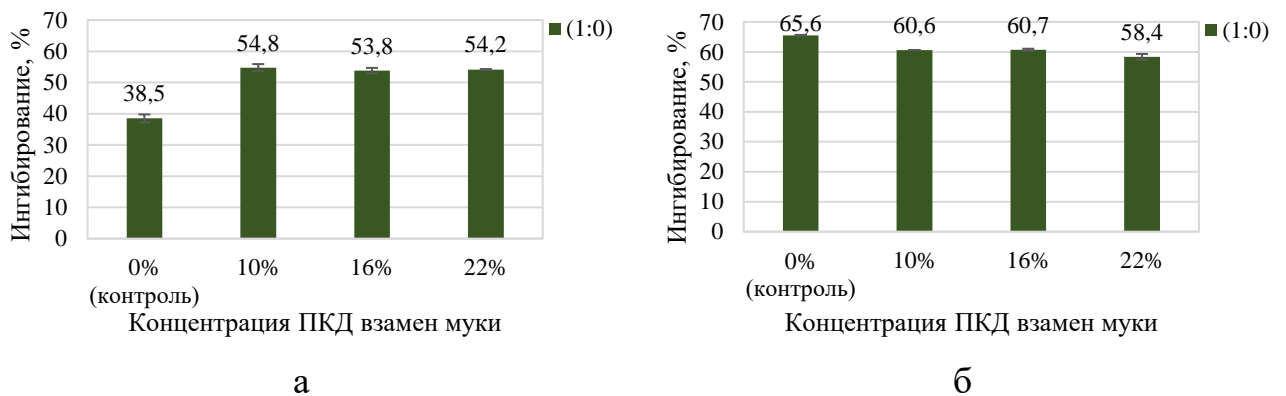


Рисунок 6.6 – Активность ингибирования β -глюкозидазы водными экстрактами хлебобулочных изделий (а – хлеб из пшеничной муки высшего сорта; б – хлеб ржано-пшеничный)

Глюкозидаза – это фермент класса гидролаз, который катализирует гидролиз гликозидных связей до конечных невосстанавливающих остатков в D-глюкозидах и ди-, олиго- и полисахаридах с выделением простых сахаров, включая глюкозу. Ингибиторы глюкозидазы препятствуют гидролизу углеводных связей, в результате чего снижается всасывание глюкозы в кровь из желудочно-кишечного

тракта и снижается постпрандиальная гликемия [213]. Кроме того, в кишечнике ферменты класса глюкозидаз продуцируются микроорганизмами: клостридиями, бактероидами, вейллонеллами, эшерихиями, актиномицетами, гемофильными бактериями. При этом, усиленный синтез микроорганизмами глюкозидаз активизирует реакции преобразования многих проканцерогенов в канцерогены [70, 347].

Анализ данных рисунка 6.6 говорит, что при увеличении концентрации ПКД в составе хлеба из пшеничной муки высшего сорта активность ингибирования фермента глюкозидазы возрастает в среднем на 40,8 %, а при внесении ПКД в состав ржано-пшеничного хлеба – незначительно снижается на 8,7 % по сравнению с контролем. Вместе с тем, активность ингибирования глюкозидазы водных экстрактов опытных образцов ржано-пшеничного хлеба выше по сравнению со всеми образцами хлеба из пшеничной муки высшего сорта. Вероятно, ржаная обдирная мука содержит больше веществ, обладающих способностью ингибировать липазу и глюкозидазу, чем пшеничная мука. Поэтому при замене части пшеничной муки в хлебе на ПКД произошло увеличение способности водных экстрактов изделий ингибировать данные ферменты, а при замене части ржаной муки на ПКД в ржано-пшеничном хлебе – снижение.

Основные пищевые вещества хлебобулочных изделий – углеводы, в переваривании которых участвуют ферменты амилазы. Исследовали влияние ПКД на активность ингибирования амилазы водными экстрактами хлебобулочных изделий. Результаты представлено на рисунке 6.7.

Данные рисунка 6.7 показывают, что увеличение концентрации ПКД при производстве хлеба из пшеничной муки высшего сорта и ржано-пшеничного хлеба приводит к снижению активности ингибирования амилазы водными экстрактами изделий. Полученные результаты свидетельствуют о высокой степени усвояемости углеводов разработанных хлебобулочных изделий под действием амилазы.

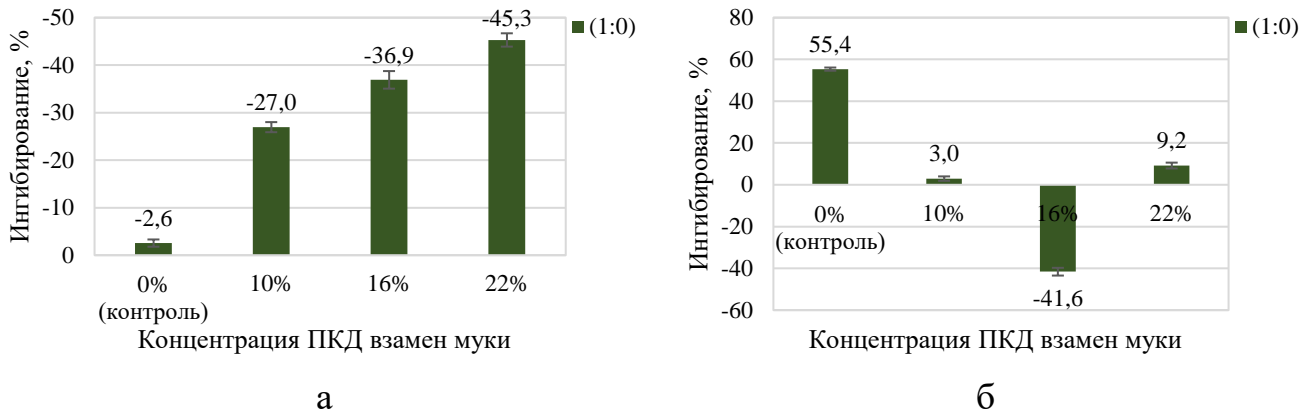


Рисунок 6.7 – Активность ингибирования амилазы водными экстрактами хлебобулочных изделий (а – хлеб из пшеничной муки высшего сорта; б – хлеб ржано-пшеничный)

Таким образом, установлено ингибирующее влияние разработанных хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта на активность ферментов гидролаз: при оптимальной концентрации ПКД взамен муки 16 % активность ингибирования липазы возрастала на 23,4 %, глюкозидазы – на 39,7 % по сравнению с контролем. В связи с высокой ингибирующей активностью ржаной муки при внесении ПКД в состав ржано-пшеничного хлеба наблюдалось незначительное снижение степени ингибирования липазы и глюкозидазы. При этом, данная степень ингибирования была выше, чем у пшеничного хлеба. Полученные результаты позволяют рекомендовать разработанные хлебобулочные изделия для питания людей с нарушением липидного и углеводного обменов, а также, страдающих сахарным диабетом второго типа.

6.3 Исследование микробиологических показателей безопасности хлебобулочных изделий в процессе хранения

Хлебопекарное сырье – хорошая питательная среда для микроорганизмов, способствует их росту и размножению на различных этапах производства, упаковки и хранения хлебобулочных изделий. Основными микроорганизмами, вызывающими порчу готовых изделий, выступают плесневые грибы, дрожжи и

бактерии [253]. Исследовали микробиологические показатели хлебобулочных изделий в процессе хранения (таблица 6.4).

Таблица 6.4 – Микробиологические показатели хлебобулочных изделий в процессе хранения

Периодичность отбора проб после выпечки, часы	КМАФАнМ, КОЕ/г	Плесени, КОЕ/г	БГКП (коли-формы), КОЕ/г
3			
Хлеб из пшеничной муки высшего сорта (контроль)	$(1,6 \pm 1,2) \cdot 10^2$	не обнаружено	не обнаружено
Хлебобулочные изделия «Осенние»	$(1,6 \pm 1,4) \cdot 10^2$	не обнаружено	не обнаружено
Хлеб дарницкий (контроль)	$(1,9 \pm 1,1) \cdot 10^2$	не обнаружено	не обнаружено
Хлебобулочные изделия «Аппетитные»	$(1,8 \pm 1,3) \cdot 10^2$	не обнаружено	не обнаружено
48			
Хлеб из пшеничной муки высшего сорта (контроль)	$(4,6 \pm 1,0) \cdot 10^2$	< 10	не обнаружено
Хлебобулочные изделия «Осенние»	$(4,5 \pm 1,3) \cdot 10^2$	< 10	не обнаружено
Хлеб дарницкий (контроль)	$(3,7 \pm 1,5) \cdot 10^2$	< 10	не обнаружено
Хлебобулочные изделия «Аппетитные»	$(3,3 \pm 1,4) \cdot 10^2$	< 10	не обнаружено
72			
Хлеб из пшеничной муки высшего сорта (контроль)	$(10,8 \pm 1,1) \cdot 10^2$	< 10	не обнаружено
Хлебобулочные изделия «Осенние»	$(9,7 \pm 1,5) \cdot 10^2$	< 10	не обнаружено
Хлеб дарницкий (контроль)	$(9,6 \pm 1,8) \cdot 10^2$	< 10	не обнаружено
ХБИ «Аппетитные»	$(8,9 \pm 1,9) \cdot 10^2$	< 10	не обнаружено
Допустимый уровень (ТР ТС 021/2011)	не более $1 \cdot 10^3$	не более 50	не допускается

Результаты исследования показывают, что бактерии группы кишечной палочки не были обнаружены на всем протяжении хранения хлебобулочных изделий, что говорит о хорошем санитарном состоянии сырья и условий приготовления изделий. Кроме того, не были обнаружены плесени во всех исследуемых изделиях через 3 часа после выпечки, и их количество через 48 и 72 часа после выпечки значительно не менялось и не превышало допустимый уровень согласно ТР ТС 021/2011.

Данные таблицы 6.4 показывают, что количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в процессе хранения разработанных хлебобулочных изделий было меньше по сравнению с контрольными изделиями. Так, через 72 часа хранения прирост количества МАФАНМ для ХБИ «Осенние» меньше на 12,0 %, для ХБИ «Аппетитные» – на 7,8 % по сравнению с контрольными образцами. Вероятно, это связано с антимикробным действием ПКД.

Таким образом, установлено, что разработанные хлебобулочные изделия («Осенние» и «Аппетитные») с ПКД менее подвержены микробной порче по сравнению с контрольными образцами.

ГЛАВА 7 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ РАЗРАБОТАННЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

В данном разделе рассчитана экономическая эффективность и конкурентоспособность производства хлебобулочных изделий «Осенние» и «Аппетитные» по сравнению с аналогичными изделиями без внесения ПКД.

Расчеты произведены для хлебопекарного предприятия, на котором установлена конвекционная хлебопекарная печь «Муссон-ротор» модель 99MP-01 ротационного типа с общей площадью пода $9,7 \text{ м}^2$ при использовании 9-ярусной стеллажной тележки с противнями размерами 900×600 мм. Учитывая производительность печи при полной загрузке, продолжительность выпечки изделий и режим работы предприятия (выработка изделий в две смены) рассчитали среднюю мощность пекарни, которая при выработке хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта составляет $4542,5 \text{ кг/сут}$, из ржано-пшеничной муки – $3974,4 \text{ кг/сут}$, при этом количество рабочих суток – $330/\text{год}$.

Результаты расчетов количества и стоимости сырья, калькуляции себестоимости 1 т продукции, цен готовой продукции и технико-экономических показателей производства хлебобулочных изделий представлены в таблицах 7.1-7.4.

Данные таблицы 7.1 демонстрируют, что стоимость сырья на годовую выработку хлебобулочных изделий «Осенние» на $36,4 \%$ выше по сравнению с хлебом из пшеничной муки высшего сорта. При этом стоимость сырья на годовую выработку хлебобулочных изделий «Аппетитные» на $66,5 \%$ выше по сравнению с хлебом из пшеничной муки высшего сорта. Полученные данные обусловлены более высокой стоимостью компонентов ПКД по сравнению с хлебопекарной мукой.

Расчеты, приведенные в таблице 7.2, демонстрируют, что полная себестоимость производства хлебобулочных изделий «Осенние» на $20,2 \%$ выше по сравнению с производством хлеба из пшеничной муки высшего сорта; а полная себестоимость производства хлебобулочных изделий «Аппетитные» на $27,4 \%$ выше по сравнению с хлебом дарницким.

Таблица 7.1 – Количество и стоимость сырья для производства хлебобулочных изделий

Наименование сырья	Цена 1 т сырья, руб.	Хлеб из пшеничной муки высшего сорта В = 142,85 %, П год = 1499,025 т			Хлебобулочные изделия «Осенние» В = 143,52 %, П год = 1499,025 т			Хлеб дарницкий В = 155,11 %, П год = 1311,552 т			Хлебобулочные изделия «Аппетитные» В = 156,10 %, П год = 1311,552 т		
		Норма расхода, кг	Количество, т	Стоимость, тыс. руб.	Норма расхода, кг	Количество, т	Стоимость, тыс. руб.	Норма расхода, кг	Количество, т	Стоимость, тыс. руб.	Норма расхода, кг	Количество, т	Стоимость, тыс. руб.
Мука пшеничная высшего сорта	33000	100	1049,37	34629,21	84	877,35	28952,55	-	-	-	-	-	-
Мука пшеничная первого сорта	25000	-	-	-	-	-	-	40	338,224	8455,6	33,6	282,307	7057,675
Мука ржаная обдирная	20000	-	-	-	-	-	-	60	507,336	10146,72	50,4	423,461	8469,22
Дрожжи прессованные	190000	2	20,98	3986,2	2	20,89	3969,1	0,5	4,228	803,32	0,5	4,201	798,19
Соль пищевая	11500	1,3	13,64	156,86	1,3	13,58	156,17	1,4	11,838	136,137	1,4	11,763	135,275
Сахар белый	67000	1	10,49	702,83	1	10,44	699,48	-	-	-	-	-	-
Масло подсолнечное – 1,34 кг/1 т изделий	100000	-	2,009	200,9	-	2,009	200,9	-	1,757	175,7	-	1,757	175,7
ПКД «Вкус осени»:	120490,18	-	-	-	16	167,115	20135,716	-	-	-	16	134,432	16198,018
Мука пшеничная обойная	22000	-	-	-	9,008	94,086	2069,892	-	-	-	9,008	75,685	1665,07
Пророщенная спельта	256000	-	-	-	4	41,779	10695,424	-	-	-	4	33,608	8603,648
Порошок семян тыквы	150000	-	-	-	2,752	28,744	4311,6	-	-	-	2,752	23,122	3468,3
Порошок вешенки	700000	-	-	-	0,144	1,504	1052,8	-	-	-	0,144	1,21	847
Порошок крыжовника	2000000	-	-	-	0,096	1,003	2006	-	-	-	0,096	0,807	1614
Итого:	-	-	-	39676	-	-	54113,916	-	-	19717,477	-	-	32834,078
Транспортно-заготовительные расходы 5 %	-	-	-	1983,8	-	-	2705,696	-	-	985,874	-	-	1641,704
Всего:	-	-	-	41659,8	-	-	56819,612	-	-	20703,351	-	-	34475,782

Примечание: В – выход изделий, П_{год} – годовая производительность

Таблица 7.2 – Калькуляция себестоимости 1 т продукции при производстве хлебобулочных изделий

Наименование статей затрат	Хлеб из пшеничной муки высшего сорта	Хлебобулочные изделия «Осенние»	Хлеб дарницкий	Хлебобулочные изделия «Аппетитные»
Условно-переменные затраты, руб.				
Материальные затраты:				
- сырье	26467,87	36099,41	15033,7	25034,52
- транспортно-заготовительные расходы	1323,39	1804,97	751,69	1251,73
- топливо	165,65	165,65	165,65	165,65
- электроэнергия	129,6	129,6	129,6	129,6
- вода	9,15	9,15	10,56	10,8
Итого	28095,66	38208,78	16091,2	26592,3
Условно-постоянные затраты, руб.				
- заработная плата основных производств рабочих	4420,03	4420,03	6061,22	6061,22
- отчисления в ФОПФ, ФОСС, ФОМС (30 %)	1326,01	1326,01	1818,37	1818,37
Итого	5746,04	5746,04	7879,59	7879,59
Прочие условно-постоянные затраты, руб.	14068,65	13636,42	14287,54	14287,61
Производственная себестоимость, руб.	47910,35	57591,24	38258,33	48759,5
Внепроизводственные расходы (2,5 %), руб.	1197,76	1439,78	956,46	1218,99
Полная себестоимость, руб.	49108,11	59031,02	39214,79	49978,49
- переменные расходы, руб.	28095,66	38208,78	16091,2	26592,3
- постоянные расходы, руб.	21012,45	20822,24	23123,59	23386,19

Таблица 7.3 – Расчет цен на хлебобулочные изделия

Показатель	Хлеб из пшеничной муки высшего сорта	Хлебобулочные изделия «Осенние»	Хлеб дарницкий	Хлебобулочные изделия «Аппетитные»
Планируемый размер прибыли, %	23	23	23	23
Оптовая цена за 1 т, руб.	60402,98	72608,15	48234,19	61473,54
Опдово-отпускная цена за 1 т, руб.	66443,28	79868,97	53057,61	67620,89
Опдово-отпускная цена за 1 шт., руб.	26,58	31,95	21,22	27,05
Розничная цена за 1 т, руб.	76409,77	91849,32	61016,25	77764,02
Розничная цена за 1 шт., руб.	30,56	36,74	24,41	31,11

Данные, представленные в таблице 7.3 показывают, что розничная цена хлебобулочных изделий «Осенние» равна 36,74 руб./шт., что на 20,2 % выше по сравнению с хлебом из пшеничной муки высшего сорта (30,56 руб./шт.). Розничная цена хлебобулочных изделий «Аппетитные» (31,11 руб./шт.) на 27,4 % выше по сравнению с хлебом дарницким (24,41 руб./шт.).

Таблица 7.4 – Техничко-экономические показатели производства хлебобулочных изделий

Показатели	Хлеб из пшеничной муки высшего сорта	Хлебобулочные изделия «Осенние»	Хлеб дарницкий	Хлебобулочные изделия «Аппетитные»
Выручка от реализации продукции, тыс. руб.	90545,577	108841,43	63261,648	80625,744
Инвестиции в основные средства, руб.	28265815,31	23858125,88	20180996,30	20180996,30
Полная себестоимость годового выпуска продукции, тыс. руб.	73614,285	88488,975	51432,236	65549,389
Прибыль: - от реализации продукции, тыс. руб. - чистая, тыс. руб.	16931,292 16761,979	20352,455 20148,93	11829,412 10646,471	15076,355 13568,719
Рентабельность: - производства продукции, % - продаж, %	22,8 18,5	22,8 18,5	20,7 16,8	20,7 16,8
Фондоотдача, руб./руб.	3,20	4,56	3,13	4,0
Фондоемкость, руб./руб.	0,31	0,22	0,32	0,25
Срок окупаемости инвестиций в основные средства, г.	1,7	1,2	1,9	1,5

Расчеты экономической эффективности производства продукции, приведенные в таблице 7.4, демонстрируют, что рентабельность производства контрольных и разработанных изделий не отличаются и составляют для хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта 22,8 %, ржано-пшеничных изделий – 20,7 %. При этом фондоотдача при производстве хлебобулочных изделий «Осенние» на 42,5 % выше по сравнению с хлебом из пшеничной муки высшего сорта, а хлебобулочных изделий «Аппетитные» на

27,8 % выше по сравнению с хлебом дарницким. Полученные данные говорят о том, что при производстве на предприятии разработанных хлебобулочных изделий количество продукции, производимой на один рубль основных фондов, будет выше, чем при производстве контрольных изделий. Следует также отметить, что при производстве хлебобулочных изделий «Осенние» инвестиции в основные средства окупятся быстрее на 6 месяцев, а при производстве хлебобулочных изделий «Аппетитные» – на 4,8 месяца по сравнению с контрольными изделиями.

В дополнение к определению экономической эффективности производства оценивали конкурентоспособность разработанных хлебобулочных изделий по сравнению с аналогичными изделиями без внесения ПКД. Конкурентоспособность оценивали по показателю конкурентоспособности, который показывает различие между сравниваемыми изделиями в потребительском эффекте, приходящемся на единицу затрат [230].

Расчет показателя конкурентоспособности хлебобулочных изделий «Осенние» представлен в таблице 7.5.

Таблица 7.5 – Оценка конкурентоспособности хлебобулочных изделий «Осенние»

Сравниваемые параметры	Исследуемый образец		Коэффициент значимости, a_j	ХБИ «Осенние»	
	Хлеб из пшеничной муки высшего сорта (контроль)	ХБИ «Осенние»		Относительный параметр качества, i_j	Индекс технического параметра
1	2	3	4	5	6
Органолептические показатели, балл	8,83	9,80	0,2	1,11	0,22
Пористость мякиша, %	81,5	85,0	0,1	1,04	0,1
Удельный объем, см ³ /г	3,12	3,83	0,1	1,23	0,12
Крошковатость через 72 часа хранения, %	11,43	9,00	0,1	0,79	0,08
Содержание пищевых волокон, г/100 г продукта	2,14	3,00	0,1	1,4	0,14

Продолжение таблицы 7.5

1	2	3	4	5	6
Содержание марганца, мг/100 г	0,31	0,50	0,1	1,61	0,16
Восстанавливающая активность, D 700 нм	0,797	1,639	0,05	2,06	0,1
Гидроксилрадикальная активность, %	36,9	73,0	0,05	1,98	0,1
Способность связывать свободные радикалы, %	13,0	93,9	0,05	7,22	0,36
Хелатирующая способность, %	8,0	18,5	0,05	2,31	0,12
Активность ингибирования липазы, %	61,1	75,4	0,05	1,23	0,06
Активность ингибирования глюкозидазы, %	38,5	53,8	0,05	1,4	0,07
Итого:	-	-	1	-	1,63
И _{тех}	-	-	-	-	1,63
И _{экон}	-	-	-	-	1,20
Конкурентоспособность	-	-	-	-	1,36

Данные таблицы 7.5 демонстрируют, что интегральный показатель конкурентоспособности хлебобулочных изделий «Осенние» равен 1,36, доказывая превосходство по конкурентоспособности разработанных хлебобулочных изделий над аналогичными изделиями без внесения ПКД, что обусловлено улучшением качества готового продукта, в результате чего данные изделия будут пользоваться спросом у потребителей.

В таблице 7.6 представлен расчет конкурентоспособности хлебобулочных изделий «Аппетитные».

Расчеты таблицы 7.6 показывают, что интегральный показатель конкурентоспособности хлебобулочных изделий «Аппетитные» составляет 1,06. Полученные данные демонстрируют способность разработанных хлебобулочных изделий конкурировать с аналогичными изделиями без внесения ПКД.

Таблица 7.6 – Оценка конкурентоспособности хлебобулочных изделий «Аппетитные»

Сравниваемые параметры	Исследуемый образец		Коэффициент значимости, a_j	ХБИ «Аппетитные»	
	Хлеб дарницкий (контроль)	ХБИ «Аппетитные»		Относительный параметр качества, i_j	Индекс технического параметра
Органолептические показатели, балл	6,5	10	0,2	1,54	0,31
Содержание бисульфитсвязывающих соединений в 100 г изделия, мл 0,1 н I ₂	12,3	14,1	0,2	1,15	0,23
Содержание магния, мг/100 г	37,46	45,49	0,1	1,21	0,12
Содержание железа, мг/100 г	1,06	1,26	0,05	1,19	0,06
Восстанавливающая активность, D 700 нм	1,129	1,363	0,15	1,21	0,18
Способность связывать свободные радикалы, %	65,9	99	0,3	1,5	0,45
Итого:	-	-	1	-	1,35
I _{тех}	-	-	-	-	1,35
I _{экон}	-	-	-	-	1,27
Конкурентоспособность	-	-	-	-	1,06

Таким образом, производство хлебобулочных изделий «Осенние» «Аппетитные» экономически выгодное, что подтверждается высокой конкурентоспособностью по сравнению с аналогичными изделиями без внесения ПКД, которая обусловлена повышением органолептических и физико-химических показателей качества и физиологической ценности разработанных хлебобулочных изделий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе научно доказано и экспериментально подтверждено использование пищевой комплексной добавки на основе растительного сырья: пророщенной спельты, порошков семян тыквы, грибов вешенка, ягод крыжовника и муки пшеничной обойной при производстве пшеничных и ржано-пшеничных хлебобулочных изделий.

На основании полученных результатов исследований были сделаны следующие выводы.

1. Проведен экспериментальный анализ химического состава, качественных показателей и технологических свойств хлебопекарной ржаной, пшеничной муки и растительного сырья: пророщенной спельты, порошков семян тыквы, грибов вешенка, ягод крыжовника и пшеничной обойной муки.

Расчетным способом с использованием алгоритмов метода обобщенного приведенного градиента и методом дробного факторного эксперимента проведена математическая оптимизация соотношения пророщенной спельты, порошков семян тыквы, грибов вешенка, ягод крыжовника и муки пшеничной обойной в составе пищевой комплексной добавки, которое составляет в % к массе пищевой комплексной добавки: 25:17,2:0,9:0,6:56,3.

Показана высокая восстанавливающая, гидроксилрадикальная активность пищевой комплексной добавки и способность связывать свободные радикалы ПКД по сравнению с пшеничной и ржаной мукой.

2. Установлено, что при внесении ПКД в муку высшего сорта наблюдается увеличение содержания сырой клейковины на 0,8 %, показателя качества сырой клейковины по показаниям прибора ИДК-3М – на 69,9 %, амилолитической активности муки – на 64,5 % по сравнению с контролем.

Определены оптимальные параметры предварительной активации дрожжей: концентрация ПКД – 16 г/2 г дрожжей, продолжительность активации – 20 минут, температура – 32 °С, при которых возрастает подъемная сила дрожжей на 58,0 %,

зимазная активность на 37,4, %, мальтазная активность на 13,4 % по сравнению с контролем. Для концентрированной молочнокислой закваски установлено увеличение прироста молочнокислых бактерий через 12 часов созревания относительно контроля до 47,8 % при внесении ПКД в питательную среду для освежения закваски.

Установлены реологические свойства полуфабрикатов на фаринографе, экстенсографе и амилографе Brabender при внесении пищевой комплексной добавки:

- для пшеничной муки высшего сорта происходит снижение показателя водопоглощения на 0,17 %, времени образования теста – на 26,1 %, устойчивости теста замесу – на 91,4 %, растягиванию – на 21,1 %, растяжимости – на 4,6 %, энергии растягивания – на 8,3 %, вязкости водно-мучной суспензии при нагревании – на 85,3 % и увеличению начальной температуры клейстеризации – на 0,8 град.;

- для ржано-пшеничной муки наблюдается снижение показателя водопоглощения на 3,27 %, времени образования теста – на 12,1 %, вязкости водно-мучной суспензии при нагревании – на 76,0 % и повышение устойчивости теста – на 38,9 %, начальной температуры клейстеризации – на 1,1 град. по сравнению с контролем.

Установлены реологические свойства полуфабрикатов на реоферментометре Chopin:

- для пшеничной муки высшего сорта происходит увеличение максимальной высоты подъема теста – на 19,5 %, газообразующей способности – на 35,8 %;

- для ржано-пшеничной муки наблюдается повышение максимальной высоты подъема теста – на 4,6 %, газообразующей способности – на 3,2 % по сравнению с контролем.

3. Показано, что при производстве пшеничного хлеба:

- при безопасном способе тестоведения внесение ПКД позволяет сократить время брожения теста на 60 минут, длительность расстойки – на 27,8 %, затраты сухих веществ на брожение – на 0,39 %, усушку хлеба – на 1,13 %, увеличить

пористость мякиша – 3,5 %, удельный объем хлеба – на 18,5 % по сравнению с контролем;

- при опарном способе тестоведения общее время созревания тестовых полуфабрикатов сокращается на 110 минут, длительность расстойки – на 19,2 %, затраты сухих веществ на брожение опары и теста – на 1,05 %, усушка хлеба – на 1,01 %, увеличиваются пористость мякиша – на 1,5 %, удельный объем хлеба – на 4,7 % по сравнению с контролем.

При производстве ржано-пшеничного хлеба внесение ПКД позволяет сократить время брожения теста на 20 минут, усушку хлеба – на 1,04 %, увеличить пористость мякиша – на 1,5 %, удельный объем хлеба – на 8,6 %, содержание бисульфитсвязывающих соединений – на 14,6 % по отношению к контролю.

4. Установлено, что применение пищевой комплексной добавки позволяет повысить физиологическую ценность на 100 г продукта:

- для хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта возрастает содержание белков на 0,24 г, жиров на 0,86 г, пищевых волокон на 0,86 г, снижается содержание углеводов на 1,51 г;

- для ржано-пшеничных хлебобулочных изделий возрастает содержание белков на 0,46 г, жиров на 0,77 г, пищевых волокон на 0,27 г, снижается содержание углеводов на 1,45 г по сравнению с контролем.

Доказано, что разработанные хлебобулочные изделия можно отнести к категории пищевых продуктов, обогащенных минеральными веществами, по содержанию натрия и марганца («Осенние»), а также натрия, магния и марганца («Аппетитные»). Содержание указанных минеральных веществ в хлебобулочных изделиях находится в диапазоне от 15 % до 50 % от норм физиологической потребности в микронутриентах.

Выявлена высокая антиоксидантная активность разработанных хлебобулочных изделий. Восстанавливающая активность выше на 20,7-105,7 %, гидроксилрадикальная активность – на 6,6 %-34,7 % и способность связывать свободные радикалы – в 1,5-7,2 раза по сравнению с контролем. Хелатирующая

способность разработанных хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта выше в 1,3 раза по сравнению с контролем.

5. Исследованы микробиологические показатели безопасности хлебобулочных изделий в процессе хранения. Установлено, что по показателю прироста КМАФАнМ хлебобулочные изделия «Осенние» на 12,0 % и «Аппетитные» на 7,8 % менее подвержены микробной порче по сравнению с контрольными образцами.

6. Разработана пакет нормативно-технической документации на пищевую комплексную добавку «Вкус осени», на хлебобулочные изделия «Осенние» и «Аппетитные». Проведена промышленная апробация и определена экономическая эффективность и конкурентоспособность хлебобулочных изделий, которая показала, что интегральный показатель конкурентоспособности хлебобулочных изделий «Осенние» равен 1,36, «Аппетитные» – 1,06, доказывая конкурентоспособность разработанных изделий по отношению к контрольным образцам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айрумян, В. Ю. Моделирование и оптимизация методом математического планирования состава композитных смесей для производства хлеба повышенной пищевой и биологической ценности / В. Ю. Айрумян, Н. В. Сокол, Е. А. Ольховатов // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2020. – № 5. – С. 40-45.
2. Акимов, М. Ю. Разработка селекционно-технологических критериев оценки плодовой и ягодной продукции для индустрии здорового и диетического питания : автореф. дис. ... докт. сел.-хоз. наук : 05.18.01 / Михаил Юрьевич Акимов. – Мичуринск, 2020. – 45 с.
3. Акимов, М. Ю. Роль плодов и ягод в обеспечении человека жизненно важными биологически активными веществами / М. Ю. Акимов, В. Н. Макаров, Е. В. Жбанова // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – № 2. – С. 56-60.
4. Алексеевн, Б. В. Разработка технологии производства хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности / Б. В. Алексеевн, Д. В. Ефимова, Л. В. Давыдова // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – № 2. – с. 193-200.
5. Алов, Ю. Ю. Оценка тенденций развития хлебопекарной отрасли России в условиях цифровизации / Ю. Ю. Алов, Е. В. Шепелева // Социально-экономические процессы современного общества: теория и практика : материалы Всероссийской научно-практической конференции, 21 мая 2021 г., г. Чебоксары. – Чебоксары, 2021. – С. 30-36.
6. Анализ российский рынка хлеба и хлебобулочных изделий: итоги 2019 г., прогноз до 2022 г. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://marketing.rbc.ru/articles/11527/> (дата обращения 17.02.2022).
7. Анализ рынка хлебобулочных изделий / О. С. Никульчева [и др.] // Международный студенческий научный вестник. – 2021. – № 2. – С. 114.
8. Атабаева, В. В. Новое нетрадиционное сырье в хлебопекарном производстве / В. В. Атабаева // Студенческая наука и XXI век. – 2020. – № 2-1. – С. 11-14.
9. Атрощенко, Г. П. Биохимический состав ягод различных сортов и гибридных сеянцев крыжовника / Г. П. Атрощенко, К. А. Волкова // Роль молодых

ученых в решении актуальных задач АПК : материалы международной научно-практической конференции молодых учёных, 1-2 марта 2018 г., г. Санкт-Петербург-Пушкин. – Санкт-Петербург-Пушкин, 2018. – С. 67-69.

10. Ауэрман, Л. Я. Технология хлебопекарного производства : учебник / Л. Я. Ауэрман. – Санкт-Петербург : Профессия, 2005. – 416 с.

11. Ахметова, А. Р. Одуванчик и его применение в различных отраслях промышленности / А. Р. Ахметова, О. Ю. Калужина // Инновационные технологии и технические средства для АПК : материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов, 15–17 ноября 2016 г., г. Воронеж. – Воронеж, 2016. – С. 137-139.

12. Бабухадия, К. Р. Использование овощного сырья в хлебопечении / К. Р. Бабухадия // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. В 2-х частях, 5 апреля 2017 г., г. Благовещенск. – Благовещенск, 2017. – С. 99-103.

13. Бакаева, И. А. Разработка технологии хлеба повышенной пищевой ценности на густой закваске из биоактивированного зерна пшеницы : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Ирина Александровна Бакаева. – Воронеж, 2015. – 24 с.

14. Березина, Н. А. Моделирование состава поликомпонентных мучных смесей с заданными показателями пищевой адекватности / Н. А. Березина, А. В. Артемов, Б. Н. Чуев // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2016. – № 3. – С. 17-23.

15. Беспоместных, К. В. Исследование биохимических и морфологических свойств штаммов бактерий рода *Lactobacillus* / К. В. Беспоместных, А. Г. Галстян, Е. В. Короткая // Техника и технология пищевых производств. – 2011. – № 2 – С. 94-98.

16. Биоконверсия ячменной муки в технологии хлебобулочных изделий / Т. Г. Богатырева [и др.] // Хлебопродукты. – 2013. – № 9. – С. 48-51.

17. Бишарова, Л. В. Применение цельнозерновых культур в хлебобулочных изделиях / Л. В. Бишарова, Е. И. Кощина, А. С. Нигматзянов //

Интеграция образования науки и производства : материалы II Всероссийской научно-практической конференции, 22 апреля 2021 г., г. Мелеуз. – Уфа, 2021. – С. 19-24.

18. Блем, А. Г. Математическое моделирование состава безглютеновых хлебопекарных смесей / А. Г. Блем, Л. А. Козубаева, Я. Ю. Музоватова // Программно-техническое обеспечение автоматизированных систем : материалы Всероссийской молодежной научно-практической конференции, 16 декабря 2020 г., г. Барнаул. – Барнаул, 2021. – С. 35-38.

19. Богатырева, Т. Г. Биотехнологические способы регулирования качества и пищевой ценности хлебобулочных изделий / Т. Г. Богатырева, И. Г. Белявская // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2017. – № 7-8. – С. 12-14.

20. Богданова, О. В. Современное состояние и тенденции развития российского рынка хлеба и хлебобулочных изделий / О. В. Богданова, Л. В. Алексеева, А. А. Петрова // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2019. – № 2. – С. 167-174.

21. Бочкарева, З. А. Изделия хлебобулочные мелкоштучные повышенной пищевой ценности / З. А. Бочкарева // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 4. – С. 94-99.

22. Бурнашова, С. А. Влияние дозировки тыквенной муки на технологические свойства мучных смесей / С. А. Бурнашова, Е. Ю. Егорова // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности : материалы XI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, 23-25 мая 2018 г., г. Бийск. – Бийск:, 2018. – С. 481-484.

23. Буторина, Н. В. Изучение активности α -и β -амилаз в злаковых культурах / Н. В. Буторина, А. К. Подшивалова, Н. С. Сидорова // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2018. – № 26. – С. 5.

24. Варо, А. К. С. Изучение влияния порошка ямса на качество хлебобулочных изделий из пшеничной муки / А. К. С. Варо, Е. В. Невская, М. В. Носова // Хлебопечение России. – 2018. – № 4. – С. 39-43.

25. Васильева, А. Г. Химический состав и потенциальная биологическая ценность семян тыквы различных сортов / А. Г. Васильева, И. А. Круглова // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2007. – № 5-6. – С. 30-33.

26. Вершинина, О. Л. Использование продуктов переработки семян арбуза при производстве хлебобулочных изделий функционального назначения / О. Л. Вершинина, Ю. Ф. Росляков, В. В. Гончар // Достижения и проблемы современных тенденций переработки сельскохозяйственного сырья: технологии, оборудование, экономика : материалы Международной научно-практической конференции, 4 марта 2016 г., г. Краснодар. – Краснодар, 2016. – С. 32-35.

27. Взаимосвязь ожирения, уровня холестерина липопротеидов низкой плотности и перфузии миокарда у пациентов с факторами риска без сердечно-сосудистых заболеваний атеросклеротического генеза / Сергиенко В. Б. [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2021. – № 2. – С. 41-49.

28. Винницкая, В. Ф. Антиоксидантная активность новых хлебобулочных изделий с пребиотическими свойствами / В. Ф. Винницкая, А. С. Мантрова // Наука и Образование. – 2020. – № 1. – С. 79.

29. Виноградова, А. А. Лабораторный практикум по курсу общей технологии бродильных производств / А. А. Виноградова, Г. М. Мелькина, Л. А. Фомичева. – Москва : Агропромиздат, 1991. – 335 с.

30. Витол, И. С. Амилолитические ферменты в комплексной оценке качества зерна тритикале сорта Тимирязевская 150 и их активация увлажнением и подсушиванием / И. С. Витол, А. Ю. Герасина, Е. П. Мелешкина // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 4. – С. 27-33.

31. Власова, М. В. Влияние грибного порошка на пищевую ценность ржанопшеничного хлеба / М. В. Власова, Т. П. Ахмедова // Вестник ОрелГИЭТ. – 2016. – № 2. – С. 151-155.

32. Власова, М. В. Оптимизация качества хлебобулочных изделий с использованием грибного порошка / М. В. Власова, Н. А. Батурина // Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования. – 2016. – № 2. – С. 61.

33. Власова, М. В. Формирование потребительских свойств и повышение сохраняемости хлеба из пшеничной муки, обогащенного грибными порошками : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15 / Власова Марина Валерьевна. – Москва, 2011. – 24 с.
34. Влияние гидротермической обработки зерна пшеницы на его физико-химический состав / В. А. Марьин [и др.] // Южно-Сибирский научный вестник. – 2017. – № 4. – С. 163-166.
35. Влияние грибного экстракта, содержащего бета-глюканы, на реологические характеристики хлебного теста / М. Фриуи [и др.] // Вестник Международной академии холода. – 2018. – № 3. – С. 53-61.
36. Влияние овощных порошков на реологические свойства теста и хлеба из пшеничной муки / О. В. Перфилова [и др.] // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2016. – № 1. – С. 71-79.
37. Влияние порошка из капусты брокколи на хлебопекарные свойства пшеничной муки и реологические характеристики теста / Т. И. Крячко [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2019. – № 2-3. – С. 31-35.
38. Влияние порошков капусты брокколи на показатели качества пшеничного хлеба / В. Я. Черных [и др.] // Хлебопродукты. – 2019. – № 4. – С. 36-39.
39. Влияние пророщенной спельты на качество хлеба белого в процессе хранения / З. Ш. Мингалеева [и др.] // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2020. – № 1. – С. 102-107.
40. Влияние способа выпечки и рецептурного состава хлебобулочных изделий на цветовые характеристики их поверхности / Ф. К. Хузин [и др.] // Хлебопродукты. – 2020. – № 1. – С. 56-59.
41. Воздействие протеолитических ферментов клопа-черепашки на количество и качество клейковины / А. Р. Маркарова [и др.] // Зерновое хозяйство России. – 2012. – № 4. – С. 16-20.
42. Ковалева, А. В. Применение фитоэкстрактов, фитосиропов и пробиотиков в производстве хлебобулочных изделий : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Анна Валерьевна Ковалева. – Орел, 2016. – 169 с.

43. Габерман, Т. С. Товароведная характеристика ягод крыжовника и продуктов с их использованием : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15 / Татьяна Сергеевна Габерман. – Кемерово, 2010. –18 с.

44. Гапонова, В. Е. Технология пшеничного хлеба на закваске с использованием виноградного муста / В. Е. Гапонова, Е. И. Слезко, Х. М. Исаев // Инновационная техника и технология. – 2020. – № 4. – С. 5-11.

45. Гартованная, Е. А. Особенности химического состава цельнозерновой муки из селекционных сортов яровой пшеницы / Е. А. Гартованная, А. В. Ермолаева // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы всероссийской научно-практической конференции, 20-21 апреля 2022 г. – г. Благовещенск. – Благовещенск, 2022. – С. 36-42.

46. Гизингер, О. А. Свободнорадикальное, перекисное окисление и природные антиоксиданты / О. А. Гизингер, В. А. Дадали // Терапевт. – 2021. – № 9. – С. 36-44.

47. Горбачев, Д. О. Гигиеническая оценка рисков здоровью трудоспособного населения, обусловленных питанием // Здоровье населения и среда обитания. – 2019. – № 9. – С. 33-39.

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

49. Государственный реестр лекарственных средств. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://grls.rosminzdrav.ru/> (дата обращения 21.03.2020).

50. Грищенко, А. Н. Влияние сушеных овощных выжимок на качество пшеничного хлеба / А. Н. Грищенко // Актуальные проблемы и современные технологии производства продуктов питания : труды Международной научно-практической конференции, 20-21 февраля 2020 г., г. Кутаиси. – Кутаиси, 2020. – С. 37-40.

51. Гулова, Т. И. Разработка технологии производства хлеба с использованием корня крапивы / Т. И. Гулова, Т. И. Гусева // Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции : материалы международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Курганской области, 19 марта

2018 г., с. Лесниково, Кетовский район, Курганская обл. – с. Лесниково, Кетовский район, Курганская обл., 2018. – С. 322-325.

52. Данилина, А. С. Динамика изменения сохранности БАВ и антиоксидантной активности пребиотиков в процессе их использования в производстве пшеничного хлеба / А. С. Данилина, Д. В. Акишин, А. С. Мантрова // Наука и Образование. – 2020. – № 3. – С. 296.

53. Данилина, А. С. Разработка рецептур и параметров технологического процесса производства ржано-пшеничного хлеба с использованием люпиновой муки / А. С. Данилина, С. И. Данилин // Наука и Образование. – 2020. – № 3. – С. 8.

54. Деревенко, В. В. Особенности химического состава семян тыквы Штирийская масляная / В. В. Деревенко, И. Н. Аленкина, Е. А. Калиенко // Масложировая промышленность. – 2014. – № 2. – С. 14-15.

55. Джахангирова, Г. З. Применение натуральных добавок для активации хлебопекарных дрожжей / Г. З. Джахангирова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2017. – № 2. – С. 22-26.

56. Диордиева, И. П. Показатели качества зерна образцов пшеницы, созданных путем гибридизации *Triticum aestivum* L./*Triticum spelta* L / И. П. Диордиева, Я. С. Рябовол // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 4. – С. 35-38.

57. Дубкова, Н. З. Получение пищевых порошков в сушилках-мельницах вибрационного типа : автореф. дис. ... доктора техн. наук : 05.18.12 / Наиля Зуфаровна Дубкова. – Казань, 2011. – 38 с.

58. Дубкова, Н. З., Технология получения порошка из ягод черники / Н. З. Дубкова, Э. Х. Тухбиева // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – № 2. – С. 65-68.

59. Евдокимов, Н. С. К вопросу активации дрожжей / Н. С. Евдокимов, А. С. Абдрахманова, Ю. В. Агаева // Безопасность городской среды : материалы VI Международной научно-практической конференции, 21-23 ноября 2018 г., г. Омск. – Омск, 2019. – С. 297-302.

60. Журавлева, И. А. Влияние закваски спонтанного брожения из биоактивированного зерна пшеницы на качество хлеба / И. А. Журавлева // Хлебопродукты. – 2013. – № 5. – С. 52-53.

61. Заикина, М. А. Обоснование внесения функционального сырья в рецептуру заварного ржано-пшеничного хлеба / М. А. Заикина, Н. С. Бароян, Р. К. Ермолов // Проблемы конкурентоспособности потребительских товаров и продуктов питания : материалы Международной научно-практической конференции, 12 апреля 2019 г., г. Курск, – Курск, 2019. – С. 117-122.

62. Закон РТ от 17.06.2015 № 40-ЗРТ «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Республики Татарстан до 2030 года» (принят ГС РТ 10.06.2015) // Система КонсультантПлюс. – Дата обращения к ресурсу: 16.11.2021 г.

63. Зарипова, Э. Х. Получение пищевых порошков из растительного сырья в вибрационной сушилке-мельнице : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / Эльвира Хамитовна Зарипова. – Казань, 2011. – 18 с.

64. Зиновьева, А. Российский рынок хлебобулочных изделий 2021 года / А. Зиновьева // Российский продовольственный рынок : электронный журнал. – Электрон. дан. – 2021. – № 2. – Режим доступа: <http://www.foodmarket.spb.ru/archive/2021/2021/995/3713/> (дата обращения 24.06.2021).

65. Зинцова, М. В. Управление закупками внешнеторговых компаний на рынке хлебобулочных изделий / М. В. Зинцова, А. Р. Чернова // Российский внешнеэкономический вестник. – 2020. – № 7. – С. 67-78.

66. Иванова, Н. Н. Разработка технологии приготовления пшеничного хлеба с добавлением семян тыквы / Н. Н. Иванова, Д. И. Иванов, О. С. Филимонова // Тенденции развития науки и образования. – 2020. – № 61-3. – С. 72-75.

67. Изучение антиоксидантных свойств Фоспренила в различных биологических тест-системах / Санин А. В. [и др.] // Российский ветеринарный журнал. – 2017. – № 10. – С. 38-41.

68. Изучение биологически активных соединений в семенах тыквы различных сортов / С. Б. Хусид [и др.] // Политематический сетевой электронный

научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 96. – С. 847-856.

69. Изучение влияния комплексной растительной добавки на свойства мучных смесей и пшеничного теста / А.В. Маслов [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2022. – № 3. – С. 511–525.

70. Изучение противоопухолевой активности пробиотических бактерий и их ассоциации на модели опухолевого роста и культуре клеток / И. А. Ратникова [и др.] // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. – 2018. – № 2. – С. 173-178.

71. Икрами, М. Б. Влияние гороховой закваски на развитие картофельной болезни хлеба / М. Б. Икрами, М. Б. Шарипова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 2-1. – С. 94-97.

72. Исследование биодоступности пищевых веществ хлеба из пшеничной муки с добавлением овощных порошков / Е. В. Жиркова [и др.] // Хлебопродукты. – 2019. – № 7. – С. 42-45.

73. Исследование влияния растительных пищевых добавок на эффективность активации прессованных хлебопекарных дрожжей / Н. Н. Корнен [и др.] // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2017. – № 3. – С. 3-7.

74. Исследование функционально-технологических свойств солода пшеничного, предназначенного в качестве основы хлебопекарного улучшителя / Л. О. Коршенко [и др.] // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2016. – № 1. – С. 114-120.

75. Исследование химического состава порошка из капусты брокколи как сырья для производства функциональных продуктов питания / Т. И. Крячко [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2019. – № 1. – С. 22-26.

76. К вопросу современного опыта активации промышленно значимых видов дрожжей для утилизации барды / А. С. Абдрахманова [и др.] // Актуальные вопросы энергетики : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 21 мая 2019 г., г. Омск. – Омск, 2019. – С. 150-154.

77. Калужина, О. Ю. Изучение способа активации спиртовых дрожжей / О. Ю. Калужина // Пиво и напитки. – 2017. – № 1. – С. 30-32.

78. Карамутдинова, Е. И. Активация прессованных дрожжей с применением нетрадиционного растительного сырья на примере экстракта из корней одуванчика / Е. И. Карамутдинова, Е. А. Хлопотина // Наука молодых – инновационному развитию АПК : материалы IX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, 7 декабря 2016 г., г. Уфа. – Уфа, 2016. – С. 283-287.

79. Китаевская С. В., Решетник О. А. Влияние низкотемпературной обработки на активность протеолитических ферментов различных видов муки / С. В. Китаевская, О. А. Решетник // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2020. – № 3. – С. 439-449.

80. Князева, Д. Д. Потребление хлеба и хлебобулочных изделий в Российской Федерации / Д. Д. Князева // Наука без границ. – 2021. – № 3. – С. 67-73.

81. Козликин, А. В. Анализ рынка хлебобулочных изделий / А. В. Козликин // Внедрение результатов инновационных разработок: проблемы и перспективы : материалы Международной научно-практической конференции, 12 января 2021 г., г. Челябинск. – Уфа, 2021. – С. 184-185.

82. Компания Lesaffre. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://lesaffre.ru/> (дата обращения 24.06.2021).

83. Контроль хлебопекарного производства : учебное пособие для вузов / С.Я. Корячкина [и др.]. – Орел : ОрелГТУ, 2010. – 705 с.

84. Корнен, Н. Н. Исследование влияния растительной бад на эффективность активации прессованных хлебопекарных дрожжей / Н. Н. Корнен, Н. И. Альшева, М. А. Казимирова // Инновационные пищевые технологии в области хранения и переработки сельскохозяйственного сырья: фундаментальные и прикладные аспекты : материалы V Международной научно-практической конференции, 28–29 мая 2015 г., г. Краснодар. – Краснодар, 2015. – С. 52-56.

85. Короткова, О. Г. Разработка технологии и товароведная оценка хлебопекарных смесей и изделий на их основе : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15 / Ольга Георгиевна Короткова. – Кемерово, 2011. – 17 с.

86. Косован, А. П. Тенденции развития хлебопекарной промышленности России / А. П. Косован, М. Н. Костюченко // Хлебопечение России. – 2017. – № 3. – С. 7-9.

87. Кузнецова, Л. И. Традиционные технологии производства хлеба на ржаных заквасках / Л. И. Кузнецова, М. С. Бурыкина // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2019. – № 3-4. – С. 6-9.

88. Кузьмина, С. С. Использование муки из семян кунжута в технологии ржаной закваски / С. С. Кузьмина, А. Ю. Чернильцева // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств : материалы XXI Международной научно-практической конференции, 23–24 апреля 2020 г., г. Барнаул. – Барнаул, 2020. – С. 79-83.

89. Кучерявенко, И. М. Использование муки из семян тыквы в приготовлении закваски для ржано-пшеничного хлеба / И. М. Кучерявенко, Н. В. Ильчишина, О. Л. Вершинина // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2012. – № 5-6. – С. 33-35.

90. Кучерявенко, И. М. Совершенствование технологий пшеничных и ржано-пшеничных сортов хлеба с использованием муки, полученной из семян тыквы : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Инна Михайловна Кучерявенко. – Краснодар, 2013. – 24 с.

91. Лабутина, Н. В. Исследование влияния зерновой закваски на качество ржано-пшеничного хлеба / Н. В. Лабутина, Е. С. Баранова, Е. А. Кузнецова // Научное обоснование стратегии развития АПК и сельских территорий в XXI веке : материалы Национальной научно-практической конференции, 10 ноября 2020 г., г. Волгоград. – Волгоград, 2021. – С. 388-392.

92. Лазаренко, Н. Н. Применение сушеных грибов в качестве обогатителя мучных изделий / Н. Н. Лазаренко, Э. Д. Будакова // Продукты питания: производство, безопасность, качество : материалы Международной научно-практической конференции, 18-20 декабря 2019 г., г. Уфа. – Уфа, 2019. – С. 198-201.

93. Левашов, Р. Р. Совершенствование технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий с применением добавок растительного

происхождения : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Рамиль Раисович Левашов. – Казань. – 2019. – 204 с.

94. Лебедеенко, Т. Е. Современные представления о пищевой ценности хлебобулочных изделий. Основные направления для их коррекции / Т. Е. Лебедеенко, Н. Ю. Соколова, В. О. Кожевникова // Зерновые продукты и комбикорма. – 2015. – № 2. – С. 19-25.

95. Лосенков, И. С. Цитотоксический и прооксидантный эффекты аскорбата лития *in vitro* / И. С. Лосенков, Е. В. Плотников, Е. В. Епимахова // Сибирский вестник психиатрии и наркологии. – 2018. – № 1. – С. 24-29.

96. Мазяков, А. С. Бездрожжевой хлеб на закваске из Иван-чая / А. С. Мазяков // Вестник современных исследований. – 2018. – № 12.9. – С. 102-104.

97. Макарова, Е. В. Оценка потребительских свойств и сохраняемости вешенки обыкновенной культивируемой : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Елена Владимировна Макарова. – Новосибирск, 2006. – 20 с.

98. Мантрова, А. С. Расширение ассортимента хлебобулочных изделий с пребиотическими свойствами / А. С. Мантрова // Наука и Образование. – 2019. – № 4. – С. 174

99. Мантрова, А. С. Характеристика биохимического состава и пищевой ценности сырья цикория для применения в хлебопечении / А. С. Мантрова, В. Ф. Винницкая, В. В. Баевский // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2017. – № 1. – С. 65-69.

100. Маслов, А. В. Применение грибного порошка вешенки обыкновенной для активации прессованных хлебопекарных дрожжей / А. В. Маслов, З. Ш. Мингалеева, О. А. Решетник // Индустрия питания. – 2020. – № 4. – С. 38-44.

101. Медведев, П. В. Управление качеством продуктов переработки зерна и зерномучных товаров / П. В. Медведев, В. А. Федотов, И. А. Бочкарева // Научный журнал НИУ ИТМО. – 2016. – № 1. – С. 61-69.

102. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические

рекомендации. – Москва: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 38 с.

103. Микробиологические исследования ржаных заквасок / И. В. Суруханова [и др.] // Приоритеты и научное обеспечение реализации государственной политики здорового питания в России : материалы V международной научно-практической интернет-конференции, 15 ноября – 15 декабря 2017 г., г. Орел. – Орел, 2017. – С. 166-171.

104. Минашина, И. Н. Безопасность растительного сырья, применяемого в производстве мучных изделий с целью повышения их минеральной ценности / И. Н. Минашина, Н. Л. Наумова // Инновации и продовольственная безопасность. – 2020. – № 2. – С. 22-27.

105. Мониторинг и оценка контаминации токсичными элементами пищевых продуктов на территории Республики Татарстан / Фролова О. А. [и др.] // Гигиена и санитария. – 2014. – № 6. – С. 72-75.

106. Науменко, Н. В. Цельносмолотая мука из пророщенного зерна пшеницы как пищевой ингредиент в технологии продуктов питания / Н. В. Науменко, И. Ю. Потороко, М. Т. Велямов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2019. – № 3. – С. 23-30.

107. Незнакина, Ю. С. Основные направления роста удовлетворения потребностей населения в продуктах питания // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки. – 2017. – № 3. – С. 70-75.

108. Никитина, М. А. Применение метода имитационного моделирования при разработке рецептуры безглютенового печенья / М. А. Никитина, И. А. Никитин, В. Г. Кулаков // Cloud of Science. – 2017. – № 3. – С. 376-383.

109. Новая технология приготовления ацидофильной закваски с улучшенными биотехнологическими свойствами / О. Л. Вершинина [и др.] // Вестник Алматинского технологического университета. – 2021. – № 1. – С. 5-11.

110. Новикова, Ж. В. Роль хлебобулочных изделий в укреплении здоровья населения / Ж. В. Новикова, С. М. Сергеева, Т. А. Бохолдина // Проблемы

конкурентоспособности потребительских товаров и продуктов питания : материалы 3-й Международной научно-практической конференции, 9 апреля 2021 г., г. Курск. – Курск, 2021. – С. 279-282.

111. Носова, М. В. Мониторинг физико-химических показателей качества хлебопекарной пшеничной муки высшего сорта / М. В. Носова, Г. Ф. Дремучева, М. Н. Костюченко // Все о мясе. – 2020. – № 5S. – С. 246-248.

112. Обоснование использования гречневого солода при разработке композиции хлебопекарного улучшителя / Л. О. Коршенко [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – № 1. – С. 49-53.

113. Обоснование создания функциональных хлебобулочных изделий с применением смеси порошков тыквы и моркови / С. Я. Корячкина [и др.] // Хлебопродукты. – 2018. – № 4. – С. 58-60.

114. Определение физико-химических характеристик растительных порошков / В. Я. Черных [и др.] // Пищевая промышленность. – 2018. – № 11. – С. 51-55.

115. Оптимизация рецептуры хлеба на закваске спонтанного брожения / Н. Н. Алехина [и др.] // Инновации, качество и сервис в технике и технологиях : научные труды 4-ой Международной научно-практической конференции: в 3-х томах, 04–05 июня 2014 г., г. Курск – Курск, 2014. – С. 35-37.

116. Оптимизация состава композитной смеси на основе безглютенового сырья / П. К. Гарькина [и др.] // Современная наука и инновации. – 2020. – № 4. – С. 53-57.

117. Оценка органолептических и микробиологических показателей качества пшеничного хлеба со съедобным покрытием, содержащим пробиотические микроорганизмы / А. И. Черная // Вопросы питания. – 2017. – № 3. – С. 101-107.

118. Панкова, Н. В. Разработка оптимальной рецептуры хлебобулочных продуктов с добавлением овощных добавок / Н. В. Панкова, А. Е. Ковалева // Проблемы и перспективы развития России: Молодежный взгляд в будущее : материалы Всероссийской научной конференции. В 4-х томах, 17-18 октября 2018 г., г. Курск. – Курск, 2018. – С. 169-173.

119. Паспорт федерального проекта «Формирование системы мотивации граждан к здоровому образу жизни, включая здоровое питание и отказ от вредных привычек» («Укрепление общественного здоровья»). – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru> (дата обращения 30.09.2021).

120. Патент 2064477 Российская Федерация, МПК C09B 61/00. Способ получения порошков из растительного сырья / З. К. Галиакберов, Н. А. Николаев, Н. З. Галиакберова. – № 93043938/13 ; заявл. 07.09.1993 ; опубл. 27.07.1996.

121. Патент 2208631 Российская Федерация, МПК C12N 1/18, A21D 8/00. Способ предварительной активации прессованных дрожжей / Асмаева З. И. [и др.] ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Учебно-научно-производственная фирма «Липиды». – № 2002100330/13 ; заявл. 03.01.2002 ; опубл. 20.07.2003.

122. Патент 2240347 Российская Федерация, МПК C12N 1/18, A21D 8/02. Способ предварительной активации прессованных дрожжей / А. А. Петрик [и др.] ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Учебно-научно-производственная фирма «Липиды». – № 2003104861/13 ; заявл. 17.02.2003 ; опубл. 20.11.2004.

123. Патент 2241337 Российская Федерация, МПК A21D 8/04, A21D 2/36. Способ производства жидкой закваски для приготовления хлеба из ржаной и смеси ржаной и пшеничной муки / Н. М. Дерканосова, В. К. Гинс, Т. Н. Малютина ; заявитель Государственное образовательное учреждение Воронежская государственная технологическая академия. – № 2003118911/13 ; заявл. 23.06.2003 ; опубл. 10.12.2004.

124. Патент 2257406 Российская Федерация, МПК C12N 1/18, A21D 2/36. Способ приготовления активированных прессованных дрожжей / Н. Н. Корнен [и др.] ; заявитель Кубанский государственный технологический университет. – № 2003138085/13 ; заявл. 30.12.2003 ; опубл. 27.07.2005.

125. Патент 2257407 Российская Федерация, МПК C12N 1/18, A21D 2/36. Способ предварительной активации прессованных дрожжей / А. А. Петрик [и др.] ;

заявитель Кубанский государственный технологический университет. – № 2003138152/13 ; заявл. 31.12.2003 ; опубл. 27.07.2005.

126. Патент 2259396 Российская Федерация, МПК C12N 1/18, A21D 2/36. Способ предварительной активации прессованных дрожжей / А. А. Петрик [и др.] ; заявитель Кубанский государственный технологический университет. – № 2004107582/13 ; заявл. 15.03.2004 ; опубл. 27.08.2005.

127. Патент 2272836 Российская Федерация, МПК C12N 1/18, A21D 2/36. Способ предварительной активации прессованных дрожжей / А. А. Петрик [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет». – № 2004133525/13 ; заявл. 17.11.2004 ; опубл. 27.03.2006.

128. Патент 2302457 Российская Федерация, МПК C12N 1/18, A21D 8/00. Способ предварительной активации прессованных дрожжей / А. А. Петрик [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет». – № 2005134913/13 ; заявл. 11.11.2005 ; опубл. 10.07.2007.

129. Патент 2324731 Российская Федерация, МПК C12N 1/16, A21D 2/36. Способ предварительной активации прессованных дрожжей / О. Л. Вершинина [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет». – № 2006136687/13 ; заявл. 16.10.2006 ; опубл. 20.05.2008.

130. Патент 2333647 Российская Федерация, МПК A21D 2/36, C12N 1/18. Способ предварительной активации прессованных дрожжей / В. И. Мартовщук [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет». – № 2007111418/13 ; заявл. 28.03.2007 ; опубл. 20.09.2008.

131. Патент 2348684 Российская Федерация, МПК C12N 1/18, A21D 2/36. Способ предварительной активации прессованных дрожжей / В. И. Мартовщук [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего

профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет». – № 2007120550/13 ; заявл. 01.06.2007 ; опубл. 10.03.2009.

132. Патент 2358007 Российская Федерация, МПК C12N 1/18, A21D 2/38. Способ предварительной активации прессованных дрожжей / В. И. Мартовщук [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет». – № 2007126167/13 ; заявл. 09.07.2007 ; опубл. 10.06.2009.

133. Патент 2388227 Российская Федерация, МПК A21D 2/36, C12N 1/18. Способ предварительной активации прессованных дрожжей / Е. В. Мартовщук [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет». – № 2008138466/13 ; заявл. 26.09.2008 ; опубл. 10.05.2010.

134. Патент 2392308 Российская Федерация, МПК C12N 1/18, A21D 8/02. Способ предварительной активации прессованных хлебопекарных дрожжей / Ю. Ф. Росляков [и др.]; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет». – № 2008126345/13 ; заявл. 27.06.2008 ; опубл. 20.06.2010.

135. Патент 2395207 Российская Федерация, МПК A21D 2/36, C12N 1/18. Способ предварительной активации прессованных дрожжей / В. И. Мартовщук [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет». – № 2008148747/13 ; заявл. 10.12.2008 ; опубл. 27.07.2010.

136. Патент 2395208 Российская Федерация, МПК A21D 2/36, C12N 1/18. Способ предварительной активации прессованных дрожжей / В. И. Мартовщук [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет». – № 2008151231/13 ; заявл. 23.12.2008 ; опубл. 27.07.2010.

137. Патент 2403722 Российская Федерация, МПК A21D 8/00, C12N 1/18, A21D 2/36. Способ предварительной активации прессованных дрожжей / В. И.

Мартовщук [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет». – № 2009121378/13 ; заявл. 04.06.2009 ; опубл. 20.11.2010.

138. Патент 2427184 Российская Федерация, МПК A21D 8/00, A21D 2/36. Способ приготовления хлебобулочного изделия / В. И. Мартовщук [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет». – № 2010111781/13 ; заявл. 26.03.2010 ; опубл. 27.08.2011.

139. Патент 2427185 Российская Федерация, МПК A21D 8/00, A21D 2/36. Способ приготовления хлебобулочного изделия / В. И. Мартовщук [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет». – № 2010111779/13 ; заявл. 26.03.2010 ; опубл. 27.08.2011.

140. Патент 2427625 Российская Федерация, МПК C12N 1/16, A21D 2/36. Способ предварительной активации прессованных дрожжей / В. И. Мартовщук [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет». – № 2010111777/13 ; заявл. 26.03.2010 ; опубл. 27.08.2011.

141. Патент 2452771 Российская Федерация, МПК C12N 1/16, A21D 2/36. Способ предварительной активации прессованных дрожжей / О. Л. Вершинина ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет». – № 2010148162/10 ; заявл. 25.11.2010 ; опубл. 10.06.2012.

142. Патент 2486754 Российская Федерация, МПК A21D 8/02, C12N 1/16. Способ предварительной активации прессованных дрожжей для приготовления теста / А. В. Хмелевская [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный

технологический университет). – № 2011150576/13 ; заявл. 12.12.2011 ; опубл. 10.07.2013.

143. Патент 2493702 С2 Российская Федерация, МПК А21D 8/02, А21D 13/02. Способ производства диетического хлеба (варианты) / П. А. Чалдаев, А. В. Зимичев ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Самарский государственный технический университет. – № 2011144487/13 ; заявл. 02.11.2011 ; опубл. 27.09.2013.

144. Патент 2500107 Российская Федерация, МПК А21D 8/02, А21D 2/36, А21D 13/04. Способ производства хлеба с использованием тритикалевой муки / О. Е. Карчевская, Г. Ф. Дремучева, А. И. Грабовец ; заявитель Государственное научное учреждение Государственный научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности Россельхозакадемии. – № 2012113344/13 ; заявл. 06.04.2012 ; опубл. 10.12.2013.

145. Иунихина, Е. В. Совершенствование технологии хлебобулочных изделий для здорового питания на основе применения нетрадиционного сырья : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Елена Владимировна Иунихина. – Москва, 2015. – 187 с.

146. Патент 2567166 Российская Федерация, МПК А21D 13/02. Способ производства хлебобулочных изделий из проросшего зерна злаков / В. В. Васькин. – № 2014108146/13 ; заявл. 04.03.2014 ; опубл. 10.11.2015.

147. Патент 2568138 Российская Федерация, МПК А21D 8/02. Способ производства молочнокислой закваски для ржаных и ржано-пшеничных сортов хлеба / Г. С. Качмазов, У. В. Багаева, А. Г. Григорян; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Осетинский государственный университет имени Коста Левановича Хетагурова». – № 2014138213/13 ; заявл. 22.09.2014 ; опубл. 10.11.2015.

148. Патент 2573941 Российская Федерация, МПК С12G 3/02. Способ активации микрофлоры на лабораторной стадии разводочного цикла квасных

заквасок . – № 2014130744/10 / Г. С. Качмазов, У. В. Багаева, А. Г. Григорян ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Осетинский Государственный Университет имени Коста Левановича Хетагурова»; заявл. 24.07.2014 ; опубл. 27.01.2016.

149. Патент 2579245 Российская Федерация, МПК A21D 8/00. Способ ускоренного производства хлеба и хлебобулочных изделий с использованием можжевельника обыкновенного / И. И. Фокин, В. И. Криштафович. – № 2014146891/13 ; заявл. 21.11.2014 ; опубл. 10.04.2016.

150. Патент 2595506 Российская Федерация, МПК A21D 8/02, A21D 2/36. Способ приготовления хлеба из ржаной или из смеси ржаной и пшеничной муки / О. Л. Вершинина [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет». – № 2015119858/13 ; заявл. 26.05.2015 ; опубл. 27.08.2016.

151. Патент 2604925 Российская Федерация, МПК A21D 13/02. Способ производства ржано-пшеничного хлеба на зерновой закваске / Т. Г. Богатырева [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет пищевых производств» Министерства образования и науки Российской Федерации. – № 2015118790/13 ; заявл. 20.05.2015 ; опубл. 20.12.2016.

152. Патент 2615480 С Российская Федерация, МПК A21D 2/36. Способ предварительной активации прессованных хлебопекарных дрожжей / Р. Р. Левашов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». – № 2016100703 ; заявл. 11.01.2016 ; опубл. 04.04.2017.

153. Патент 2630501 С Российская Федерация, МПК A21D 2/36, A21D 8/00. Способ получения сухой закваски «Хмелевая злаковая» / Е. И. Пономарева [и др.] ;

заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий». – № 2016143028 ; заявл. 01.11.2016 ; опубл. 11.09.2017.

154. Патент 2669291 Российская Федерация, МПК A21D 8/02. Способ производства ржано-пшеничного хлеба функционального назначения / Л. З. Бориева, А. Я. Тамахина ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова». – № 2017144454 ; заявл. 18.12.2017 ; опубл. 09.10.2018.

155. Патент 2682042 Российская Федерация, МПК A21D 2/36. Способ активации хлебопекарных прессованных дрожжей / Е. П. Викторова [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия». – № 2018115907 ; заявл. 26.04.2018 ; опубл. 14.03.2019.

156. Патент 2698901 С2 Российская Федерация, МПК A21D 2/36. Способ активации прессованных дрожжей / Н. А. Шмалько, Ю. Ф. Росляков, С. О. Смирнов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет». – № 2018100785 ; заявл. 10.01.2018 ; опубл. 30.08.2019.

157. Патент 2698979 Российская Федерация, МПК A21D 8/02, A21D 8/04, A21D 2/36. Способ приготовления закваски / О. С. Корнеева, Г. П. Шуваева, Л. А. Мирошниченко ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Русская Олива». – № 2018116198 ; заявл. 28.04.2018 ; опубл. 02.09.2019.

158. Патент 2702089 Российская Федерация, МПК A21D 13/04. Хлеб повышенной пищевой ценности и способ его изготовления / В. В. Долгих. – № 2018147043 ; заявл. 27.12.2018 ; опубл. 03.10.2019.

159. Патент 2711783 Российская Федерация, МПК A21D 2/36. Способ производства жидкой закваски на основе соплодий хмеля обыкновенного для приготовления хлеба / О. Ю. Калужина [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Башкирский государственный аграрный университет». – № 2019111823 ; заявл. 18.04.2019 ; опубл. 22.01.2020.

160. Патент 2712500 Российская Федерация, МПК A21D 2/36. Способ активации хлебопекарных прессованных дрожжей / Е. П. Викторова [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия». – № 2019110474 ; заявл. 08.04.2019 ; опубл. 29.01.2020.

161. Патент 2712697 Российская Федерация, МПК A23L 7/126, A23L 21/00. Злаковый батончик для питания работающих с амино- и нитросоединениями бензола / Т. Ю. Гумеров, Л. З. Габдукаева, Н. В. Клинцева ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ». – № 2019109573 ; заявл. 01.04.2019 ; опубл. 30.01.2020.

162. Патент на полезную модель № 14649 Российская Федерация, МПК F26B 17/30. Вибрационная сушилка мельница / Н. З. Дубкова, З. К. Галиакберов, Н. А. Николаев, Г. И. Иванова. – № 2000106932/20 ; заявл. 21.03.2000 ; опубл. 10.08.2000.

163. Перспективы использования муки из зерна сорго при производстве хлеба из муки пшеничной / Волкова А. В. [и др.] // АПК России: образование, наука, производство : материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, 15-16 июля 2020 г., г. Саратов. – Саратов, 2020. – С. 37-42.

164. Першакова, Т. В. Влияние добавок растительных препаратов на активацию прессованных дрожжей и потребительские свойства хлебобулочных изделий / Т. В. Першакова, П. И. Кудинов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2013. – № 5-6. – С. 35-38.

165. Петров, И. В. Загрязненность продуктов питания тяжелыми металлами на территории нефтедобывающих районов Республики Татарстан / И. В. Петров, Е. П. Бочаров, Е. А. Тафеева // Здоровье человека в XXI веке :: материалы IX Российской научно-практической конференции, 30-31 марта 2017 г., г. Казань. – Казань, 2017. – С. 249-252.

166. Петрова, Л. А. Изменение показателей качества грибного порошка в период хранения / Л. А. Петрова, Д. О. Климова // Научные Записки ОрелГИЭТ. – 2013. – № 2. – С. 402-405.

167. Пищевая ценность биологически активных добавок для обогащения хлебобулочных изделий / Исригова Т. А. [и др.] // Развитие научного наследия Н. И. Вавилова : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 26-29 июня 2017 г., г. Дербент. – Махачкала, 2017. – С. 355-360.

168. Пищевая ценность хлебобулочных изделий из полбяной муки, обогащённых витаминами, железом и кальцием / И. Г. Белявская [и др.] // Хлебопродукты. – 2020. – № 2. – С. 54-57.

169. Плантариум. Определитель растений онлайн. – Режим доступа: <https://www.plantarium.ru/> (дата обращения 30.09.2021).

170. Плужникова, А. Д. Использование бактериальной закваски на основе ферментативного гидролизата смеси пророщенных зерен ржи, ячменя, пшеницы в производстве хлебобулочных изделий для здорового питания / А. Д. Плужникова, Т. Г. Богатырева // Инновации в индустрии питания и сервисе : материалы III Международной научно-практической конференции, 25 октября 2018 г., г. Краснодар. – Краснодар, 2018. – С. 254-257.

171. Позднякова, О. Г. Влияние пробиотической закваски на потребительские свойства хлеба из смеси пшеничной и цельнозерновой муки / О. Г. Позднякова, М. Г. Курбанова, Е. В. Назимова // Хлебопродукты. – 2017. – № 9. – С. 56-59.

172. Пономарева, Е. И. Влияние параметров приготовления закваски спонтанного брожения на качество зернового хлеба / Е. И. Пономарева, Н. Н. Алехина, И. А. Журавлева // Хлебопродукты. – 2013. – № 3. – С. 42-43.

173. Попикова, Я. А. Химический состав ягод черной смородины, крыжовника и йошты / Я. А. Попикова // Проспект Свободный-2015 : материалы Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 15-25 апреля 2015 г., г. Красноярск. – Красноярск, 2015. – С. 29-32.

174. Попова, Е. И. Технология производства ржано-пшеничного хлеба, обогащенного фруктовым порошком / Е. И. Попова, А. Ю. Медеяева, С. В. Мантров // Наука и Образование. – 2019. – № 4. – С. 173.

175. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 15 января 2020 г. № 8 «Об утверждении стратегии формирования здорового образа жизни населения, профилактики и контроля неинфекционных заболеваний на период до 2025 года» // Система КонсультантПлюс. – Дата обращения к ресурсу: 10.11.2021 г.

176. Применение методов обобщенного приведенного градиента и дробного факторного эксперимента при оптимизации состава пищевой комплексной добавки для хлеба повышенной пищевой ценности / А. В. Маслов [и др.] // Индустрия питания. – 2021. – № 3. – С. 5-14.

177. Применение плодовых и овощных порошков в производстве хлеба / Э. Ш. Манеева [и др.] // Хлебопродукты. – 2018. – № 11. – С. 51-53.

178. Применение растительных вторичных аккумуляторов селена для обогащения хлебобулочных изделий / Т. И. Крячко [и др.] // Новые технологии. – 2018. – № 3. – С. 43-52.

179. Применение тонкодисперсных овощных и фруктовых порошков в технологии ржано-пшеничных хлебобулочных изделий / С. Я. Корячкина [и др.] // Хлебопродукты. – 2017. – № 7. – С. 36-39.

180. Применение фитообогапителя в технологии хлеба из смеси пшеничной и ржаной муки для здорового питания / К. В. Парусова [и др.] // Наука и Образование. – 2019. – № 2. – С. 42.

181. Причко, Т. Г. Ягоды крыжовника-источник биологически активных веществ / Т. Г. Причко, В. В. Яковенко, М. Г. Германова // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2015. – № 4. – С. 26-28.

182. Прогнозирование пищевой ценности хлебобулочных изделий на основе математического моделирования биохимических превращений / Е. И. Пономарева [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2013. – № 1. – С. 63-67.

183. Производство дрожжевых изделий с морковным порошком / И. В. Иванова [и др.] // Импортзамещающие технологии и оборудование для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственного сырья : материалы I Всероссийской конференции с международным участием, 24-25 мая 2019 г., г. Тамбов. – Тамбов, 2019. – С. 395-398.

184. Производство хлеба из различных сортов муки / Н. Ю. Петров [и др.] // Пути улучшения повышения качества хранения и переработки сельскохозяйственной продукции и её экономическое значение в развитии сельского хозяйства : материалы конференции, 30 апреля 2015 г., г. Камызяк. – Камызяк, 2015. – С. 30-36.

185. Пухова, М. Е. Разработка хлеба повышенной пищевой ценности с применением муки из семян подсолнечника / М. Е. Пухова, Е. В. Кудрявцева, Н. А. Субботина // Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи : материалы XI Всероссийской (национальной) научно-практической конференции молодых ученых, 21 ноября 2019 г., г. Курган. – Курган, 2019. – С. 228-233.

186. Пучкова, Л. И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства / Л. И. Пучкова. – 4-е изд. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2004. – 264 с.

187. Разработка хлебопекарной композитной смеси с высоким содержанием белка для обогащённых хлебобулочных изделий / И. А. Тюрина [и др.] // Хлебопродукты. – 2019. – № 9. – С. 53-55.

188. Разработка хлебопекарных композитных смесей для здорового питания / Е. В. Невская [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – № 4. – С. 531-544.

189. Распоряжение Правительства РФ от 08.09.2022 № 2567-р «Об утверждении Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года» // Система КонсультантПлюс. – Дата обращения к ресурсу 10.11.2021 г.

190. Распоряжение Правительства РФ от 29.06.2016 № 1364-р «Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации на период до 2025 года» // Система КонсультантПлюс. – Дата обращения к ресурсу 10.11.2021 г.

Федерации до 2030 года» // Система КонсультантПлюс. – Дата обращения к ресурсу 10.11.2021 г.

191. Режим питания в сохранении здоровья работающего населения / И. В. Кобелькова [и др.] // Вопросы питания. – 2017. – № 5. – С. 17-21.

192. Ресурсосберегающая технология использования отходов переработки растительного сырья / Ю. И. Хамидуллина [и др.] // Сушка, хранение и переработка продукции растениеводства : материалы Международного научно-технического семинара, 22–23 мая 2018 г., г. Москва. – Москва, 2018. – С. 270-273.

193. Решение Комиссии Таможенного союза от 28.05.2010 N 299 (ред. от 08.02.2022) «О применении санитарных мер в Евразийском экономическом союзе» // Система КонсультантПлюс. – Дата обращения к ресурсу 10.09.2021 г.

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

195. Российская газета. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://rg.ru/> (дата обращения 16.10.2021).

196. Российский статистический ежегодник. 2020. – Стат. сб. / Росстат. – М., 2020 – 700 с.

197. Ростовская, М. Ф. Накопление амилолитических ферментов в зерне пшеницы в процессе проращивания при получении пшеничного солода / М. Ф. Ростовская, А. Н. Извекова, А. Г. Клыков // Химия растительного сырья. – 2014. – № 2. – С. 255-260.

198. Русина, И. М. Влияние овощных порошков на динамику брожения и показатели качества пшеничного хлеба пробных выпечек / И. М. Русина, И. М. Колесник // Вестник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. Серия 6. Техника. – 2019. – № 2. – С. 62-72.

199. Рыгалова, Е. А. Пищевая и энергетическая ценность хлебобулочного изделия с ягодными выжимками / Е. А. Рыгалова, Н. А. Величко // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 7. – С. 162-168.

200. Рязанов, С. С. Содержание и подвижность свинца в почвах Республики Татарстан в условиях различных типов землепользования / С. С. Рязанов, Б. Р.

Григорьян, И. А. Сахабиев // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. – 2019. – № 1. – С. 101-116.

201. Саги, В. А. К. Исследование влияния порошка ямса на реологические, физико-химические показатели и пищевую ценность хлебобулочных изделий из пшеничной муки / В. А. К. Саги, Е. В. Невская, Э. М. Шабанова // Хлебопекарное производство в России – 2018 : материалы докладов XIV Международной конференции, 26–28 ноября 2018 г., г. Москва. – Москва, 2018. – С. 79-81.

202. Саградян, С. Разработка технологии, оценка качества и безопасности новых печений функционального назначения / С. Саградян, А. Казарян, Н. Оганнисян // Вестник Армянского государственного экономического университета. – 2019. – № 2. – С. 132-140.

203. Сакович, В. В. Хроматографическая очистка ферментного препарата из культуральной жидкости *Pleurotus ostreatus* / Сакович В. В. [и др.] // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия биологических наук. – 2019. – № 4. – С. 467-471.

204. Сборник технологических инструкций для производства хлебобулочных изделий. – Москва: Прейскурантиздат, 1989. – 1080 с.

205. Седыченкова, Е. В. Состояние и перспективы развития рынка хлеба и хлебобулочных изделий / Е. В. Седыченкова, К. Е. Тепомес, И. А. Долматова // Наука молодых – будущее России : материалы 3-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых, 11-12 декабря 2018 г., г. Курск. – Курск, 2018. – С. 147-151.

206. Семянина, В. А. Российский рынок хлебобулочных изделий в условиях пандемии коронавируса / В. А. Семянина, А. М. Агапкин // Товаровед продовольственных товаров. – 2021. – № 4. – С. 268-270.

207. Сибилева, Д. В. Влияние растительных ингредиентов на хлебопекарные свойства пшенично-ржаного хлеба / Д. В. Сибилева, М. А. Заикина, Е. Т. Грешилов // Проблемы конкурентоспособности потребительских товаров и продуктов питания : материалы 3-й Международной научно-практической конференции, 9 апреля 2021 г., г. Курск. – Курск, 2021. – С. 368-372.

208. Сидельникова, Н. А. Использование фитопорошков в технологии производства хлеба / Н. А. Сидельникова, В. В. Смирнова // Пища. Экология. Качество : материалы XVI Международной научно-практической конференции, 24-26 июня 2019 г., г. Барнаул. – Барнаул, 2019. – С. 186-189.

209. Сидняев, Н. И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Н. И. Сидняев. – Москва: Юрайт, 2018. – 495 с.

210. Слезко, Е. И. Использование семян тыквы при производстве хлебобулочных изделий / Е. И. Слезко, В. Е. Гапонова, В. Н. Рыжик // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2021. – № 1. – С. 289-295.

211. Совершенствование технологии хлеба белого из муки пшеничной высшего сорта / З. Ш. Мингалеева, А. В. Маслов, О. В. Старовойтова, О. А. Решетник // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2019. – № 6. – С. 29-33.

212. Сокерина, Н. Н. Биохимический состав ягод крыжовника в условиях Республики Коми / Н. Н. Сокерина // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. – № 2. – С. 268-273.

213. Соколова, Л. К. Ингибиторы альфа-глюкозидазы в клинической практике. Вопросы и ответы / Л. К. Соколова // Международный эндокринологический журнал. – 2018. – № 1. – С. 71-75.

214. Спирин, Н. А. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента : учебное пособие / Н.А. Спирин [и др.]. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2003. – 260 с.

215. Сравнительная характеристика химического состава зерна пшеницы и продуктов его переработки по традиционной и разработанной технологии / Т. В. Ваницкая [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2010. – № 2-3. – С. 26-27.

216. Старкова, О. Я. Тенденции развития рынка хлеба в Российской Федерации / О. Я. Старкова, М. А. Алабужева // Экономика: экономика и сельское хозяйство. – 2017. – № 2. – С. 23-27.

217. Стрельченко, Е. А. Изучение возможности использования продуктов переработки культивируемых грибов в технологии хлебобулочных изделий / Е. А. Стрельченко, П. Н. Ивановский, А. Е. Гаурская // Образование и наука в России и за рубежом. – 2019. – № 2. – С. 394-400.

218. Субботина, Н. А. Использование растительного сырья для повышения пищевой ценности хлебобулочных изделий / Н. А. Субботина // Приоритетные направления регионального развития : материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, 6 февраля 2020 г., г. Курган. – Курган, 2020. – С. 793-797.

219. Сухой сок из крыжовника / Емельянов А. А. [и др.] // Пиво и напитки. – 2009. – № 3. – С. 22-23.

220. Таточенко, И. М. Российский рынок хлеба и хлебопродуктов: современное состояние, перспективы, актуальные тенденции развития / И. М. Таточенко, А. Л. Таточенко, А. А. Абрамчук // Modern Science. – 2019. – № 10-2. – С. 142-147.

221. Тедеева, Ф. Л. Влияние хмелевой закваски на продолжительность брожения пшеничного теста и качество хлеба / Ф. Л. Тедеева, Д. В. Гацоева // Актуальные проблемы химии, биологии и биотехнологии : материалы X всероссийской научной конференции, 11-13 мая 2016 г., г. Владикавказ. – Владикавказ, 2016. – С. 360-363.

222. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Татарстан. Электрон. дан. – Режим доступа: <https://www.tatstat.gks.ru> (дата обращения 18.12.2021).

223. Тертычная, Т. Н. Влияние функциональной добавки «свекла» на активацию прессованных дрожжей / Т. Н. Тертычная, Е. Ю. Ухина, В. И. Манжесов // Сахарная свекла. – 2009. – № 2. – С. 36-38.

224. Технология ржано-пшеничного хлеба на основе зерновых заквасок / Т. Г. Богатырева [и др.] // Хлебопродукты. – 2016. – № 9. – С. 49-51.

225. Крячко, Т. И. Разработка технологии функциональных хлебобулочных изделий с применением порошков из растений рода Brassica L. и Allium L. : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Татьяна Ивановна Крячко. – Москва, 2020. – 25 с.

226. Типсина, Н. Н. Влияние заморозки на физико-химические показатели ягод крыжовника / Н. Н. Типсина, Н. А. Гречишникова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015. – № 10. – С. 121-125.

227. Типсина, Н. Н. Крыжовник-северный виноград / Н. Н. Типсина, Н. А. Гречишникова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3. – С. 60-63.

228. Типсина, Н. Н. Разработка мучных кондитерских изделий с использованием плодов крыжовника / Н. Н. Типсина, Н. А. Гречишникова, Н. В. Присухина // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2017. – № 10. – С. 62-67.

229. Томилова, И. А. Основные тенденции развития хлебопекарной промышленности / И. А. Томилова, Н. А. Юрк // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых – 2019 : материалы 8-й Международной молодежной научной конференции, 13-14 ноября 2019 г., г. Курск. – Курск, 2019. – С. 73-76.

230. Туркова, А. Ю. Совершенствование технологии кексов функционального назначения : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Анна Юрьевна Туркова. – Орел. – 2015. – 172 с.

231. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» // Система КонсультантПлюс. – Дата обращения к ресурсу: 11.11.2021 г.

232. Фаткуллин, Р. И. Теоретические аспекты взаимодействия растительных полифенолов с макромолекулами в функциональных пищевых системах / Р. И. Фаткуллин, И. Ю. Потороко, И. В. Калинина // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2021. – № 1. – С. 82-90.

233. Федеральная служба государственной статистики. Электрон. дан. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения 12.07.2022).

234. Федеральный закон от 1 марта 2020 г. № 47-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О качестве и безопасности пищевых продуктов» и статью 37 Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» // Система КонсультантПлюс. – Дата обращения к ресурсу: 11.11.2021 г.

235. Фёдорова, Р. А. Качественная оценка биологической ценности тыквы при использовании в перерабатывающем производстве / Р. А. Фёдорова // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 2. – С. 22-26.

236. Федорова, Р. А. Способ получения грибной добавки для приготовления продуктов из муки / Р. А. Федорова, Ю. А. Титова, Ф. Б. Эшназарова // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 53. – С. 105-108.

237. Хадиулин, Р. Практикум по чтению фаринограмм при исследовании параметров муки / Р. Хадиулин // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2019. – № 7-8. – С. 20-25.

238. Хатко, З. Н. Влияние пектиновых веществ на активацию заквасок для ржано-пшеничного мини-хлеба / З. Н. Хатко, Е. В. Наумова // Новые технологии. – 2020. – № 1. – С. 75-86.

239. Химический состав масел семян некоторых бахчевых культур Астраханской области, выделенных методом сверхкритической флюидной экстракции / В. Б. Ковалев [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 12. – С. 54-57.

240. Химический состав российских пищевых продуктов : справочник / Под ред. член-корр. МАИ, проф. И. М. Скурихина и академика РАМН, проф. В. А. Тутельяна. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.

241. Чалдаев, П. А. Овсяная закваска для производства хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности / П. А. Чалдаев, А. В. Зимичев // Хлебопечение России. – 2013. – № 3. – С. 26-28.

242. Чижова, К. Н. Белок клейковины и его преобразования в процессе хлебопечения / К. Н. Чижова. – Москва : Пищ. промышленность, 1979. – 135 с.

243. Шадрина, Н. И. Решение задач оптимизации в Microsoft Excel 2010 : учебное пособие / Н. И. Шадрина, Н. Д. Берман. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2016. – 101 с.
244. Шарфунова, И. Б. Технологические добавки и улучшители для производства продуктов питания из растительного сырья : лабораторный практикум / И. Б. Шарфунова, Т. Н. Абакумова. – Кемерово: КемТИПП, 2015. – 60 с.
245. Шешнищан, И. Н. Жирнокислотный состав масла семян тыквы / И. Н. Шешнищан, Г. В. Шабурова // Известия самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 4. – С. 103-106.
246. Шишлова, Н. П. Отдаленные гибриды тритикале с пшеницей *Triticum spelta* L. и *Triticum turgidum* L / Н. П. Шишлова, А. М. Шишлова, М. П. Шишлов // Плодоводство и ягодоводство России. – 2012. – № 2. – С. 392-398.
247. Шнырева, А. А. Филогенетический анализ видов рода *Pleurotus* / А. А. Шнырева, А. В. Шнырева // Генетика. – 2015. – № 2. – С. 177-187.
248. Щетилина, И. П., Растительное сырье как источник физиологически функциональных пищевых ингредиентов: по материалам Воронежской области / И. П. Щетилина, Н. Н. Попова // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. – 2017. – № 7. – С. 243-251.
249. Экспресс-анализ сахаров методом высокоэффективной жидкостной хроматографии / М. И. Соколов [и др.] // Пищевая промышленность. – 2004. – № 8. – С. 94-95.
250. Яковлева, Е. Л. Выявляя специфику татарской национальной кухни / Е. Л. Яковлева // Бюллетень науки и практики. – 2018. – № 3. – С. 362-370.
251. Ямашев, Т. А. Влияние изолята овсяного бета-глюкана на реологию теста из пшеничной муки высшего сорта и качество хлебобулочных изделий / Т. А. Ямашев, В. М. Гематдинова, А. В. Канарский // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2020. – № 2. – С. 62-75.
252. A comprehensive review of the factors influencing the formation of retrograded starch / Chang Q. [et al.] // International Journal of Biological Macromolecules. – 2021. – Vol. 186. – P. 163-173.

253. A Comprehensive review on bio-preservation of bread: An approach to adopt wholesome strategies / Rahman M. [et al.] // *Foods*. – 2022. – № 3. – P. 319.
254. A farinograph study on the viscoelastic properties of sago/wheat flour dough systems / I. M. Zaidul [et al.] // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 2004. – № 7. – P. 616-622.
255. A randomized, placebo-controlled, double-blind crossover study to assess a unique phytosterol ester formulation in lowering LDL cholesterol utilizing a novel virtual tracking tool / A. Reaver [at al.] // *Nutrients*. – 2019. – № 11. – P. 2108.
256. A recombinant fungal compound induces anti-proliferative and pro-apoptotic effects on colon cancer cells / L. Nimri [et al.] // *Oncotarget*. – 2017. – № 17. – P. 28854.
257. A review on valorization of oyster mushroom and waste generated in the mushroom cultivation industry / W. A. W. Mahari [et al.] // *Journal of hazardous materials*. – 2020. – Vol. 400. – P. 123156.
258. Abdel-Aal, E.S.M. Amino acid composition and in vitro protein digestibility of selected ancient wheats and their end products / E.S.M. Abdel-Aal, P. Hucl // *Journal Food Composition Analysis*. – 2002. – № 6. – P. 737-747.
259. Abdel-Aal, E.S.M. Spelt: a specialty wheat for emerging food uses / E. S. M. Abdel-Aal, P. Hucl // *Specialty Grains for Food and Feed*. Minnesota, American Assosiation of Cereal Chemists Inc. – 2005. – P. 109-142.
260. Akta, N. Pre-roasting treatments significantly impact thermal and kinetic characteristics of pumpkin seed oil / N. Akta, T. Uzla, Y. E. Tunçil // *Thermochimica Acta*. – 2018. – Vol. 669. – P. 109-115.
261. Alhawiti, A. O. Anthelmintic potential of cucurbita pepo seeds on *hymenolepis nana* / A. O. Alhawiti, F. H. Toulah, M. H. Wakid // *Acta Parasitologica*. – 2019. – № 64. – P. 276-281.
262. Ameliorative effect of pumpkin seed oil against emamectin induced toxicity in mice / S. M. Abou-Zeid [et al.] // *Biomedicine and Pharmacotherapy*. – 2018. – Vol. 98. – P. 242-251.
263. Antibacterial activity of macromycetes mycelia and culture liquid / T. A. Krupodorova [et al.] // *Microbiology and Biotechnology Letters*. – 2016. – № 3. – P. 246-253.

264. Antidiabetic effect of polysaccharides from *Pleurotus ostreatus* in streptozotocin-induced diabetic rats / Y. Zhang [et al.] // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2016. – Vol. 83. – P. 126-132.

265. Antiinflammatory bone protective effects of Nano-Protein extracts from mushroom species: *ganoderma lucidum* and *pleurotus ostreatus* / J. Zhang [et al.] // *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*. – 2017. – № 8. – P. 5884-5889.

266. Antimicrobial activities of pharmacological and antioxidant compounds of some edible mushrooms against *Brucella* spp. / D. Chatterjee [et al.] // *International Journal of Pharmaceutical Science and Research*. – 2017. – № 1. – P. 323.

267. Antioxidant capacity and phenolic contents of some Mediterranean medicinal plants and their potential role in the inhibition of cyclooxygenase-1 and acetylcholinesterase activities / N. Amessis-Ouchemoukh [et al.] // *Industrial Crops and Products*. – 2014. – Vol. 53. – P. 6-15.

268. Anti-proliferative effect of 23, 24-dihydrocucurbitacin F on human prostate cancer cells through induction of actin aggregation and cofilin-actin rod formation / S. Ren [et al.] // *Cancer Chemotherapy and Pharmacology*. – 2012. – № 3. – P. 415-424.

269. Antitumor activity of *Pleurotus ostreatus* polysaccharide fractions on Ehrlich tumor and Sarcoma 180 / J. M. Facchini [et al.] // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2014. – Vol. 68. – P. 72-77.

270. Antitumor activity of polysaccharide extracted from *Pleurotus ostreatus* mycelia against gastric cancer in vitro and in vivo / X. Y. Cao [et al.] // *Molecular Medicine Reports* – 2015. – № 2. – P. 2383-2389.

271. Apparent universality of leguminous proteins in swelling and fibre formation when mixed with gluten / S. H. Cornet [et al.] // *Food Hydrocolloids*. – 2021. – P. 106788.

272. Application of cryogenic grinding pretreatment to enhance extractability of bioactive molecules from pumpkin seed cake / S. Balbino [et al.] // *Journal of Food Process Engineering*. – 2019. – № 8. – P. e13300.

273. Asiegbu, J. E. Some biochemical evaluation of fluted pumpkin seed / J. E. Asiegbu // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 1987. – № 2. – P. 151-155.

274. Azzi, A. Tocopherols, tocotrienols and tocomonoenols: many similar molecules but only one vitamin E / A. Azzi // *Redox Biology*. – 2019. – Vol. 26. – P. 101259.
275. Bala, R. *Digital Color Imaging Handbook* / R. Bala, G. Sharma. – CRC Press, 2003. – 816 p.
276. Basic composition and amino acid contents of mushrooms cultivated in Finland / P. Mattila [et al.] // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2002. – № 22. – P. 6419-6422.
277. Bernás, E. Comparison of amino acid content in frozen *Pleurotus ostreatus* and *A. bisporus* mushrooms / E. Bernas, G. Jaworska // *ACTA Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. – 2010. – № 3. – P. 295-303.
278. Beta-glucans from edible and medicinal mushrooms: characteristics, physicochemical and biological activities / F. Zhu [et al.] // *Journal of Food Composition and Analysis*. – 2015. – Vol. 41. – P. 165-173.
279. Bioactivity of phenolic acids: Metabolites versus parent compounds: A review / S. A. Heleno [et al.] // *Food Chemistry*. – 2015. – Vol. 173. – P. 501–513.
280. Boruk, S. Some physicochemical and organoleptic properties of the short dough with gooseberry powder / S. Boruk, I. Winkler // *Food and Environment Safety Journal*. – 2021. – № 1. – P. 5-12.
281. Brogan, D. M., A critical analysis of the review on antimicrobial resistance report and the infectious disease financing facility / D. M. Brogan, E. Mossialos // *Global Health*. – 2016. – № 1. – P. 8.
282. Buera, M. P. Definition of colour in the non enzymatic browning process / M. P. Buera, R. D. Lozano, C. Petriella // *Die Farbe*. – 1986. – № 33. – P. 318-322.
283. Carrasco-González, J. A. Nutritional composition and nutraceutical properties of the *Pleurotus* fruiting bodies: potential use as food ingredient / J. A. Carrasco-Gonzalez, S. O. Serna-Saldívar, J. A. Gutiérrez-Urbe // *Journal of Food Composition and Analysis*. – 2017. – Vol. 58. – P. 69-81.
284. Chalamcherla, V. L. Amino acids profile of the lignocellulosic feed treated with cellulase-free lignolytic mutants of *Pleurotus ostreatus* / V. L. Chalamcherla, M. Singaracharya, V. M. Lakshmi // *BioResources*. – 2010. – № 1. – P. 259-267.

285. Changes in the biochemical properties of yeast during oxygen saturation of semi-finished bakery products / Nazimova E. V. [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2021. – № 2. – P. 022005.

286. Changes of phenolic profiles and antioxidant activity in canaryseed (*Phalaris canariensis* L.) during germination / Z. Chen [et al.] // Food Chemistry. – 2016. – Vol. 194. – P. 608-618.

287. Characteristics of spelt wheat products and nutritional value of spelt wheat-based bread / G. Bonafaccia [et al.] // Food Chemistry. – 2000. – № 4. – P. 437-441.

288. Chareonthaikij, P. Effects of pineapple pomace fibre on physicochemical properties of composite flour and dough, and consumer acceptance of fibre-enriched wheat bread / P. Chareonthaikij, T. Uan-On, W. Prinyawiwatkul // International Journal of Food Science and Technology. – 2016. – № 5. – P. 1120-1129.

289. Chemical and nutritional characterization of seed oil from *Cucurbita maxima* L. (var. Berrettina) pumpkin / D. Montesano [et al.] // Foods. – 2018. – № 3. – P. 30.

290. Chemical characteristics of oils from naked and husk seeds of *Cucurbita pepo* L. / S. N. Naki [et al.] // European Journal of Lipid Science and Technology. – 2006. – № 11. – P. 936-943.

291. Chemical composition and bioactive compounds of Cucurbitaceae seeds: potential sources for new trends of plant oils / L. Rezig [et al.] // Process Safety and Environmental Protection. – 2019. – Vol. 127. – P. 73-81.

292. Chemical composition and oxidative stability of roasted and cold pressed pumpkin seed oils / S. Nederal [et al.] // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 2012. – № 9. – P. 1763-1770.

293. Chemical composition and profile characterisation of pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed oil / L. Rezig [et al.] // Industrial Crops and Products. – 2012. – № 1. – P. 82-87.

294. Chemical composition of crude oil from the seeds of pumpkin (*Cucurbita* spp.) and mamey sapota (*Pouteria sapota* Jacq.) grown in Yucatan, Mexico / V. Moo-Huchin [et al.] // CYTA – Journal of Food. – 2013. – № 4. – P. 324-327.

295. Chemical compositions and mineral contents of some hull-less pumpkin seed and oils / M. Seymen [et al.] // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 2016. – № 8. – P. 1095-1099.
296. Chirinang, P. Amino acids and antioxidant properties of the oyster mushrooms, *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajor-caju* / P. Chirinang, K. O. Intarapichet // Science Asia. – 2009. – № 2009. – P. 326-331.
297. Chun, S. S. Development of a sensory flavor lexicon for mushrooms and subsequent characterization of fresh and dried mushrooms / S. S. Chun, E. Chambers, I. Han // Foods. – 2020. – № 8. – P. 980.
298. Comparative Study of the Content and Profiles of Macronutrients in Spelt and Wheat, A Review / E. Escarnot [et al.] // Biotechnology, Agronomy, Society and Environment. – 2012. – № 2. – P. 243-256.
299. Comparative study on nutrient contents in the different parts of indigenous and hybrid varieties of pumpkin (*Cucurbita maxima* Linn.) / M. Z. Amin [et al.] // Heliyon. – 2019. – № 9. – P. e02462.
300. Comparative study on nutritional composition of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* Fr.) cultivated on different sawdust substrates / D. K. Bhattacharjya [et al.] // Bioresearch Communications-(BRC). – 2015. – № 1. – P. 93-98.
301. Comparison of phenolic profiles, antioxidant capacity and relevant enzyme activity of different Chinese wheat varieties during germination / Z. Chen [et al.] // Food Bioscience. – 2017. – Vol. 20. – P. 159-167.
302. Comparison of two kinds of pumpkin seed oils obtained by supercritical CO₂ extraction / Y. Wenli [et al.] // European Journal of Lipid Science and Technology. – 2004. – Vol. 106, № 6. – P. 355-358.
303. Comparison of Yield, Chemical Composition and Farinograph Properties of Common and Ancient Wheat Grains / W. Biel [et al.] // European Food Research and Technology. – 2021. – № 6. – P. 1525-1538.
304. Contrasting metabolic fingerprints and seed protein profiles of *cucurbita foetidissima* and *c. radicans* fruits from feral plants sampled in central mexico / C. Mejía-Morales [et al.] // Plants. – 2021. – № 11. – P. 2451.

305. Cucurbitacin Q: a selective STAT3 activation inhibitor with potent antitumor activity / J. Sun [et al.] // *Oncogene*. – 2005. – № 20. – P. 3236.
306. Cucurbits plants: a key emphasis to its pharmacological potential / B. Salehi [et al.] // *Molecules*. – 2019. – № 24. – P. 1854.
307. Development of a quantification method of the gluten matrix in bread dough by fluorescence micros-copy and image analysis / T. Maeda [et al.] // *Food and Bioprocess Technology*. – 2015. – № 8. – P. 1349-1354.
308. Development of oyster mushroom powder and its effects on physicochemical and rheological properties of bakery products / M. Majeed [et al.] // *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. – 2021. – Vol. 2021. – P. 1221-1227.
309. Dhariwala, M. Y. An overview of herbal alternatives in androgenetic alopecia / M. Y. Dhariwala, P. Ravikumar // *Journal of Cosmetic Dermatology*. – 2019. – Vol. 18, № 4. – P. 966-975.
310. Dotto, J. M. The potential of pumpkin seeds as a functional food ingredient: a review / J. M. Dotto, J. S. Chacha // *Scientific African*. – 2020. – P. e00575.
311. Dotto, J. Nutrient composition and selected physicochemical properties of fifteen Mchare cooking bananas: a study conducted in northern Tanzania / J. Dotto, A. O. Matemu, P. A. Ndakidemi // *Scientific African*. – 2019. – Vol. 6. – P. 1-9.
312. Dubkova, N. Z. Using Jerusalem artichoke powder in functional food production / N. Z. Dubkova, V. V. Kharkov, M. R. Vakhitov // *Foods and Raw Materials*. – 2021. – № 1. – P. 69-78.
313. Dundar, A. Effect of using different lignocellulosic wastes for cultivation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. on mushroom yield, chemical composition and nutritional value / A. Dundar, H. Acay, A. Yildiz // *African Journal of Biotechnology*. – 2009. – № 4. – P. 662-666.
314. Effect of pyrogalllic acid (1, 2, 3-benzenetriol) polyphenol-protein covalent conjugation reaction degree on structure and antioxidant properties of pumpkin (*Cucurbita* sp.) seed protein isolate / C. Yang [et al.] // *Food Science and Technology*. – 2019. – Vol. 109. – P. 443-449.

315. Effect of wheat species (*Triticum aestivum* vs *T. spelta*), farming system (organic vs conventional) and flour type (wholegrain vs white) on composition of wheat flour—Results of a retail survey in the UK and Germany—2. Antioxidant activity, and phenolic and mineral content / Wang J. [et al.] // *Food chemistry: X.* – 2020. – Vol. 6. – P. 100091.

316. Effects of flour particle size on farinographic properties of wheat dough / Q.A. Akbar [et al.] // *Sarhad Journal of Agriculture.* – 2020. – № 4. – P. 1136-1140.

317. Effects of pH and salt concentration on functional properties of pumpkin seed protein fractions / T. T. Pham [et al.] / *Journal of Food Processing and Preservation.* – 2017. – № 4. – P. e13073.

318. Expression, purification and characterization of maltase from «quick» baker's yeast / C. Zhang [et al.] // *Advances in Applied Biotechnology : Proceedings of the 2nd International Conference on Applied Biotechnology (ICAB 2014)-Volume II.* – Springer Berlin Heidelberg, 2015. – P. 265-275.

319. External standard calibration method to measure the hydroxyl radical scavenging capacity of water samples / Wang C. [et al.] // *Environmental Science & Technology.* – 2019. – № 3. – P. 1929-1937.

320. Extra virgin olive oil phenol extracts exert hypocholesterolemic effects through the modulation of the LDLR pathway: In vitro and cellular mechanism of action elucidation / Lammi C. [et al.] // *Nutrients.* – 2020. – №. 6. – P. 1723.

321. Fatty acid composition and oxidative characteristics of novel edible oils in Poland / A. Bialek [et al.], *CyTA-Journal of Food.* – 2017. – № 1. – P. 1–8.

322. Free radical properties, source and targets, antioxidant consumption and health / Martemucci G. [et al.] // *Oxygen.* – 2022. – № 2. – P. 48-78.

323. Gailīte, I. Hedonic evaluation of wheat bread with berries marc / I. Gailīte, E. Strautniece // *In Research for rural development : International scientific conference proceedings, 19-22 may 2005, Jelgava.* – Jelgava, 2005. – P. 187-190.

324. Gambuś, H. Nasiona lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L) jako źródło składników odżywczych w chlebie bezglutenowym / H. Gambuś // *Żywność: nauka-technologie-jakość.* – № 4 – 2005. – P. 61-74.

325. Gawlik-Dziki, U. Comparison of phenolic acids profile and antioxidant potential of six varieties of spelt (*Triticum spelta* L.) / U. Gawlik-Dziki, M. Swieca, D. Dziki // *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. – 2012. – № 18. – P. 4603-4612.
326. Gawlik-Dziki, U. Phenolic acids profile and antioxidant properties of bread enriched with sprouted wheat flour / U. Gawlik-Dziki, D. Dziki, W. Pietrzak, R. Nowak // *Journal of Food Biochemistry*. – 2017. – № 4. – P. e12386.
327. Gélinas, P. Inventions on baker's yeast storage and activation at the bakery plant / P. Gelinas // *Recent Patents on Food, Nutrition and Agriculture*. – 2010. – № 1. – P. 1-11.
328. Genetic diversity of European spelt wheat (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L. em. Thell.) revealed by glutenin subunit variations at the Glu-A and Glu-3 loci / An X.L. [et al.] // *Euphytica*. – 2005. – № 146. – P. 193-201.
329. Geranpour, M. Investigating the effects of spray drying conditions on the microencapsulation efficiency of pumpkin seed oil / M. Geranpour, Z. Emam-Djomeh, G. Asadi // *Journal of Food Processing and Preservation*. – 2019. – № 7. – P. e13947.
330. Goncharov, N. Genus *Triticum* L. taxonomy: The present and the future / N. Goncharov // *Plant Systematics and Evolution*. – 2011. – № 1 – P. 1-11.
331. Gray, J. A. Bread staling: molecular basis and control / J. A. Gray, J. N. Bemiller // *Comprehensive reviews in food science and food safety*. – 2003. – № 1. – P. 1-21.
332. Hammed, A. M. Relationship between solvent retention capacity and protein molecular weight distribution, quality characteristics, and breadmaking functionality of hard red spring wheat flour / A. M. Hammed, B. Ozsisli, J. B. Ohm, S. Simsek, // *Cereal Chemistry*. – 2015. – № 5. – P. 466-474.
333. Hauf, J. Simultaneous genomic overexpression of seven glycolytic enzymes in the yeast *saccharomyces cerevisiae* / J. Hauf, F. K. Zimmermann, S. Müller // *Enzyme and Microbial Technology*. – 2000. – № 9-10. – P. 688-698.
334. HMW and LMW glutenins alleles among putative tetraploid and hexaploid European spelt wheat (*Triticum spelta* L.) progenitors / Y. Yan [et al.] // *Theoretical and Applied Genetics*. – 2003. – № 7. – P. 1321-1330.

335. Hoa, H. T. The effects of different substrates on the growth, yield, and nutritional composition of two oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*) / H. T. Hoa, C. L. Wang, C. H. Wang // *Mycobiology*. – 2015. – № 4. – P. 423-434.

336. Impact of exogenous maltogenic α -amylase and maltotetraogenic amylase on sugar release in wheat bread / G. F. Rebholz [et al.] // *European Food Research and Technology*. – 2021. – № 6. – P. 1425-1436.

337. Impact of tart cherry juice on systolic blood pressure and low-density lipoprotein cholesterol in older adults: a randomized controlled trial / Chai S. C. [et al.] // *Food & function*. – 2018. – № 6. – P. 3185-3194.

338. Improved effect of pumpkin seed oil against the bisphenol – A adverse effects in male mice / E. I. Fawzy [et al.] // *Toxicology Reports*. – 2018. – Vol. 5. – P. 857-863.

339. In vitro and in vivo anthelmintic activity of pumpkin seeds and pomegranate peels extracts against *Ascaridia galli* / A.R. Abdel-Aziz [et al.] // *Beni-Suef University Journal of Basic Applied Science*. – 2018. – № 7. – P. 231-234.

340. Influence of amylase addition on bread quality and bread staling / Chen Y. [et al.] // *ACS Food Science & Technology*. – 2021. – № 6. – P. 1143-1150.

341. Intracellular maltose is sufficient to induce MAL gene expression in *saccharomyces cerevisiae* / X. Wang [et al.] // *Eukaryotic Cell*. – 2002. – № 5. – P. 696-703.

342. Investigating the impact of α -amylase, α -glucosidase and glucoamylase action on yeast-mediated bread dough fermentation and bread sugar levels / N. Struyf [et al.] // *Journal of Cereal Science*. – 2017. – Vol. 75. – P. 35-44.

343. Jaworska, G. Effect of production process on the amino acid content of frozen and canned *Pleurotus ostreatus* mushrooms / G. Jaworska, E. Bernas, B. Mickowska // *Food Chem*. – 2011. – № 3. – P. 936-943.

344. Jayasuriya, W. Hypoglycaemic activity of culinary *Pleurotus ostreatus* and *P. Cystidiosus* mushrooms in healthy volunteers and type 2 diabetic patients on diet control and the possible mechanisms of action / W. Jayasuriya // *Phytotherapy Research*. – 2015. – № 2. – P. 303-309.

345. Johnny, I. Antidiabetic effect of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex Fr) Kumm. Mushroom on alloxan-induced diabetic rats / I. Johnny, J. Okon // *Indian Journal of Pharmaceutical and Biological Research*. – 2013. – № 2. – P. 31-36.
346. Krystyjan, M. Long-term storage stability of selected potato starch–non-starchy hydrocolloid binary gels / M. Krystyjan [et al.] // *Food hydrocolloids*. – № 2. – 2013. – P. 270-276.
347. *Lactobacillus rhamnosus* GG и кишечная микробиота / А. И. Хавкин [и др.] // *Вопросы детской диетологии*. – 2018. – № 2. – С. 42-51.
348. LC–MS analysis of phenolic compounds and antioxidant activity of buckwheat at different stages of malting / P. Terpinic [et al.] // *Food Chemistry*. – 2016. – Vol. 210. – P. 9-17.
349. Lefebvre, J. The pattern of the linear viscoelastic behaviour of wheat flour dough as delineated from the effects of water content and high molecular weight glutenin subunits composition / J. Lefebvre, N. Mahmoudi // *Journal of cereal science*. – 2007. – № 1. – P. 49-58.
350. Lertittikul, W. Characteristics and antioxidative activity of Maillard reaction products from a porcine plasma protein–glucose model system as influenced by pH / W. Lertittikul, S. Benjakul, M. Tanaka // *Food Chemistry*. – 2007. – № 2. – P. 669-677.
351. Liu, N. Study on the effect of wheat bran dietary fiber on the rheological properties of dough / N. Liu, S. Ma, L. Li, X. Wang // *Grain & Oil Science and Technology*. – 2019. – № 1. – P. 1-5.
352. Liyana-Pathirana, C. M. Importance of insoluble-bound phenolics to antioxidant properties of wheat / C. M. Liyana-Pathirana, F. Shahidi // *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. – 2006. – № 4. – P. 1256-1264.
353. Malting process optimization of spelt (*Triticum spelta* L.) for the brewing process / A. Munoz-Insa [et al.] // *Food Science and Technology*. – 2012. – № 1. – P. 99-109.
354. Migliori, M. Modelling of dough formation process and structure evolution during farinograph test / M. Migliori, S. Correra // *International Journal of Food Science and Technology*. – 2013. – № 1. – P. 121-127.

355. Miller, J. H. Experiments in molecular genetics / J. H. Miller // New York.: Cold Spring Harbor Laboratory, 1972. – P. 352-355.
356. Miś, A. Behaviour of dietary fibre supplements during bread dough development evaluated using novel farinograph curve analysis / A. Miś, A. Nawrocka, D. Dzikowski // Food and Bioprocess Technology. – 2017. – №. 6. – P. 1031-1041.
357. Miyazawa, M. Suppression of chemical mutagen-induced SOS response by allylbenzenes from *Asiasarum heterotropoides* in the *Salmonella typhimurium* TA1535/pSK1002 umu test / M. Miyazawa, G. Kohno // Natural Product Research. – 2005. – № 1. – P. 29-36.
358. Mokrzycki, W. Color difference Delta E – A survey / W. Mokrzycki, M. Tatol // Machine Graphics and Vision. – 2011. – Vol. 20. – P. 383-411.
359. Munoz-Insa, A. Influence of malting on the protein composition of spelt (*Triticum spelta* L.) «Frankenkorn» / A. Munoz-Insa, M. Gastl, T. Becker // Cereal Chemistry Journal. – 2016. – № 1. – P. 1-9.
360. Murkovic, M. Stability of pumpkin seed oil / M. Murkovic, W. Pfannhauser // European Journal of Lipid Science and Technology. – 2000. – № 10. – P. 607-611.
361. Nakano, T. A. Newly integrated model for intestinal cholesterol absorption and efflux reappraises how plant sterol intake reduces circulating cholesterol levels / T. Nakano, I. Inoue, T. Murakoshi // Nutrients. – 2019. – № 2. – P. 310.
362. Naumov, G. I. Molecular genetic differentiation of yeast α -glucosidases: Maltase and isomaltase / G. I. Naumov, D. G. Naumoff // Microbiology (Russian Federation). – 2012. – № 3. – P. 276-280.
363. Nayak, B. Effect of processing on phenolic antioxidants of fruits, vegetables, and grains – A review / B. Nayak, R. H. Liu, J. Tang // Critical reviews in food science and nutrition. – 2015. – № 7. – P. 887-918.
364. Naziri, E. Contribution of tocopherols and squalene to the oxidative stability of cold-pressed pumpkin seed oil (*Cucurbita pepo* L.) / E. Naziri, M. N. Miti, M. Z. Tsimidou // European Journal of Lipid Science and Technology. – 2016. – № 6. – P. 898-905.
365. Nkosi, C. Effect of pumpkin seed (*Cucurbita pepo*) protein isolate on the activity levels of certain plasma enzymes in CCl₄- induced liver injury in low-protein fed rats / C.

Nkosi, A. Opoku, S. Terblanche // *An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*. – 2005. – № 19. – P. 341-345.

366. Nkosi, C. In Vitro antioxidative activity of pumpkin seed (*Cucurbita pepo*) protein isolate and its In Vivo effect on alanine transaminase and aspartate transaminase in acetaminophen-induced liver injury in low protein fed rats / C. Nkosi, A. Opoku, S. Terblanche // *An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*. – 2006. – № 20. – P. 780-783.

367. Nutritional composition, mineral content, antioxidant activity and quantitative estimation of water soluble vitamins and phenolics by RP-HPLC in some lesser used wild edible plants / S. Datta [et al.] // *Heliyon*. – 2019. – № 3. – P. e01431.

368. Nutritional, anti-nutritional and biochemical studies on the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus* / D. Majesty [et al.] // *EC Nutrition*. – 2019. – № 1. – P. 36-59.

369. Nwokolo, E. Nutritional assessment of defatted oil meals of melon (*Colocynthis citrullus* L.) and fluted pumpkin (*Telfaria occidentalis* Hook) by chick assay / E. Nwokolo, J. S. Sim // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 1987. – № 3. – P. 237-246.

370. Occupational allergy to *Triticum spelta* flour / G. Mencia [et al.] // *Allergology International*. – 2018. – № 1. – P. 158-159.

371. Okatan, V. Antioxidant properties and phenolic profile of the most widely appreciated cultivated berry species: A comparative study / V. Okatan // *Folia Horticulturae*. – 2020. – № 1. – P. 79-85.

372. Overcoming bread quality decay concerns: main issues for bread shelf life as a function of biological leavening agents and different extra ingredients used in formulation. A review / I. Taglieri [et al.] // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 2021. – № 5. – C. 1732-1743.

373. Owaid, M. N. Antimicrobial activity of mycelia of oyster mushroom species (*Pleurotus* spp.) and their liquid filtrates (in vitro) / M. N. Owaid, S. S. S. Al-Saedi, I. A. A. Al-Assaffii // *Journal of medical and bioengineering*. – 2015. – № 5. – P. 376-380.

374. Oyetayo, V. O. Micro and macronutrient properties of *Pleurotus ostreatus* (Jacq: fries) cultivated on different wood substrates / V. O. Oyetayo, O. O. Ariyo // *Journal of Biological Sciences*. – 2013. – Vol. 6. – P. 223-226.

375. Pasnik, J. Preventive effect of pleuran (β -glucan from *Pleurotus ostreatus*) in children with recurrent respiratory tract infections-open-label prospective study / J. Pasnik [et al.] // *Current Pediatric Research*. – 2017. – Vol. 21. – P. 99-104.
376. Pathare, P. B. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review / P.B. Pathare, U.L. Opara, F.A.-J. Al-Said // *Food and Bioprocess Technology*. – 2013. – № 1. – P. 36-60.
377. Phenolic compounds and some quality parameters of pumpkin seed oil / M. Andjelkovic [et al.] // *European Journal of Lipid Science and Technology*. – 2010. – № 2. – P. 208-217.
378. Phenotypic relationships among oil, protein, fatty acid composition and seed size traits in *Cucurbita pepo* / G. Meru [et al.] // *Scientia Horticulturae*. – 2018. – Vol. 233. – P. 47-53.
379. Physico-chemical properties and fatty acid composition of pomegranate, cherry and pumpkin seed oils / F. Siano [et al.] // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 2016. – № 5. – P. 1730-1735.
380. Phytosterols in pumpkin seed oil extracted by organic solvents and supercritical CO₂ / N. Hrabovski [et al.] // *European Journal of Lipid Science and Technology*. – 2012. – № 10. – P. 1204-1211.
381. Pluta, S. New challenges in the *Ribes* breeding and production / S. Pluta // *Acta Horticulturae*. – 2012. – Vol. 946. – P. 27-35.
382. Polysaccharides from *Pleurotus ostreatus* alleviate cognitive impairment in a rat model of Alzheimer's disease / Y. Zhang [et al.] // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2016. – Vol. 92. – P. 935–941.
383. Profiling of phenolic and other polar compounds in zucchini (*Cucurbita pepo* L.) by reverse-phase high-performance liquid chromatography coupled to quadrupole time-of-flight mass spectrometry / I. Iswaldi [et al.] // *Food Research International*. – 2013. – № 1. – P. 77-84.
384. Protective effect of Pumpkin seed extract on sperm characteristics, biochemical parameters and epididymal histology in adult male rats treated with Cyclophosphamide / S. Aghaei [et al.] // *Andrologia*. – 2014. – № 8. – P. 927-935.

385. Pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed proteins: sequential extraction processing and fraction characterization / L. Rezig [et al.] // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2013. – № 32. – P. 7715-7721.

386. Purification, characterization and biological activities of exopolysaccharides from *Lactobacillus rhamnosus* ZFM231 isolated from milk / Hu S. M. [et al.] // *Food Science and Technology*. – 2021. – Vol. 147. – P. 111561.

387. Purification, characterization and physico-chemical properties of three galactose-specific lectins from pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed kernels / S. K. Sarkar [et al.] // *Journal of the Chinese Chemical Society*. – 2007. – № 6. – P. 1433-1442.

388. Quantitative and qualitative study of spelt and wheat fibres in varying milling fractions / E. Escarnot [et al.] // *Food Chemistry*. – 2010. – № 3. – P. 857-863.

389. Quantitative determination of free and esterified phytosterol profile in nuts and seeds commonly consumed in China by SPE/GC-MS / M. Wang [et al.] // *Food Science and Technology*. – 2019. – Vol. 100. – P. 355-361.

390. Role of antioxidant compounds in promoting healthy ageing / I. J. Umaru [et al.] // *International Journal of Advanced Biochemistry Research*. – 2019. – № 2. – P. 51-63.

391. Ruibal-Mendieta, N. L. A comparative of analysis of free, bound and total lipid content on spelt and winter wheat wholemeal / N. L. Ruibal-Mendieta, D. L. Delacroix, M. Meurens // *Journal of Cereal Science*. – 2002. – № 3. – P. 337-342.

392. Salehi, F. Characterization of different mushrooms powder and its application in bakery products: A review / F. Salehi // *International Journal of Food Properties*. – 2019. – № 1. – P. 1375-1385.

393. Scavenging of retinoid cation radicals by urate, trolox, and α -, β -, γ -, and δ -tocopherols / M. Rozanowska [et al.] // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2019. – № 11. – P. 2799.

394. Singh, A. Bioactive components and functional properties of biologically activated cereal grains: A bibliographic review / A. Singh, S. Sharma // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2017. – № 14. – P. 3051-3071.

395. Spelt (*Triticum spelta* L.) and winter wheat (*Triticum aestivum* L.) wholemeals have similar sterols profiles, as determined by quantitative liquid

chromatography and mass spectrometry analysis / N. L. Ruibal-Mendieta [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2004. – № 15. – P. 4802-4807.

396. Staling of white wheat bread crumb and effect of maltogenic α -amylases. Part 3: Spatial evolution of bread staling with time by near infrared hyperspectral imaging Amigo J. M. [et al.] // Food Chemistry. – 2021. – Vol. 353. – C. 129478.

397. Structure-antioxidant activity relationship of methoxy, phenolic hydroxyl, and carboxylic acid groups of phenolic acids / J. Chen [et al.] // Scientific Reports. – 2020. – № 10. – P. 1-9.

398. Suresh, S. Phytochemical and pharmacological aspects of Cucurbita moschata and Moringa oleifera / S. Suresh, S. Sisodia // UK Journal of Pharmaceutical and Biosciences. – 2018. – № 6. – P. 45-53.

399. Tantawy, S. A. Trans-perineal pumpkin seed oil phonophoresis as an adjunctive treatment for chronic nonbacterial prostatitis / S. A. Tantawy, H. M. Elgohary, D. M. Kamel // Research and Reports in Urology. – 2018. – Vol. 10. – P. 95-101.

400. The most important bioactive components of cold pressed oil from different pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds / B.B. Rabrenovi [et al.] // Food Science and Technology. – 2014. – № 55. – P. 521-527.

401. The nutritional value of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) kumm cultivated on different lignocellulosic agrowastes / S. S. Patil [et al.] // Innovative Romanian Food Biotechnology. – 2010. – Vol. 7. – P. 66-76.

402. The role of empirical rheology in flour quality control / T. D. Hadnađev [et al.] // Wide spectra of quality control. – 2011. – P. 335-360.

403. The study of the possibility of using the additive of plant origin for improvement the quality of yeast and wheat bread / E. V. Savelyeva [et al.] // Journal of Environmental Treatment Techniques. – 2019. – Special Issue. – P. 1036-1040.

404. Tocopherol from seeds of *Cucurbita pepo* against diabetes: validation by in vivo experiments supported by computational docking / S. K. Bharti [et al.] // Journal of the Formosan Medical Association. – 2013. – Vol. 112, № 11. – P. 676-690.

405. Toxicity with waste-generated ionizing radiations: blunders behind the scenes / Sharma A. [et al.] // *Free Radical Biology and Environmental Toxicity*. – Springer, Cham, 2021. – P. 305-325.

406. Ultra-fine grinding increases the antioxidant capacity of wheat bran / N. N. Rosa [et al.] // *Journal of Cereal Science*. – 2013. – № 1. – P. 84-90.

407. Understanding oxidants and antioxidants: Classical team with new players / Ali S. S. [et al.] // *Journal of food biochemistry*. – 2020. – № 3. – P. e13145.

408. Using MR-FTIR and texture profile to track the effect of storage time and temperature on pita bread staling / M. Al-Mahsaneh [et al.] // *Journal of food quality*. 2018. – Vol. 2018. – P. 1-9.

409. Variability in xylanase and xylanase inhibition activities in different cereals in the health grain diversity screen and contribution of environment and genotype to this variability in common wheat / K. Gebruers [et al.] // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2010. – № 17. – P. 9362-9371.

410. Variation in the content of dietary fiber and components thereof in wheats in the healthgrain diversity screen / K. Gebruers [et al.] // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2008. – № 21. – P. 9740-9749.

411. Wahabi, K. Antioxidant in cancer: preventer, promoter or an achilles heel / K. Wahabi, A. Perwez, M. A. Rizvi // *Handbook of Oxidative Stress in Cancer: Therapeutic Aspects*. – Singapore: Springer Singapore, 2022. – C. 1-16.

412. Wang, D. Biological efficiency and nutritional value of *Pleurotus ostreatus* cultivated on spent beer grain / D. Wang, A. Sakoda, M. Suzuki // *Bioresource Technology*. – 2001. – № 3. – P. 293-300.

413. Yoon, S. Specificity of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) in removing carbohydrates by fermentation / S. Yoon, R. Mukerjea, J. F. Robyt // *Carbohydrate Research*. – 2003. – № 10. – P. 1127-1132.

414. Zain, M. Z. M. Effect of polyphenols enriched from green coffee bean on antioxidant activity and sensory evaluation of bread / M. Z. M. Zain, A. S. Baba, A. B. Shori // *Journal of King Saud University-Science*. – 2018. – № 2. – P. 278-282.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Шкала органолептической оценки расчета среднего бала качества
хлебобулочных изделий

Показатель качества	Коэффициент весомости	Балл	Характеристика уровня качества
Форма	0,4	10-9	Форма правильная, поверхность корки выпуклая, гладкая
		8-7	Форма правильная, поверхность корки средневыпуклая, ровная
		6-5	Форма слегка расплывчатая, поверхность корки слабовыпуклая, бугристая
		4-3	Форма расплывчатая, поверхность корки плоская, с трещинами
		2-1	Форма неправильная, поверхность корки вогнутая, рваная
Окраска корок*	0,4	10-9	Равномерная, золотисто-коричневая
		8-7	Достаточно равномерная, светло-коричневая
		6-5	Темно-коричневая
		4-3	Неравномерная темно-коричневая
		2-1	Темная, горелая
Цвет мякиша*	0,2	10-9	Белый или желтоватый
		8-7	Белый с сероватым оттенком
		6-5	Серый
		4-3	Темно-серый
		2-1	Темный
Характер пористости	0,2	10-9	Пористость мелкая, тонкостенная, равномерная
		8-7	Пористость мелкая, тонкостенная, неравномерная
		6-1	Пористость крупная, равномерная или тонкостенная, неравномерная
Эластичность мякиша	0,8	10-9	Эластичный, быстро восстанавливаемый
		8-7	Менее эластичный, хорошо восстанавливаемый
		6-5	Малоэластичный, недостаточно восстанавливаемый
		4-3	Неэластичный плохо восстанавливаемый
		2-1	Неэластичный, невосстанавливаемый.
Аромат (запах)	0,7	10-9	Приятный, специфический для данного изделия
		8-7	Специфический для данного изделия
		6-5	Без специфического запаха
		4-1	Не соответствующий
Вкус	0,7	10-9	Приятный, специфический для данного изделия
		8-7	Специфический для данного изделия
		6-5	Без специфического вкуса, пресноватый
		4-1	Не соответствующий
Разжевываемость	0,6	10-9	При разжевывании нежное ощущение
		8-7	При разжевывании достаточно нежное ощущение
		6-5	Слегка комкается, немного грубый и крошится
		4-3	Заметно комкается, грубый
		2-1	Сильно комкается, сильно крошится

*для хлеба белого из пшеничной муки высшего сорта

Расчет среднего бала (СБ) проводили с учетом коэффициента весомости по формуле:

$$СБ = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \cdot B_i}{\sum_{i=1}^n K_i}, \quad (1)$$

где K_i – коэффициент весомости;
 B_i – количество баллов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Регрессионный анализ зависимости прироста подъемной силы прессованных хлебопекарных дрожжей от условий проведения предварительной активации с использованием пророщенной спельты и порошка вешенки

Факторы в кодированном виде:

x_1 – количество пророщенной спельты, г/2 г дрожжей,

x_2 – время активации, мин,

$n = 13$, критерий Стьюдента теоретический – 2,2281.

Кодированные переменные	Регрессионные коэффициенты	Стандартная ошибка	Критерий Стьюдента фактический	Значимость Расчетного критерия Стьюдента
Сред/Св.член	56,81302	0,177557	319,9697	0,000000
x_1	-0,70396	0,140382	-5,0146	0,001540
x_1^2	-3,56572	0,150564	-23,6824	0,000000
x_2	-0,87000	0,140382	-6,1974	0,000446
x_2^2	-5,47155	0,150564	-36,3403	0,000000
x_1x_2	2,54050	0,198515	12,7975	0,000004

Расчет по модели: наблюдаемые значения, предсказанные значения и остатки

Номер опыта	Наблюдаемые значения	Предсказанные значения	Остатки
1.	51,50100	51,89020	-0,389204
2.	45,72700	45,40128	0,325715
3.	44,57300	45,06921	-0,496210
4.	48,96100	48,74229	0,218709
5.	48,26800	48,68833	-0,420328
6.	51,27000	50,67913	0,590874
7.	44,80400	44,64305	0,160949
8.	47,11300	47,10340	0,009597
9.	56,81300	56,81302	-0,000021
10.	56,81300	56,81302	-0,000021
11.	56,81300	56,81302	-0,000021
12.	56,81300	56,81302	-0,000021
13.	56,81300	56,81302	-0,000021

Факторы в кодированном виде:

x_1 – количество порошка вешенки, г/2 г дрожжей,

x_2 – время активации, мин,

$n = 13$, критерий Стьюдента теоретический – 2,2281.

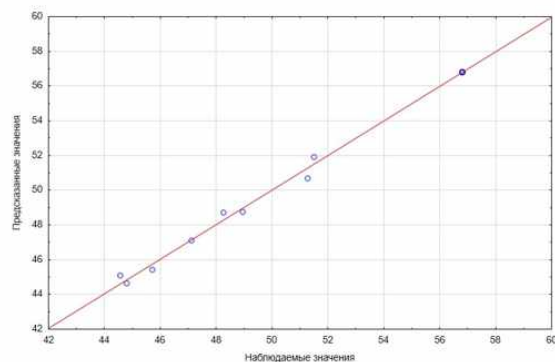
Кодированные переменные	Регрессионные коэффициенты	Стандартная ошибка	Критерий Стьюдента фактический	Значимость Расчетного критерия Стьюдента
Сред/Св.член	12,66703	0,121148	104,5581	0,000000
x_1	2,30208	0,095783	24,0343	0,000000
x_1^2	-1,23448	0,102731	-12,0167	0,000006
x_2	0,24855	0,095783	2,5949	0,035687
x_2^2	-1,75114	0,102731	-17,0459	0,000001
x_1x_2	-0,13825*	0,135448	-1,0207	0,341375*

Примечание: *Величина коэффициента или критерия соответствует незначительному значению

Расчет по модели: наблюдаемые значения, предсказанные значения и остатки

Номер опыта	Наблюдаемые значения	Предсказанные значения	Остатки
1.	6,94400	6,99252	-0,048522
2.	12,09000	11,87319	0,216810
3.	7,34000	7,76613	-0,426127
4.	11,93300	12,09379	-0,160795
5.	13,37100	13,45396	-0,082957
6.	7,23600	6,94366	0,292337
7.	9,88900	9,51726	0,371737
8.	8,65200	8,81436	-0,162357
9.	12,66700	12,66703	-0,000025
10.	12,66700	12,66703	-0,000025
11.	12,66700	12,66703	-0,000025
12.	12,66700	12,66703	-0,000025
13.	12,66700	12,66703	-0,000025

Наблюдаемые и предсказанные значения по регрессионной модели зависимости прироста подъемной силы прессованных хлебопекарных дрожжей от условий проведения предварительной активации с использованием пророщенной спельты



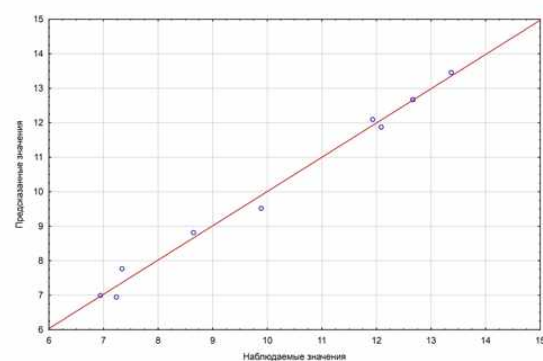
Результаты множественной регрессии зависимости прироста подъемной силы прессованных хлебопекарных дрожжей от условий проведения предварительной активации с использованием пророщенной спельты

Уравнение регрессии с учетом значимых коэффициентов:

$$y = 56,813 - 0,704 \cdot x_1 - 0,870 \cdot x_2 - 3,566 \cdot x_1^2 - 5,472 \cdot x_2^2 + 2,541 \cdot x_1 \cdot x_2$$

Критерий Фишера		Коэффициент корреляции, R	Коэффициент детерминации, R ²	Стандартная ошибка
Фактическое значение	Табличное значение			
160,01	4,10	0,99	0,99	1,1034

Наблюдаемые и предсказанные значения по регрессионной модели зависимости прироста подъемной силы прессованных хлебопекарных дрожжей от условий проведения предварительной активации с использованием пророщенной спельты



Результаты множественной регрессии зависимости прироста подъемной силы прессованных хлебопекарных дрожжей от условий проведения предварительной активации с использованием пророщенной спельты

Уравнение регрессии с учетом значимых коэффициентов:

$$y = 12,667 + 2,302 \cdot x_1 + 0,249 \cdot x_2 - 1,234 \cdot x_1^2 - 1,751 \cdot x_2^2$$

Критерий Фишера		Коэффициент корреляции, R	Коэффициент детерминации, R ²	Стандартная ошибка
Фактическое значение	Табличное значение			
71,13	4,10	0,99	0,99	0,51369

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Патент на изобретение «Способ предварительной активации прессованных хлебопекарных дрожжей»

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2711369

Способ предварительной активации прессованных хлебопекарных дрожжей

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский национальный исследовательский технологический университет" (ФГБОУ ВО "КНИТУ") (RU)*

Авторы: *Мингалева Замира Шамиловна (RU), Маслов Александр Васильевич (RU), Старовойтова Оксана Валерьевна (RU), Данилова Анисья Валерьевна (RU), Решетник Ольга Алексеевна (RU)*

Заявка № 2019108162

Приоритет изобретения 21 марта 2019 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 16 января 2020 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 21 марта 2039 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Илиев Г.П. Илиев

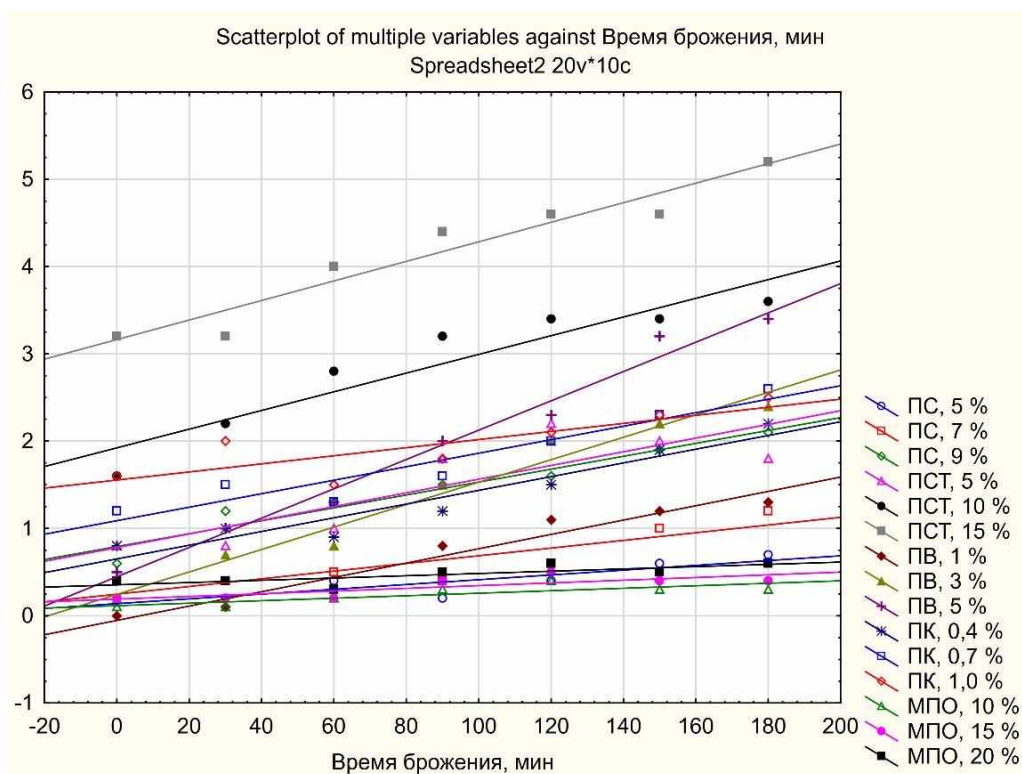
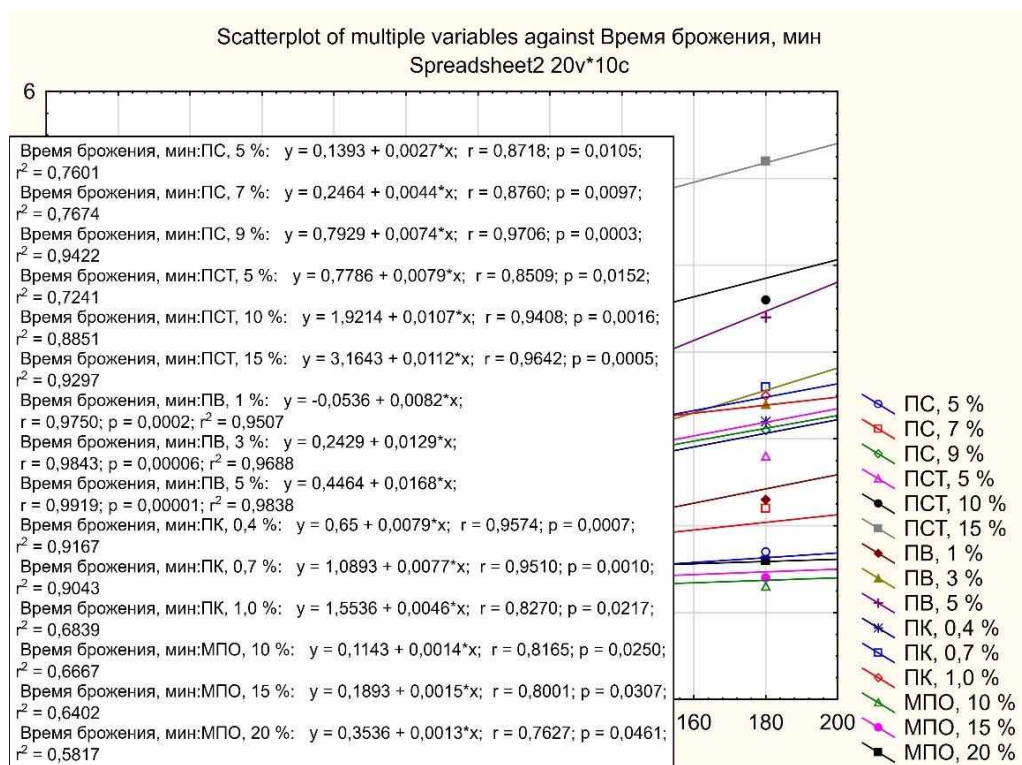
ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Патент на изобретение «Способ предварительной активации прессованных хлебопекарных дрожжей»



ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Регрессионный анализ зависимости прироста кислотности тестовых полуфабрикатов в процессе брожения по сравнению с контрольными образцами от времени брожения



ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Технические условия на пищевую комплексную добавку «Вкус осени»

ИП Халиуллин Эдуард Михайлович

ОКПД2 10.89.19.150

Группа Н33
(ОКС 67.060)УТВЕРЖДАЮ
ИП Халиуллин Э.М.Э.М. Халиуллин
_____ 2021 г.ДОБАВКА ПИЩЕВАЯ КОМПЛЕКСНАЯ
«ВКУС ОСЕНИ»Технические условия
ТУ 10.89.19-001-2000843913-2021

Введены впервые

Дата введения в действие
«10» февраля 2021РАЗРАБОТАНО:
ИП Халиуллин Э.М.Аспирант кафедры технологии пищевых
производств ФГБОУ ВО «КНИТУ»

_____ Маслов А.В.

Доцент кафедры технологии пищевых
производств ФГБОУ ВО «КНИТУ», к.т.н.

_____ Старовойтова О.В.

Профессор кафедры технологии пищевых
производств ФГБОУ ВО «КНИТУ», д.т.н.

_____ Мингалеева З.Ш.

Республика Татарстан

г. Казань

2021

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Патент на изобретение «Способ предварительной активации прессованных хлебопекарных дрожжей для производства хлебобулочных изделий»

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2 762 430** (13) **C1**(51) МПК
A21D 2/36 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
A21D 2/36 (2021.08)

(21)(22) Заявка: 2021110140, 12.04.2021
(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
12.04.2021
Дата регистрации:
21.12.2021
Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 12.04.2021
(45) Опубликовано: 21.12.2021 Бюл. № 36
Адрес для переписки:
420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68, ФГБОУ
ВО "КНИТУ", отдел патентно-
изобретательской деятельности

(72) Автор(ы):
Маслов Александр Васильевич (RU),
Мингалеева Замира Шамиловна (RU),
Старовойтова Оксана Валерьевна (RU),
Агзамова Лилия Ильгисовна (RU),
Биктагирова Айза Ильдаровна (RU),
Решетник Ольга Алексеевна (RU)
(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Казанский национальный
исследовательский технологический
университет" (ФГБОУ ВО "КНИТУ") (RU)
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2615480 C1, 04.04.2017. RU
2392308 C2, 20.06.2010. RU 2395208 C1,
27.07.2010. CN 104770428 A, 15.07.2015.

(54) Способ активации прессованных хлебопекарных дрожжей для производства хлебобулочных изделий
(57) Реферат:

Изобретение относится к пищевой промышленности. Способ активации прессованных хлебопекарных дрожжей для производства хлебобулочных изделий включает приготовление питательной среды путем смешивания воды, муки пшеничной и добавки, внесение в питательную среду измельченных прессованных хлебопекарных дрожжей с последующей выдержкой при температуре 30–32°С в течение 20 минут. В качестве муки пшеничной используют муку пшеничную хлебопекарную обойную, в качестве добавки берут пророщенную спельту, порошок из семян тыквы, порошок вешенки, порошок крыжовника при следующем соотношении компонентов,

мас. %: мука пшеничная хлебопекарная обойная - 56,3, пророщенная спельта - 25, порошок из семян тыквы - 17,2, порошок вешенки - 0,9, порошок крыжовника - 0,6. Массовое соотношение муки пшеничной хлебопекарной обойной с добавкой и воды берут 1:2 соответственно, а измельченные прессованные хлебопекарные дрожжи вносят в приготовленную питательную среду в количестве 1 кг в расчете на 24 кг питательной среды. Изобретение позволяет увеличить подъемную силу дрожжей, ферментативную активность, увеличить сроки сохранения свежести хлебобулочных изделий при увеличении их пористости и удельного объема. 2 табл.

RU 2 7 6 2 4 3 0 C 1

RU 2 7 6 2 4 3 0 C 1

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Нормативно-техническая документация на хлебобулочные изделия из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«БУЛОЧНО-КОНДИТЕРСКИЙ КОМБИНАТ»

ОКПД2 10.71.11.100

Группа Н 32
МКС 67.060

«УТВЕРЖДАЮ»
Генеральный директор
АО «Булочно-кондитерский комбинат»
Б.Ф. Кутдусов
«12» октября 2021 г.



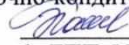
**Стандарт организации
СТО 23333135-001-2021**

**Хлебобулочные изделия из пшеничной хлебопекарной муки
высшего сорта «Осенние»**

Дата введения в действие: «12» октября 2021 г.

РАЗРАБОТАНО:

Главный технолог АО «Булочно-кондитерский комбинат»

 Халикова Г.Я.


Аспирант каф. ТПП ФГБОУ ВО КНИТУ

 Маслов А.В.

Доцент каф. ТПП ФГБОУ ВО КНИТУ, к.т.н.

 Старовойтова О.В.

Профессор каф. ТПП ФГБОУ ВО КНИТУ, д.т.н.

 Мингалеева З.Ш.

г. Казань
2021 г.

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«БУЛОЧНО-КОНДИТЕРСКИЙ КОМБИНАТ»

ОКПД2 10.71.11.100

Группа Н 32
МКС 67.060

«УТВЕРЖДАЮ»
Генеральный директор
АО «Булочно-кондитерский комбинат»
Б.Ф. Кутдусов
«12» октября 2021 г.



РЕЦЕПТУРА

Хлебобулочные изделия из пшеничной хлебопекарной муки
высшего сорта «Осенние»

РЦ СТО 23333135-001-2021

Дата введения в действие: «12» октября 2021 г.

РАЗРАБОТАНО:

Аспирант каф. ТПП ФГБОУ ВО КНИТУ
Маслов А.В.

Доцент каф. ТПП ФГБОУ ВО КНИТУ, к.т.н.
Старовойтова О.В.

Профессор каф. ТПП ФГБОУ ВО КНИТУ, д.т.н.
Мингалеева З.Ш.

Главный технолог АО «Булочно-кондитерский комбинат»
Халикова Г.Я.

г. Казань
2021 г.

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«БУЛОЧНО-КОНДИТЕРСКИЙ КОМБИНАТ»

ОКПД2 10.71.11.100

Группа Н 32
МКС 67.060

«УТВЕРЖДАЮ»
Генеральный директор
АО «Булочно-кондитерский комбинат»
Б.Ф. Кутдусов
«12» октября 2021 г.



ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ

по производству хлебобулочных изделий из пшеничной хлебопекарной муки
высшего сорта «Осенние» безопасным способом тестоведения

ТИ СТО 23333135-001-2021

Дата введения в действие: «12» октября 2021 г.

РАЗРАБОТАНО:

Аспирант каф. ТПП ФГБОУ ВО КНИТУ

Маслов А.В. Маслов А.В.
Доцент каф. ТПП ФГБОУ ВО КНИТУ, к.т.н.

Старовойтова О.В. Старовойтова О.В.
Профессор каф. ТПП ФГБОУ ВО КНИТУ, д.т.н.

Мингалеева З.Ш. Мингалеева З.Ш.
Главный технолог АО «Булочно-кондитерский комбинат»
Халикова Г.Я. Халикова Г.Я.

г. Казань
2021 г.

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«БУЛОЧНО-КОНДИТЕРСКИЙ КОМБИНАТ»

ОКПД2 10.71.11.100

Группа Н 32
МКС 67.060

«УТВЕРЖДАЮ»
Генеральный директор
АО «Булочно-кондитерский комбинат»
Б.Ф. Кутдусов
«12» октября 2021 г.



ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ

по производству хлебобулочных изделий из пшеничной хлебопекарной муки
высшего сорта «Осенние» опарным способом тестоведения

ТИ СТО 23333135-002-2021

Дата введения в действие: «12» октября 2021 г.

РАЗРАБОТАНО:

Аспирант каф. ТПП ФГБОУ ВО КНИТУ

Маслов Маслов А.В.

Доцент каф. ТПП ФГБОУ ВО КНИТУ, к.т.н.

Старовойтова Старовойтова О.В.

Профессор каф. ТПП ФГБОУ ВО КНИТУ, д.т.н.

Мингалева Мингалева З.Ш.

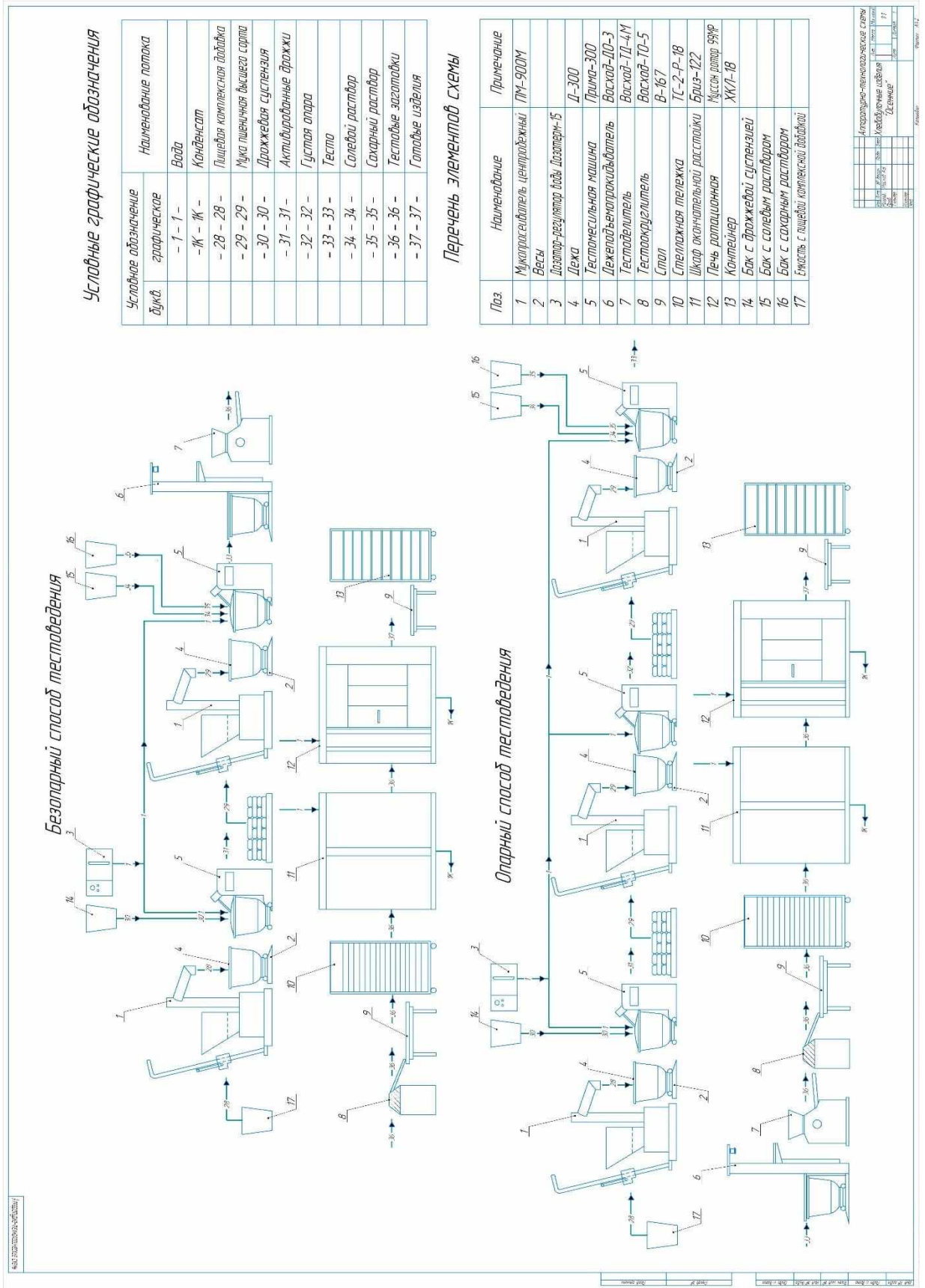
Главный технолог АО «Булочно-кондитерский комбинат»

Халикова Халикова Г.Я.

г. Казань
2021 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Аппаратно-технологические схемы производства хлебобулочных изделий из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта «Осенние»



ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Акты выработки опытных партий хлебобулочных изделий из пшеничной хлебобулочной муки высшего сорта

«УТВЕРЖДАЮ»
Генеральный директор
АО «Булочко-кондитерский комбинат»
Б.Ф. Кутадусов
2021 г.

АКТ

выработки опытной партии хлебобулочных изделий из пшеничной хлебобулочной муки высшего сорта «Осенние» безопасным способом тестоведения

Хлебобулочные изделия из пшеничной хлебобулочной муки высшего сорта «Осенние» готовили по СТО 23333135-001-2021 с применением добавки пищевой комплексной «Вкус осени» ТУ 10.89.19-001-2000843913-2021.

Тесто готовили безопасным способом по рецептуре, приведенной в таблице 1. Перед приготовлением теста проводили предварительную активацию прессованных дрожжей. Активацию дрожжей и приготовление теста производили по технологическим параметрам, представленным в таблице 2.

Наименование сырья	Расход сырья, кг
Мука пшеничная хлебобулочная высшего сорта	84,0
Добавка пищевая комплексная «Вкус осени»	16,0
Дрожжи хлебопекарные прессованные	2,0
Соль пищевая	1,3
Сахар белый	1,0
Итого:	104,3

№ п/п	Наименование сырья и полуфабрикатов, показатели процесса	Расход сырья и параметры процесса приготовления	
		активированные дрожжи	тесто
1	Мука пшеничная хлебобулочная высшего сорта, кг	-	84,0
2	Дрожжевая суспензия (1:2), кг	6	-
3	Добавка пищевая комплексная «Вкус осени», кг	16,0	-
4	Вода, кг	по расчету	по расчету
5	Активированные дрожжи	-	все
6	Солевой раствор, кг (25%)	-	5,2
7	Сахарный раствор, кг (50%)	-	2,0
8	Влажность, %	70±1,0	44±1,0
9	Температура начальная, °C	30-32	29-30
10	Продолжительность брожения, мин	20	90-120
11	Кислотность конечная, град	-	3,0
12	Масса тестовой заготовки, кг		0,46

Предварительная активация дрожжей. Для этого в дежу тестомесильной машины закладывали компоненты питательной среды (добавка пищевая комплексная «Вкус осени», вода) и дрожжи. Воду брали из расчета влажности питательной среды 70 %. Предварительно готовили дрожжевую суспензию (1:2) из общего количества воды. Производили замес в тестомесильной машине SMH 125 NS (фирмы "Gostol-Gorani") в дежах емкостью 300 л в течение 3 минут на медленной скорости и выдерживали при температуре 30-32 °C в течение 20 минут.

Приготовление теста. При замесе теста в дежу с активированными дрожжами закладывали необходимое количество сырья согласно рецептуре, через автоматомер

набирали необходимое количество муки и замесивали тесто. Продолжительность замеса теста составляла 3 мин на медленной скорости и 4 мин на быстрой скорости.

Готовность теста определяли по конечной кислотности, предусмотренной технологическим режимом и по органолептическим показателям. Продолжительность брожения теста до конечной кислотности 3,0 град составила 90 минут. Выброженное тесто вручную делили на тестовые заготовки и укладывали в хлебопекарные формы, предварительно смазанные путем впрыска эмульсии.

Расстойка производилась в расстойном шкафу в течение 40 мин, при температуре 35-40 °C и относительной влажности 70-75 %. Изделия выпекали в ротационной печи MIWE. Продолжительность выпечки составила 25 минут при температуре 200-220 °C.

Масса выработанной опытной партии хлебобулочных изделий из пшеничной хлебобулочной муки высшего сорта «Осенние» составила 187,6 кг.

Готовые изделия оценивали по органолептическим и физико-химическим показателям, представленным в таблицах 3,4.

Наименование показателя	Характеристика
Вкус и запах	Свойственные данному виду изделия, без постороннего привкуса и запаха
Форма	Соответствующая хлебной форме, в которой производилась выпечка, с несколько выпуклой верхней коркой, без боковых выпячков
Поверхность	Гладкая
Цвет	Равномерный, коричневатый
Состояние мякиша	Пропеченный, не влажный на ощупь, эластичный, без следов непромеса, пористость равномерная мелкая.

Наименование показателя	Значение показателя
Влажность мякиша, %	43,6
Кислотность мякиша, град	2,8
Пористость мякиша, %	76

Выработка опытной партии хлебобулочных изделий показала, что хлебобулочные изделия из пшеничной хлебобулочной муки высшего сорта с применением добавки пищевой комплексной «Вкус осени» соответствовали требованиям СТО 23333135-001-2021 по органолептическим показателям качества отличались приятным вкусом и ароматом, мелкой, равномерной пористостью, мягким и эластичным мякишем.

Заключение

Хлебобулочные изделия из пшеничной хлебобулочной муки высшего сорта «Осенние» можно рекомендовать для выработки безопасным способом тестоведения на хлебопекарных предприятиях с целью расширения ассортимента изделий с повышенной пищевой ценностью.

от ФГБОУ ВО «КНИТУ»

от АО «Булочко-кондитерский комбинат»

Аспирант
А.В. Маслов
к.т.н., доцент
О.В. Старовойтова
д.т.н., профессор
З.И. Мингалеева

Главный технолог
Г.Я. Халикова

«УТВЕРЖДАЮ»
Генеральный директор
АО «Булочко-кондитерский комбинат»
Б.Ф. Кутадусов
2021 г.

АКТ

выработки опытной партии хлебобулочных изделий из пшеничной хлебобулочной муки высшего сорта «Осенние» безопасным способом тестоведения

Хлебобулочные изделия из пшеничной хлебобулочной муки высшего сорта «Осенние» готовили по СТО 23333135-001-2021 с применением добавки пищевой комплексной «Вкус осени» ТУ 10.89.19-001-2000843913-2021.

Тесто готовили и использовали густой опару по рецептуре, приведенной в таблице 1. Перед приготовлением теста проводили предварительную активацию прессованных дрожжей. Активацию дрожжей и приготовление теста производили по технологическим параметрам, представленным в таблице 2.

Наименование сырья	Расход сырья, кг
Мука пшеничная хлебобулочная высшего сорта	84,0
Добавка пищевая комплексная «Вкус осени»	16,0
Дрожжи хлебопекарные прессованные	2,0
Соль пищевая	1,0
Сахар белый	1,0
Итого:	104,3

№ п/п	Наименование сырья и полуфабрикатов, показатели процесса	Расход сырья и параметры процесса приготовления		
		активированные дрожжи	густая опара	тесто
1	Мука пшеничная хлебобулочная высшего сорта, кг	-	39,0	45,0
2	Дрожжевая суспензия (1:2), кг	6	-	-
3	Добавка пищевая комплексная «Вкус осени», кг	16,0	-	-
4	Вода, кг	по расчету	по расчету	по расчету
5	Активированные дрожжи	-	все	все
6	Густая опара	-	-	5,2
7	Солевой раствор, кг (25%)	-	-	2,0
8	Сахарный раствор, кг (50%)	-	-	2,0
9	Влажность, %	70±1,0	50±1,0	44±1,0
10	Температура начальная, °C	30-32	27-28	29-30
11	Продолжительность брожения, мин	20	120-180	40-60
12	Кислотность конечная, град	-	3,5	3,0
13	Масса тестовой заготовки, кг		0,47	

Предварительная активация дрожжей. Для этого в дежу тестомесильной машины закладывали компоненты питательной среды (добавка пищевая комплексная «Вкус осени», вода) и дрожжи. Воду брали из расчета влажности питательной среды 70 %. Предварительно готовили дрожжевую суспензию (1:2) из общего количества воды. Производили замес в тестомесильной машине SMH 125 NS (фирмы "Gostol-Gorani") в дежах емкостью 300 л в течение 3 минут на медленной скорости и выдерживали при температуре 30-32 °C в течение 20 минут.

Приготовление густой опары. При замесе густой опары в дежу с активированными дрожжами через автоматомер набирали 55 % муки от общего количества,

предназначенного для замеса теста, и замесивали опару в течение 6 мин. Длительность брожения опары составляла 150 минут. Готовую опару использовали для замеса теста.

Приготовление теста. При замесе теста в дежу с густой опарой закладывали необходимое количество сырья согласно рецептуре, через автоматомер набирали 45 % муки от общего количества, предназначенного для замеса теста, и замесивали 3 мин на медленной скорости и 4 мин на быстрой скорости. Готовность теста определяли по конечной кислотности, предусмотренной технологическим режимом и по органолептическим показателям. Продолжительность брожения теста составила 60 минут. Выброженное тесто вручную делили на тестовые заготовки и укладывали в хлебопекарные формы, предварительно смазанные путем впрыска эмульсии.

Расстойка производилась в расстойном шкафу в течение 45 мин, при температуре 35-40 °C и относительной влажности 70-75 %. Изделия выпекали в ротационной печи MIWE. Продолжительность выпечки составила 25 минут при температуре 200-220 °C.

Масса выработанной опытной партии хлебобулочных изделий составила 188 кг.

Готовые изделия оценивали по органолептическим и физико-химическим показателям, представленным в таблицах 3,4.

Наименование показателя	Характеристика
Вкус и запах	Свойственные данному виду изделия, без постороннего привкуса и запаха
Форма	Соответствующая хлебной форме, в которой производилась выпечка, с несколько выпуклой верхней коркой, без боковых выпячков
Поверхность	Гладкая, без трещин и подпылов
Цвет	Равномерный, коричневатый
Состояние мякиша	Пропеченный, не влажный на ощупь, эластичный, без следов непромеса, пористость равномерная мелкая. Пористость разнотая, без пустот и уплотнений.

Наименование показателя	Значение показателя
Влажность мякиша, %	43,4
Кислотность мякиша, град	2,9
Пористость мякиша, %	77

Выработка опытной партии хлебобулочных изделий показала, что хлебобулочные изделия из пшеничной хлебобулочной муки высшего сорта с применением добавки пищевой комплексной «Вкус осени» при производстве опарным способом соответствовали требованиям СТО 23333135-001-2021 по органолептическим показателям качества отличались приятным вкусом и ароматом, мелкой, равномерной пористостью, мягким и эластичным мякишем.

Заключение

Хлебобулочные изделия из пшеничной хлебобулочной муки высшего сорта «Осенние» можно рекомендовать для выработки с использованием опарного способа тестоведения на хлебопекарных предприятиях с целью расширения ассортимента изделий с повышенной пищевой ценностью.

от ФГБОУ ВО «КНИТУ»

от АО «Булочко-кондитерский комбинат»

Аспирант
А.В. Маслов
к.т.н., доцент
О.В. Старовойтова
д.т.н., профессор
З.И. Мингалеева

Главный технолог
Г.Я. Халикова

ПРИЛОЖЕНИЕ 11

Нормативно-техническая документация на хлебобулочные изделия из смеси ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«ЦЕНТРАЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО»

ОКПД2 10.71.11.100



Группа Н 32
МКС 67.060

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор

«Центральное производство»
М.Ф. Фаткулин

«16» марта 2022 г.

**Стандарт организации
СТО 96888177-001-2022**

Хлебобулочные изделия из смеси ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта «Аппетитные»

Дата введения в действие: «16» марта 2022 г.

РАЗРАБОТАНО:

Технолог ООО «Центральное производство»

Гибдуллина Гибдуллина Г.Д.

Аспирант каф. ТПП ФГБОУ ВО КНИТУ

Маслов Маслов А.В.
Доцент каф. ТПП ФГБОУ ВО КНИТУ, к.т.н.

Старовойтова Старовойтова О.В.
Профессор каф. ТПП ФГБОУ ВО КНИТУ, д.т.н.

Мингалеева Мингалеева З.Ш.

г. Казань
2022 г.

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«ЦЕНТРАЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО»

ОКПД2 10.71.11.100

Группа Н 32
МКС 67.060



«УТВЕРЖДАЮ»
Директор
ООО «Центральное производство»
М.Ф. Фаткулин
«16» марта 2022 г.

РЕЦЕПТУРА

**Хлебобулочные изделия из смеси ржаной обдирной и пшеничной
муки первого сорта «Аппетитные»**

РЦ СТО 96888177-001-2022

Дата введения в действие: «16» марта 2022 г.

РАЗРАБОТАНО:

Аспирант каф. ТПП ФГБОУ ВО КНИТУ
Маслов А.В.
Доцент каф. ТПП ФГБОУ ВО КНИТУ, к.т.н.
Старовойтова О.В.
Профессор каф. ТПП ФГБОУ ВО КНИТУ, д.т.н.
Мингалеева З.Ш.
Технолог ООО «Центральное производство»
Гибадуллина Г.Д.

г. Казань
2022 г.

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«ЦЕНТРАЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО»

ОКПД2 10.71.11.100

Группа Н 32
МКС 67.060

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор

ООО «Центральное производство»

М.Ф. Фаткулин

«16» марта 2022 г.



ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ

по производству хлебобулочных изделий хлебобулочные изделия из смеси
ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта «Аппетитные»

ТИ СТО 96888177-002-2022

Дата введения в действие: «16» марта 2021 г.

РАЗРАБОТАНО:

Аспирант каф. ТПП ФГБОУ ВО КНИТУ

Маслов А.В.

Доцент каф. ТПП ФГБОУ ВО КНИТУ, к.т.н.

Старовойтова О.В.

Профессор каф. ТПП ФГБОУ ВО КНИТУ, д.т.н.

Мингалеева З.Ш.

Технолог ООО «Центральное производство»

Гибадуллина Г.Д.

г. Казань
2022 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 12

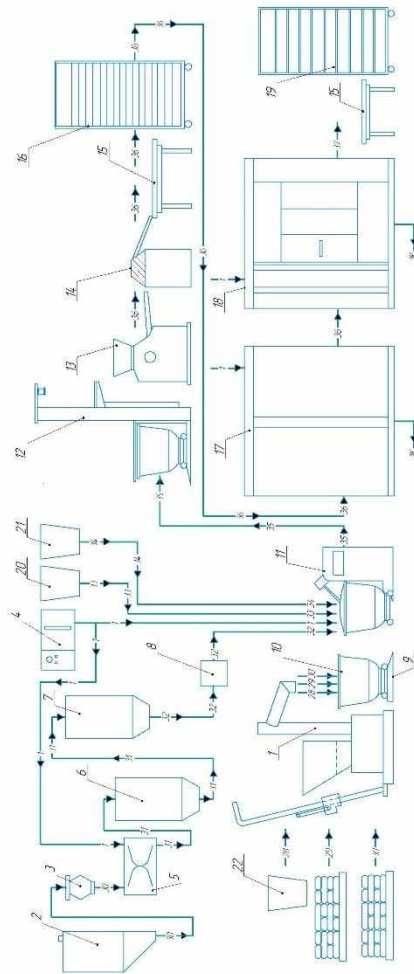
Аппаратно-технологическая схема производства хлебобулочных изделий из смеси ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта «Аппетитные»

Условные графические обозначения

Условные графические обозначения	Наименование потока
- 1 - 1 -	Вода
- 4К - 4К -	Конденсат
- 28 - 28 -	Пшеница комплексная добавка
- 29 - 29 -	Мука ржаная обдирная
- 30 - 30 -	Мука пшеничная первого сорта
- 31 - 31 -	Водно-муочная смесь
- 32 - 32 -	Бактериальная закваска
- 33 - 33 -	Дрожжевая суспензия
- 34 - 34 -	Солевой раствор
- 35 - 35 -	Тесто
- 36 - 36 -	Тестофые заготовки
- 37 - 37 -	Готовые изделия

Перечень элементов схемы

Поз.	Наименование	Примечание
1	Микрораспылитель центробежный	ПМ-900М
2	Производственный бункер	
3	Автоматочер	ДМТ-100
4	Дозатор-регулятор воды	Дозатор-15
5	Забарачная машина	ХЭУ-100
6	Сборник с мешалкой	
7	Чан для брожения закваски	РЗ-ХЧД-14.00
8	Раскладная емкость для закладки	
9	Весы	
10	Дежа	Д-300
11	Тестомясильная машина	Прима-300
12	Дежелатор-отракобильный	Восход-10-3
13	Тестоделитель	Восход-10-4М
14	Тестоукрушитель	Восход-10-5
15	Стол	В-16.7
16	Специальная тележка	ТС-2-Р-18
17	Шкаф окончательной расстойки	Брыз-122
18	Лечь роллационная	Мусон лотар 99УР
19	Контейнер	ХК/1-18
20	Бак с солевым раствором	
21	Бак с солевой комплексной добавкой	
22	Емкость с пшеницей комплексной добавкой	



Исполнитель	Проверено	Утверждено
Дата	Дата	Дата
Подпись	Подпись	Подпись
Место	Место	Место

ПРИЛОЖЕНИЕ 13

Акт выработки опытной партии хлебобулочных изделий из смеси ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор

ООО «Центральное производство»

М.Ф. Фаткулин

2022 г.

АКТ

выработки опытной партии хлебобулочных изделий из смеси ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта «Аппетитные»

Хлебобулочные изделия из смеси ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта «Аппетитные» готовили по СТО 96888177-001-2022 с применением добавки пищевой комплексной «Вкус осени» ТУ 10.89.19-001-2000843913-2021.

Тесто готовили на концентрированной молочнокислой закваске (КМКЗ) с соотношением муки ржаной обдирной и пшеничной первого сорта 60 : 40 по рецептуре, приведенной в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Наименование сырья и полуфабрикатов, показатели процесса	Расход сырья и параметры процесса приготовления	
		КМКЗ	тесто
1	КМКЗ	3,0	29,0
2	Мука ржаная хлебопекарная обдирная в КМКЗ на тесто, кг	-	10
	Мука ржаная хлебопекарная обдирная, кг	9,0	40,4
3	Мука пшеничная хлебопекарная первого сорта, кг	-	33,6
4	Дрожжи х/п прессованные / дрожжевая суспензия (1:2), кг	-	0,5
5	Добавка пищевая комплексная «Вкус осени», кг	-	16
6	Вода, кг	по расчету	по расчету
7	Солевой раствор, кг (25%)	-	5,6
8	Влажность, %	70±1,0	48,5±1,0
9	Температура начальная, °С	38-41	30-32
10	Продолжительность брожения, мин	480-720	120-180
11	Кислотность конечная, град	18-22	7,5-8,5
12	Масса тестовой заготовки, кг	-	0,41

Приготовление теста.

В дежу тестомесильной машины PONIMAK PSM-080 дозировали необходимое количество готовой КМКЗ и сырья согласно рецептуре, закладывали муку и замешивали тесто 5 мин на медленной скорости и 4 мин на быстрой скорости. Продолжительность брожения теста определяли по органолептическим показателям и достижению необходимой конечной кислотности. Тесто бродило 160 мин., после чего готовое тесто вручную делили на тестовые заготовки массой 410 грамм и укладывали в смазанные растительным маслом формы.

Расстойка производилась в расстойном шкафу АВАТ ШРТ-16П в течение 60 мин, при температуре 35-40 °С и относительной влажности 70-75 %. Изделия выпекали в ротационной печи АВАТ КЭП-16П. Продолжительность выпечки составила 25 минут при температуре 200-220 °С.

Масса выработки опытной партии хлебобулочных изделий составила 148 кг.

Готовые изделия оценивали по органолептическим и физико-химическим показателям, представленным в таблицах 3,4.

Таблица 3

Наименование показателя	Характеристика
Вкус и запах	Свойственные данному виду изделия, без постороннего привкуса и запаха
Форма	Соответствующая хлебной форме, в которой производилась выпечка, с несколько выпуклой верхней коркой, без боковых выплывов
Поверхность	Гладкая, без трещин и подрывов
Цвет	Равномерный, коричневый
Состояние мякиша	Пропеченный, не влажный на ощупь, эластичный, без следов непромеса, пористость равномерная мелкая. Пористость развитая, без пустот и уплотнений.

Таблица 4

Наименование показателя	Значение показателя
Влажность мякиша, %	47,9
Кислотность мякиша, град	7,8
Пористость мякиша, %	63

Выработка опытной партии хлебобулочных изделий показала, что хлебобулочные изделия из смеси ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта «Аппетитные» с применением добавки пищевой комплексной «Вкус осени» соответствовали требованиям СТО 96888177-001-2022 по органолептическим показателям качества отличались приятным вкусом и ароматом, мелкой, равномерной пористостью, мягким и эластичным мякишем.

Заключение

Хлебобулочные изделия из смеси ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта «Аппетитные» можно рекомендовать для выработки на хлебопекарных предприятиях с целью расширения ассортимента изделий с повышенной пищевой ценностью.

от ФГБОУ ВО «КНИТУ»

Маслов
Аспирант
А.В. Маслов
к.т.н., доцент
Старовойтова
О.В. Старовойтова
д.т.н., профессор
Мингалеева
З.Ш. Мингалеева

от ООО «Центральное производство»

Технолог
Г.Д. Гибадуллина



ПРИЛОЖЕНИЕ 14

Протокол исследования содержания минеральных и токсичных элементов в растительном сырье и хлебопекарной муке

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (ФГБОУ ВО «КНИТУ»)
Юридический адрес: 420015, РФ, РТ, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68
Комплексная лаборатория «НаноАналитика» (ЛК «НаноАналитика»)
Адрес места осуществления деятельности: РФ, РТ, г. Казань, ул. Петербургская, д. 50, корп. 26
Тел.: +7 (843) 227 40 93 E-mail: nanonaitika@mail.ru

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий
ЛК «НаноАналитика»
ФГБОУ ВО «КНИТУ»

Т.Г. Исламова
2021 г.


Экз. №1

Протокол испытаний № 335 (1)-Х-21

17.12.2021

- Наименование Заказчика, юр. и факт. адрес: ФГБОУ ВО КНИТУ, кафедра ТПП, Маслов А.В.
- Наименование образца испытаний: растительные порошки
- Количество проб: 8
- Место проведения испытаний: РТ, г. Казань, ул. Петербургская, д. 50, корп. 26
- Основание для проведения испытаний: НИР
- Дата или период проведения испытаний: 08.12.2021-17.12.2021
- Основные средства измерения:

№	Наименование СИ	Сведения о поверке (наименование, № документа, срок действия)
1	Спектрометр эмиссионный с индуктивно-связанной плазмой Avio 500	Свидетельство о поверке № С-А/16-11-2021/11320542 до 15.11.2022
2	Масс-спектрометр NexION 300D	Свидетельство о поверке № 5087184 до 17.12.2021 г.

- Результаты испытаний: представлены в таблице.

Лист 1 Всего 2 листа

Продолжение протокола испытаний № 335 (1)-Х-21 от 17.12.2021

№п/п	Определяемый компонент, на воздушно-сухую навеску, мг/кг	№ заказчика								Нормативная документация
		1	2	3	4	5	6	7	8	
		1221**	1222	1223	1224	1225	1226	1227	1228	
1	Натрий	675	573	568	646	677	192	39	52	ГОСТ 32343-2013
2	Калий	7710	20512	9437	2824	2657	3905	1269	1675	
3	Магний	4790	1466	378	1018	1057	970	266	379	
4	Кальций	3486	597	2214	976	708	485	235	435	
5	Железо	80	64	23	40	34	24	9,50	15	
6	Цинк	29	51	10	18	17	15	5,86	8,28	
7	Марганец	26	13	21	23	26	20	4,77	6,12	
8	Кремний	99	109	205	49	40	29	19	23	
9	Кобальт	0,06	0,01	0,03	0,03	0,01	0,01	<0,01	0,01	
10	Хром	1,04	2,07	0,46	0,21	0,12	0,01	0,03	0,06	
11	Селен	0,01	0,01	0,01	0,95	0,50	<0,01	<0,01	<0,01	
12	Свинец	0,61	0,14	0,32	0,30	0,22	0,06	0,06	0,01	
13	Кадмий	0,01	0,14	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	
14	Мышьяк	0,04	0,02	0,02	0,06	0,02	<0,01	0,01	0,01	

* - 1 - исходное сырье пшеница;
2 - порошок пшеницы;
3 - порошок крахмала;
4 - измельченный проросточный стержень;
5 - мука пшеничная обдирочная;
6 - мука ржаная обдирочная;
7 - мука пшеничная высшего сорта;
8 - мука пшеничная первого сорта;
** - если разложения в образце наблюдались только:

- Сведения о приеме проб: Акт приема проб № 335-Х-21 от 08.12.2021

10. Примечания: протокол отпечатан в 2х экземплярах. Экземпляр № 1 передан Заказчику, экземпляр № 2 передан в архив ЛК «НаноАналитика». Протокол испытаний не может быть частично воспроизведен без письменного разрешения Лаборатории. Копии протокола не действительны. Пробы отобраны Заказчиком. За отбор проб, доставку и транспортировку комплексов лаборатория «НаноАналитика» ответственности не несет. Результаты распространяются только на представленные к испытанию образцы.

менеджер по качеству
должностьХаеримова Ю.А.
ФИО

Исполнитель(и):

инженер II категории
должность
инженер II категории
должностьБагаутдинова Ю.С.
ФИО
Гильмутдинов Р.Р.
ФИО

Конец протокола

Лист 2 Всего 2 листа

ПРИЛОЖЕНИЕ 15

Протокол исследования химического состава растительного сырья и хлебопекарной муки

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)
Юридический адрес: 420015, Российская Федерация, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68
Комплексная лаборатория «НаноАналитика» (ЛК «НаноАналитика»)
Адрес места осуществления деятельности: РФ, РТ, г. Казань, ул. Петербургская, д. 50, корп. 26
Тел.: +7 (843) 227 40 93 E-mail: nanoanalitika@mail.ru

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий
ЛК «НаноАналитика»
ФГБОУ ВО «КНИТУ»
Исламова Г.Г. 07 2021 г.

Экз. №2

Протокол испытаний № 335-X-21
14.01.2022

- Наименование Заказчика, юр. и факт. ФГБОУ ВО КНИТУ, кафедра ТПП, Маслов А.В. адрес:
- Наименование образца испытаний: растительные порошки
- Количество проб: 12
- Место проведения испытаний: РТ, г. Казань, ул. Петербургская, д. 50, корп. 26
- Основание для проведения испытаний: НИР
- Дата или период проведения испытаний: 09.12.2021-14.01.2022
- Основные средства измерения:

№	Наименование СИ	Сведения о поверке (наименование, № документа, срок действия)
1	Весы лабораторные электронные GH-252	Свидетельство о поверке № 5087193 до 20.12.2021
2	Спектрофотометр Lambda 25	Сертификат калибровки № 5113437 от 17.12.2021г

8. Результаты испытаний: представлены в таблице.

Лист 1 Всего 2 листа

Продолжение протокола испытаний № 335-X-21 от 14.01.2022

№ заказчика	№ лабораторный	Определяемый компонент, на абсолютно-сухую навеску, массовая доля %				
		Влага, %	Жир	Сырая клетчатка	Белок	Зольность
		Нормативная документация				
		ГОСТ 15113.9-77	ГОСТ 15113.9-77	ГОСТ 31675-2012	ГОСТ 10846-91	ГОСТ 27494-2016
1	1221	5,92	49,86	6,06	28,22	4,66
2	1222	9,39	6,64	21,22	27,59	4,93
3	1223	12,33	6,27	13,70	5,38	2,50
4	1224	7,85	2,02	2,08	11,01	1,51
5	1225	8,96	2,43	2,11	11,22	1,41
6	1226	10,17	1,50	2,04	8,11	1,42
7	1227	11,32	1,19	<2,00	11,61	0,39
8	1228	10,11	1,44	<2,00	9,56	0,51
9	1229	43,63	0,24	<2,00	11,28	0,62
10	1230	41,78	0,45	<2,00	9,20	0,17
11	1231	46,04	0,31	3,32	7,55	0,81
12	1232	44,99	0,70	2,82	8,86	1,38

9. Сведения о приеме проб: Акт приема проб № 335-X-21 от 08.12.2021

10. **Примечания:** протокол отпечатан в 2х экземплярах. Экземпляр № 1 передан Заказчику, экземпляр № 2 передан в архив ЛК «НаноАналитика». Протокол испытаний не может быть частично воспроизведен без письменного разрешения Лаборатории. Копии протокола не действительны. Пробы отобраны Заказчиком. За отбор проб, доставку и транспортировку комплексная лаборатория «НаноАналитика» ответственности не несет. Результаты распространяются только на представленные к испытанию образцы.

Менеджер по качеству *Юлия* Хацринова Ю.А.
обязанность подпись ФИО

Исполнитель (и):
Инженер I категории *Шурина* Шурина Е.Н.
обязанность подпись ФИО
Инженер II категории *Багаутдинова* Багаутдинова Ю.С.
обязанность подпись ФИО

Конец протокола

Лист 2 Всего 2 листа

ПРИЛОЖЕНИЕ 16

Протокол исследования истинной плотности растительного сырья и хлебопекарной муки с использованием гелевого пикнометра АссиРус II 1340


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
 «Казанский национальный исследовательский технологический университет»
 (ФГБОУ ВО «КНИТУ»)
 Юридический адрес: 420015, Российская Федерация, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68
 Комплексная лаборатория «НаноАналитика» (ЛК «НаноАналитика»)
 Адрес места осуществления деятельности: Российская Федерация, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Петербургская, д. 50,
 корп. 26
 Тел.: +7 (843) 227 40 93 E-mail: nanoanalitika@mail.ru

УТВЕРЖДАЮ
 Заведующий
 ЛК «НаноАналитика»
 ФГБОУ ВО «КНИТУ»

 Г.Г. Исламова
 12.12.2021 г.

Экз. №2

Протокол испытаний № 335 –ТИ (1)-21

17.12.2021

1. **Наименование Заказчика, юр. и факт. адрес:** ФГБОУ ВО «КНИТУ», РТ, г. Казань, ул. Карла Маркса, д.68, каф. ТПП, Маслов А.В.
2. **Наименование образца испытаний:** Образцы растительных порошков
3. **Количество проб:** 8
4. **Место проведения испытаний:** РТ, г. Казань, ул. Петербургская, д. 50, корп. 26
5. **Основание для проведения испытаний:** НИР Заявка
6. **Дата или период проведения испытаний:** 13.12.2021 – 15.12.2021

7. Основные средства измерения:

№	Наименование СИ	Сведения о поверке (наименование, № документа, срок действия)
1	Гелиевый пикнометр АссиРус II 1340	-
2	Весы лабораторные электронные AND GH-200	Свидетельство о калибровке № 5087101 действительно от 21.12.2020

8. Результаты испытаний: представлены в Таблице 1.

Лист 1 Всего 2 листа

Продолжение протокола испытаний № 335 –ТИ (1)-21 от 22.11.2021

Таблица 1

№ лабораторный	№ заказчика	Истинная плотность, г/см ³	Нормативная документация
1221	Проба 1	1,1200±0,0004	Инструкция по эксплуатации гелевого пикнометра АссиРус II 1340
1222	Проба 2	1,4193±0,0002	
1223	Проба 3	1,4801±0,0004	
1224	Проба 4	1,4564±0,0017	
1225	Проба 5	1,4557±0,0003	
1226	Проба 6	1,4646±0,0003	
1227	Проба 7	1,4687±0,0002	
1228	Проба 8	1,4662±0,0001	

9. **Сведения о приеме проб:** Акт приема проб № 335-ТИ-21 от 08.12.2021

10. **Примечания:** протокол отпечатан в 2х экземплярах. Экземпляр № 1 передан Заказчику, экземпляр № 2 перелан в архив ЛК «НаноАналитика». Протокол испытаний не может быть частично воспроизведен без письменного разрешения Лаборатории. Копии протокола не действительны. Пробы отобраны Заказчиком. За сбор проб, доставку и транспортировку комплексная лаборатория «НаноАналитика» ответственности не несет. Результаты распространяются только на представленные к испытанию образцы.

Исполнитель(и):

Инженер I категории  Мишагин К.А.
должность подпись ФИО

Менеджер по качеству  Хаирнова Ю.А.
должность подпись ФИО

Конец протокола

Лист 2 Всего 2 листов

ПРИЛОЖЕНИЕ 17

Протокол исследования гранулометрического состава растительного сырья и хлебопекарной муки


МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

Юридический адрес: 420015, Российская Федерация, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68
 Комплексная лаборатория «НаноАналитика» (КЛ «НаноАналитика»)

Адрес места осуществления деятельности: Российская Федерация, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Петербургская, д. 50, корп. 26
 Тел.: +7 (843) 227 40 93 E-mail: nanosналitika@mail.ru

УТВЕРЖДАЮ
 Заведующий
 КЛ «НаноАналитика»
 ФГБОУ ВО «КНИТУ»

 Г.Г. Исламова
 2021 г.
 МП

Экз. №2

Протокол испытаний № 335-ТИ-21
10.12.2021

1. **Наименование Заказчика, юр. и факт. адрес:** ФГБОУ ВО «КНИТУ» Маслов Александр Васильевич
2. **Наименование образца испытаний:** Растительные порошки
3. **Количество проб:** 8
4. **Место проведения испытаний:** РТ, г. Казань, ул. Петербургская, д. 50, корп. 26
5. **Основание для проведения испытаний:** НИР в рамках кандидатской диссертации
6. **Дата или период проведения испытаний:** 08.12.2021 – 10.12.2021
7. **Основные средства измерения:**

№	Наименование СИ	Сведения о поверке (наименование, № документа, срок действия)
1	Лазерный анализатор крупности частиц «Horiba LA-960A2»	Свидетельство о поверке № С-В/12-11-2021/110866528 до 11.11.2022

8. **Результаты испытаний:**

Лист 1 Всего 3 листа

Продолжение протокола испытаний № 335-ТИ-21 от 10.12.2021

Наименование пробы (адресат)	Пыль, №	Размер фракций и масс, содержание в %																Нормативные значения документа					
		≤1	1-20	20-40	40-60	60-80	80-100	100-120	120-140	140-160	160-180	180-200	200-220	220-240	240-260	260-300	300-400		400-500	500-700	700-1000	≥1000	
Проба 1 (перлокс-содовый порошок)	1221	0,0	13,6	9,4	9,0	6,6	4,3	3,4	3,9	2,8	2,7	2,7	2,8	2,7	2,6	2,3	2,4	16,7	7,6	7,5	3,0	0,4	
Проба 2 (перлокс-содовый порошок)	1222	0,0	17,4	15,1	9,3	8,0	6,5	5,0	4,2	3,8	3,4	3,1	2,9	2,6	2,3	2,0	1,8	6,3	3,4	2,5	0,3	0,0	
Проба 3 (перлокс-содовый порошок)	1223	0,0	2,5	9,7	12,5	11,3	8,5	6,0	5,2	4,8	4,4	4,1	3,7	3,3	3,0	2,5	2,3	8,1	4,4	5,3	0,4	0,0	
Проба 4 (Насадочный материал)	1224	0,0	22,0	18,8	3,5	3,8	2,9	2,3	2,2	2,3	2,4	2,3	2,8	2,8	3,0	2,8	12,5	7,1	4,1	9,4	0,0		
Проба 5 (мука пшеничная)	1225	0,0	10,5	14,3	9,1	7,1	5,3	4,1	3,7	3,5	3,5	3,4	3,4	3,3	3,0	2,8	2,6	16,1	5,7	4,0	0,8	0,0	
Проба 6 (мука ржаная)	1226	0,0	18,1	17,9	6,2	3,7	2,9	2,5	2,5	2,6	2,7	2,7	2,9	2,8	2,7	2,7	2,5	10,7	6,8	5,6	1,6	0,0	
Проба 7 (мука пшеничная высшего сорта)	1227	0,0	8,3	15,0	14,8	16,2	14,7	10,4	6,9	4,6	3,1	2,1	1,3	0,9	0,7	0,4	0,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	
Проба 8 (мука пшеничная первого сорта)	1228	0,0	5,9	12,8	15,8	18,4	16,4	11,0	7,0	4,5	2,9	1,9	1,1	0,8	0,6	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

Лист 2 Всего 3 листа

Продолжение протокола испытаний № 335-ТИ-21 от 10.12.2021

9. **Сведения о времени пробы:** Акт пробы проб № 335-ТИ-21 от 08.12.2021
 10. **Примечание:** протокол отпечатан в 2х экземплярах. Экземпляр № 1 передан Заказчику, экземпляр № 2 передан в архив КЛ «НаноАналитика». Протокол испытаний не может быть частично воспроизведен без письменного разрешения Лаборатории. Копии протокола не действительны. Пробу отобраны Заказчиком. За отбор проб, доставку и транспортировку комплексной лаборатория «НаноАналитика» ответственности не несет. Результаты распространяются только на представленные к испытанию образцы.

Менеджер по качеству _____ Хаширова Ю.А.
 должность подпись ином

Исполнитель(и):

Ведущий инженер _____ Смирнов А.В.
 должность подпись ином

Копия протокола

Лист 3 Всего 3 листа

ПРИЛОЖЕНИЕ 18

Сертификаты, свидетельства, дипломы

