

Носова Марина Владимировна

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ
УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ
С ПРИМЕНЕНИЕМ МУЛЬТЭНЗИМНЫХ КОМПОЗИЦИЙ
НА ОСНОВЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ
ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ**

Специальность 4.3.3 – Пищевые системы

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2023

Работа выполнена в федеральном государственном автономном научном учреждении
«Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности»

Научный руководитель:**Костюченко Марина Николаевна**

кандидат технических наук, доцент, директор
ФГАНУ «Научно-исследовательский институт
хлебопекарной промышленности»

Официальные оппоненты:**Савенкова Татьяна Валентиновна**

доктор технических наук, профессор,
директор научно-исследовательского института
качества, безопасности и технологий
специализированных пищевых продуктов ФГБОУ ВО
«РЭУ им. Г.В. Плеханова»

Березина Наталья Александровна

доктор технических наук, доцент,
проректор по цифровизации, научной
и инновационной деятельности ФГБОУ ВО
«Орловский государственный аграрный
университет имени Н.В. Парахина»

Ведущая организация:

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
университет инженерных технологий»

Защита состоится «22» июня 2023 г. в 13:00 часов на заседании объединенного совета по защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук 99.0.092.02 по научной специальности 4.3.3 Пищевые системы (технические науки) при ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности», ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)» по адресу: 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11, корп. А, Зал А-1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности», ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)». Полный текст диссертации размещен в сети Интернет на официальном сайте ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ» <http://www.mgupp.ru/>.

С авторефератом можно ознакомиться на официальных сайтах ВАК Минобрнауки РФ (<http://vak.ed.gov.ru>) и ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ» (<http://www.mgupp.ru>).

Автореферат разослан «__» _____ 2023 г.

Ученый секретарь

Совета 99.0.092.02, к.т.н. _____ Николаева Ю.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Одной из приоритетных задач Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г., утвержденной распоряжением Правительства РФ 29 июня 2016 г. № 1364-р, Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной указом Президента Российской Федерации от 21 января 2020 г. № 20 и Федерального закона "О качестве и безопасности пищевых продуктов" является повышение качества и безопасности пищевой продукции, в том числе и хлебобулочных изделий.

Качество хлебобулочных изделий в большей степени зависит от качественных характеристик перерабатываемой муки. Мониторинг, постоянно проводимый в ФГАНУ НИИХП, свидетельствует, что около 60 % муки, используемой хлебопекарными предприятиями РФ, при соответствии требованиям нормативной документации, характеризуется пониженными хлебопекарными свойствами, что обусловлено недостаточным объемом производства высококачественного зерна ценной и сильной пшеницы.

В сложившихся условиях для улучшения качества хлебобулочных изделий хлебопекарные предприятия вынуждены использовать специальные корректирующие добавки, в том числе ферментные препараты (далее ФП) преимущественно импортного производства, что ставит работу хлебопекарных производств в зависимость от зарубежных поставок.

Степень разработанности темы. Ранее проведенными работами отечественных и зарубежных исследователей (Кретович В.Л., Токарева Р.Р., Поландова Р.Д., Попадич И.А., Матвеева И.В., Дремучева Г.Ф., Leman P., Hoseneu R.C. и др.) внесен существенный вклад в теоретические основы и практическое применение ферментных препаратов и их композиций в хлебопекарном производстве.

Однако, начиная с конца 90-х годов, производство отечественных ФП для хлебопечения было приостановлено. В последние годы учёные ВНИИПБТ - филиала ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», МГУ им. М.В.Ломоносова и «ФИЦ Биотехнологии РАН» продолжили исследования по созданию ферментных препаратов широкого спектра действия, в том числе для хлебопечения.

Учитывая изложенное, для улучшения качества хлебобулочных изделий **актуальными** являются исследования технологических свойств отечественных ФП и создание на их основе мультэнзимных композиций (далее МЭК), что особенно важно в современных условиях санкционных ограничений на поставку зарубежных ингредиентов.

Диссертационная работа выполнялась в рамках реализации Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы по теме «Разработать методологию создания импортозамещающих технологий комплексных улучшителей на основе биотехнологических характеристик отечественных ферментных препаратов для повышения качества хлебобулочных изделий из муки с различными хлебопекарными свойствами» (№ темы 0593-2014-0016, этап 2017 г. «Изучить технологические свойства отечественных ферментных препаратов в технологии хлебобулочных изделий из пшеничной муки», этап 2018 г. «Изучить технологические свойства мультэнзимных композиций ферментных препаратов в технологии хлебобулочных изделий из пшеничной муки»).

Цель и задачи исследований. Целью настоящего исследования явилась разработка технологических решений улучшения качества хлебобулочных изделий при переработке

муки с пониженными хлебопекарными свойствами с применением мультэнзимных композиций на основе отечественных ФП.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи:

– теоретическое обоснование использования ФП с α – амилазной, эндо-ксилазной и экзо-пептидазной активностями для улучшения качества хлебобулочных изделий из муки пшеничной с пониженными хлебопекарными свойствами;

– определение оптимальных дозировок ферментных препаратов с α – амилазной, эндо-ксилазной и сопутствующей экзо-пептидазной активностями для улучшения качества хлебобулочных изделий;

– исследование влияния ферментных препаратов с α – амилазной, эндо-ксилазной и сопутствующей экзо-пептидазной активностями на хлебопекарные свойства муки пшеничной хлебопекарной;

– изучение влияния ферментных препаратов с эндо-ксилазной и сопутствующей экзо-пептидазной активностями на содержание белковых фракций в тесте из муки пшеничной хлебопекарной;

– создание мультэнзимных композиций для улучшения качества хлебобулочных изделий;

– создание мультэнзимных композиций для увеличения срока сохранения свежести хлебобулочных изделий;

– разработка технологических решений улучшения качества хлебобулочных изделий при переработке муки с пониженными хлебопекарными свойствами с применением мультэнзимных композиций на основе отечественных ферментных препаратов; опытно - промышленная апробация разработанных мультэнзимных композиций и технико-экономическое обоснование их использования в производстве хлебобулочных изделий.

Научная концепция. Развитие технологических решений производства хлебобулочных изделий из пшеничной муки с пониженными хлебопекарными свойствами с целенаправленным улучшением качества и увеличением срока сохранения свежести, обусловленных применением мультэнзимных композиций на основе отечественных ферментных препаратов.

Научная новизна. Научно обоснована и экспериментально подтверждена технологическая эффективность применения ферментных препаратов отечественного производства с α -амилазной, эндо-ксилазной и сопутствующей экзо-пептидазной активностями для улучшения качества хлебобулочных изделий из муки с пониженными хлебопекарными свойствами.

Выявлено улучшение упруго-эластичных свойств клейковины муки при добавлении ФП Протозима, связанное с накоплением водорастворимых высокомолекулярных арабиноксиланов, способствующих дополнительной гидратации белков клейковины и накоплению аминокислот, необходимых для жизнедеятельности дрожжей и молочнокислых бактерий, обусловленное эндо-ксилазной и побочной экзо-пептидазной активностями.

Впервые изучено влияние ФП Протозима на модификацию белковых фракций в процессе созревания теста, обусловленную трансформацией водонерастворимых арабиноксиланов с образованием межмолекулярных агрегационных связей с клейковинообразующими белками, что приводит к увеличению их количества (глиадина и глютенина).

Выявлено стимулирующее воздействие совместного применения ферментных препаратов с α -амилазной, эндо-ксилазной и сопутствующей экзо-пептидазной

активностями на образование ароматобразующих веществ (альдегидов) в хлебобулочных изделиях, что обусловлено гидролитическим расщеплением биополимеров муки и дополнительным накоплением сахаров и аминокислот.

Выявлено, что наибольший улучшающий качество хлебобулочных изделий эффект использования мультэнзимных композиций проявляется при переработке муки с пониженной автолитической активностью и применении ускоренной технологии приготовления теста.

Научно обоснованы и разработаны составы мультэнзимных композиций, обеспечивающих увеличение срока сохранения свежести хлебобулочных изделий из муки пшеничной хлебопекарной с пониженными хлебопекарными свойствами, обусловленное модифицирующим воздействием амилаз на крахмал с накоплением низкомолекулярных декстринов, мальтозы и олигосахаров.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы заключается в расширении научных знаний в области применения ферментных препаратов микробного происхождения в составе мультэнзимных композиций в качестве регуляторов биохимических и микробиологических процессов в технологиях хлебобулочных изделий.

Разработаны техническая документация на мультэнзимные композиции (МЭК-1 и МЭК-5) и рекомендации по их применению в производстве хлебобулочных изделий при переработке муки пшеничной хлебопекарной удовлетворительного качества и с удовлетворительной крепкой клейковиной и низкой автолитической активностью.

Разработаны технологические решения производства хлебобулочных изделий из пшеничной муки с пониженными хлебопекарными свойствами с применением мультэнзимных композиций на основе отечественных ферментных препаратов, что соответствует реализации государственной политики РФ по импортозамещению.

Получен патент РФ № 2701969 на изобретение «Способ производства хлебобулочных изделий» от 02.10.2019 г.

Осуществлена промышленная апробация разработанных мультэнзимных композиций на ООО «Экохлеб» (Московская область) и ООО «Институт хлеба» (г. Москва).

Ожидаемый расчетный экономический эффект при производстве МЭК-1 составит 829249 рублей на 1 тонну.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертационная работа соответствует пунктам 4, 10, 11, 21 паспорта специальности 4.3.3 – «Пищевые системы».

Апробация результатов работы. Результаты работы представлены на международных конференциях и выставках: I Международной научно-практической конференции с международным участием «Передовые пищевые технологии: состояние, тренды, точки роста» (Москва, 2018); Международной научно-практической конференции «Инновационные процессы в пищевых технологиях: наука и практика» (Москва, 2019); III Международной научно-практической конференции «Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйственной и пищевой продукции» (Москва, 2019); Национальной научно-практической конференции «Пищевые ингредиенты и биологически активные добавки в технологиях продуктов питания и парфюмерно-косметических средств» (Москва, 2019); 9-м Международном научно-практическом симпозиуме «Перспективные ферментные препараты и биотехнологические процессы в технологиях продуктов питания и кормов» (Москва, 2019);

XXIII Международной выставке сырья, готовых пищевых ингредиентов и смесей «Ingredients Russia 2020». На Международной научно-практической конференции, посвященной памяти Р.Д. Поландовой «Пищевые технологии будущего: инновационные идеи, научный поиск, креативные решения» (Москва, 2019), получен диплом 2-ой степени.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 15 печатных работ, в том числе 10 статей, входящих в перечень ВАК РФ, одна статья – в издании, индексируемом в международной базе данных Scopus, а также три статьи в сборниках материалов конференций, получен 1 патент на изобретение.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 168 страницах основного текста, включает 19 рисунков, 26 таблиц и 16 приложений. Список литературы включает 171 источник российских и зарубежных авторов.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В обзоре литературы дана характеристика основных видов ферментных препаратов и их использование в технологии хлебобулочных изделий. Рассмотрены принципы действия амилолитических, протеолитических и цитолитических ферментных препаратов. Представлены данные влияния ферментных препаратов с эндо-ксилипазной и экзо-пептидазной активностями на белки клейковины муки пшеничной. Отмечена роль применения ферментных препаратов и МЭК в производстве хлебобулочных изделий.

2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Исследования проводили в лабораториях ФГАНУ НИИХП и ВНИИПБТ - филиала ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии». Производственные испытания осуществляли в условиях ООО «Экохлеб» (Московская область) и ООО «Институт хлеба» (г. Москва).

Схема проведения исследований представлена на рис.1.

2.1 Сырье и материалы, применявшиеся при проведении исследований

В работе использовали следующее сырье: шесть проб муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта (ГОСТ 26574) со средними хлебопекарными свойствами, удовлетворительной крепкой клейковиной и с удовлетворительной автолитической активностью, а также с удовлетворительной крепкой клейковиной и с низкой автолитической активностью; дрожжи прессованные хлебопекарные (ГОСТ Р 54731); соль пищевую (ГОСТ Р 51574); сахар белый (ГОСТ 33222); масло подсолнечное (ГОСТ Р 52465); ФП Амилоризин с α -амилазной активностью 2500 ед.АС/г (далее Амилаза 1) производства концерна «Микробиопром» и ФП Протозим с ксиланазной 1075 ед.КсА/г и сопутствующей экзо-пептидазной 200 ед.ПС/г активностями (далее Ксиланаза 1) производства ООО «Агрофермент», Россия; ФП с α -амилазной активностью Фунгамил 2500 СГ 2500 ед.АС/г (далее Амилаза 2), ФП с ксиланазной активностью Пентопан Моно БГ 2500 ед.КсА/г (далее Ксиланаза 2) и ФП Новамил 3Д БГ 10000 ед.МАС/г (далее мальтогенная амилаза) – мальтогенная амилаза для сохранения свежести производства компании Novozymes, Дания. Характеристики ФП представлены в диссертации.

Для изучения влияния ферментных препаратов и мультэнзимных композиций на качество хлебобулочных изделий, приготовленных ускоренным и опарным способами (без сахара и жира, а так же по рецептуре батона нарезного), проводили лабораторные выпечки. Контролем служили пробы изделий, приготовленные без ФП и МЭК. ФП и МЭК вводили при замесе теста в виде водных растворов как при ускоренном способе приготовления теста, так и при опарном.



Рисунок 1 – Структурная схема проведения исследований

2.2 Методы исследований

В работе применяли как общепринятые, так и специальные методы контроля параметров технологического процесса и оценки качества сырья, полуфабрикатов и хлебобулочных изделий.

Влияние ферментных препаратов на свойства теста из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта с различной автолитической активностью исследовали на приборе «Амилограф» фирмы «Brabender»; газообразующую и газодерживающую способность теста на приборе «Реоферментометр» (фирмы «Chopin»). Сахарообразующую способность муки определяли в мг мальтозы, образовавшейся в болтушке из 10 г муки и 50 см³ воды после настаивания ее в течение 1 ч на водяной бане при температуре 27 °С. Фракционный состав белков определяли методом Лоури, скорость черствения хлебобулочных изделий - по методике «Оценка степени черствости хлебобулочных изделий СТП-1703», разработанной в ФГАНУ НИИХП Черныхом В.Я, ароматические вещества в хлебе - по методике, предложенной Токаревой Р.Р. и Кретовичем В.Л, содержание глюкозы, мальтозы, декстринов - методом Зихерда-Блэйера, в модификации Смирнова В.А, ферментативную активность – амилолитическую и ксиланазную - по ГОСТ Р 54330 и ГОСТ Р 55302.

3 Результаты исследований и их анализ

3.1 Теоретическое обоснование выбора ферментных препаратов для улучшения качества хлебобулочных изделий

Вследствие негативных тенденций в качестве зерна пшеницы, усилившихся в последние годы, и связанным с этим ухудшением качества хлебопекарной муки и производимых из нее хлебобулочных изделий, возникает целесообразность внедрения на отечественных хлебопекарных предприятиях различных методов корректировки технологических свойств используемого сырья.

Мониторинг, ежегодно проводимый в ФГАНУ НИИХП, свидетельствует, что около 60 % муки, перерабатываемой хлебопекарными предприятиями РФ, характеризуются пониженными хлебопекарными свойствами: повышенной зольностью, высоким числом падения, пониженным значением белизны, низкой газообразующей способностью, крепкой короткорвущейся клейковиной и пониженным ее содержанием и др. Из всех перечисленных дефектов наиболее часто встречающимися являются высокое число падения и крепкая короткорвущаяся клейковина. Эффективным способом улучшения качества такой муки является использование ферментных препаратов. Анализ исследуемых проб муки позволил научно обосновать выбор ФП с различным механизмом действия. Учитывая, что высокое число падения характеризует низкую активность собственных амилолитических ферментов муки, для улучшения ее качества целесообразно использовать ФП с амилолитической активностью, которые способствуют увеличению сахарообразующей способности муки, газообразования теста, объема хлебобулочных изделий, улучшению пористости, цвета корки готовых изделий, их вкуса и запаха. В связи с указанным для этой цели в работе использовали ФП с α -амилазной активностью –Амилоризин отечественного производства.

Кроме этого, амилазы играют существенную роль в замедлении черствения хлеба, что является актуальным в настоящее время. Наиболее эффективным ФП для сохранения свежести хлебобулочных изделий является мальтогенная α -амилаза. Для увеличения срока годности изделий использовали Новамил 3Д БГ зарубежного производства, так как отечественные аналоги на сегодняшний день отсутствуют.

При переработке муки с крепкой клейковиной для улучшения ее качества наиболее эффективно использование ФП с эндо-ксилазной активностью. Известно, что ксиланазы повышают газодерживающую способность теста, его стабильность, улучшают качество хлеба и структуру мякиша. Поэтому в работе для улучшения реологических свойств теста и структуры клейковины применяли ФП с эндо-ксилазной и сопутствующей экзо-пептидазной активностью - Протозим отечественного производства.

Перспективным направлением решения проблемы переработки муки с пониженными хлебопекарными свойствами является совместное применение ферментных препаратов различного принципа действия в виде мультэнзимных композиций. Для формирования составов мультэнзимных композиций в качестве базовых компонентов выбраны ферментные препараты различного принципа действия и изучено влияние их дозировок на качество хлебобулочных изделий из пшеничной муки с пониженными хлебопекарными свойствами. Синергизм этих добавок проявляется в том, что общее воздействие комплекса ферментов оказывается более интенсивным, чем действие каждого фермента по отдельности.

Нами предложен комплексный подход к решению проблемы применения мультэнзимных композиций на основе отечественных ферментных препаратов, сочетающий в себе как регулирование технологических свойств муки с пониженными хлебопекарными свойствами, так и одновременное повышение качества приготовленных из нее хлебобулочных изделий.

3.2 Исследование влияния различных дозировок ферментных препаратов с α – амилазной, эндо-ксилазной и сопутствующей экзо-пептидазной активностями на качество хлеба из муки пшеничной хлебопекарной

Для формирования составов МЭК в качестве базовых компонентов были выбраны ферментные препараты различного принципа действия и изучено влияние их дозировок на качество хлебобулочных изделий из пшеничной муки с пониженными хлебопекарными свойствами.

3.2.1 Исследование влияния ферментных препаратов с α – амилазной активностью на качество хлеба из муки пшеничной хлебопекарной

При исследовании влияния ферментных препаратов с α – амилазной активностью (Амилазы 1 и Амилазы 2) на качество хлеба (удельный объем и формоустойчивость хлеба, пористость и эластичность мякиша, цвет корки, вкус и запах хлеба) из муки пшеничной хлебопекарной с удовлетворительной и с пониженной автолитической активностью тесто готовили ускоренным и опарным способами. Ферментные препараты вносили в количестве от 1 до 8 ppm, что соответствует дозировке по ферментативной активности Амилазы 1 и 2 – 0,25 – 2,0 ед.АС/г.

Наибольший удельный объем и средняя формоустойчивость отмечены в образцах хлеба из муки с удовлетворительной автолитической активностью, приготовленных с Амилазой 1 или Амилазой 2 в количестве 2 ppm (0,5 ед.АС/г), а из муки с пониженной автолитической активностью - приготовленных с этими же ферментными препаратами в количестве 4 ppm (1,0 ед.АС/г).

Указанные эффекты обусловлены действием α -амилазы на α -1,4-гликозидные связи крахмала, в результате чего на первых стадиях процесса гидролиза накапливаются декстрины различной молекулярной массы, которые затем гидролизуются в результате совместного действия α - и β -амилаз муки до мальтозы, что обеспечивает более интенсивное брожение теста, накопление диоксида углерода и способствует увеличению газообразующей

и сахарообразующей способности муки, объема и пористости изделий, улучшению цвета корки и формированию более интенсивных вкуса и запаха.

Установлено, что Амилаза 1 и Амилаза 2 оказывают равноценное влияние на физико-химические и органолептические показатели качества хлеба из муки как с удовлетворительной, так и пониженной автолитической активностью.

Проведенные исследования подтвердили эффективность применения отечественной амилазы 1 при использовании муки пшеничной хлебопекарной с пониженными хлебопекарными свойствами.

3.2.2 Исследование влияния ферментных препаратов с эндо-ксилазной и сопутствующей экзо-пептидазной активностями на качество хлеба из муки пшеничной хлебопекарной

При исследовании влияния ферментных препаратов с эндо-ксилазной и сопутствующей экзо-пептидазной активностями (Ксилаза 1 и Ксилаза 2) на качество хлеба (удельный объем и формоустойчивость хлеба, пористость и эластичность мякиша, вкус и запах хлеба) из муки пшеничной хлебопекарной с удовлетворительной крепкой клейковиной тесто готовили ускоренным и опарным способами. Ксилазу 1 и Ксилазу 2 вносили в количестве от 5 до 50 ppm (0,54 - 5,40 ед.КсА/г) и от 5 до 50 ppm (1,25 - 12,50 ед.КсА/г) соответственно.

Наибольший улучшающий качество хлеба эффект получен при дозировках для Ксилазы 1 - 30 ppm (3,2 ед.КсА/г) и Ксилазы 2 - 20 ppm (5,0 ед.КсА/г).

Улучшение качества хлеба, по нашему мнению, обусловлено действием эндо-ксилазы на нерастворимые пентозаны муки, в результате чего увеличивается доля водорастворимой фракции пентозанов. Происходит перераспределение влаги между структурными компонентами теста, в частности, группами некрахмальных полисахаридов и белками клейковины, что приводит к образованию более совершенной пространственной структуры клейковины. Гидролиз некрахмальных полисахаридов муки в процессе созревания теста способствует накоплению дополнительного количества сахаров, необходимых для жизнедеятельности хлебопекарных дрожжей и молочнокислых бактерий, что приводит к повышению объема хлеба, а также улучшению структуры пористости и осветлению мякиша.

Проведенные исследования подтвердили эффективность применения отечественной Ксилазы 1 при использовании муки пшеничной хлебопекарной с пониженными хлебопекарными свойствами.

3.3 Исследование влияния ферментных препаратов с α – амилазной, эндо-ксилазной и сопутствующей экзо-пептидазной активностями на хлебопекарные свойства муки пшеничной хлебопекарной

Для объяснения механизма улучшающего действия ФП на качество хлеба изучали влияние добавок на биотехнологические и физико-химические свойства биополимеров теста.

3.3.1 Исследование влияния ферментных препаратов с α – амилазной активностью на хлебопекарные свойства муки пшеничной хлебопекарной

Изучено влияние ферментных препаратов Амилазы 1 и Амилазы 2 на хлебопекарные свойства муки пшеничной с различной автолитической активностью. Результаты исследований представлены на рисунке 2.

Показано, что при использовании Амилазы 1 и Амилазы 2 снижается максимальная вязкость водно-мучной суспензии, повышается газообразующая способность муки, понижается коэффициент газодержания, увеличивается максимальная высота поднятия

теста под нагрузкой и время достижения максимума газообразования. Наибольший улучшающий хлебопекарные свойства эффект достигается при использовании муки с пониженной автолитической активностью.

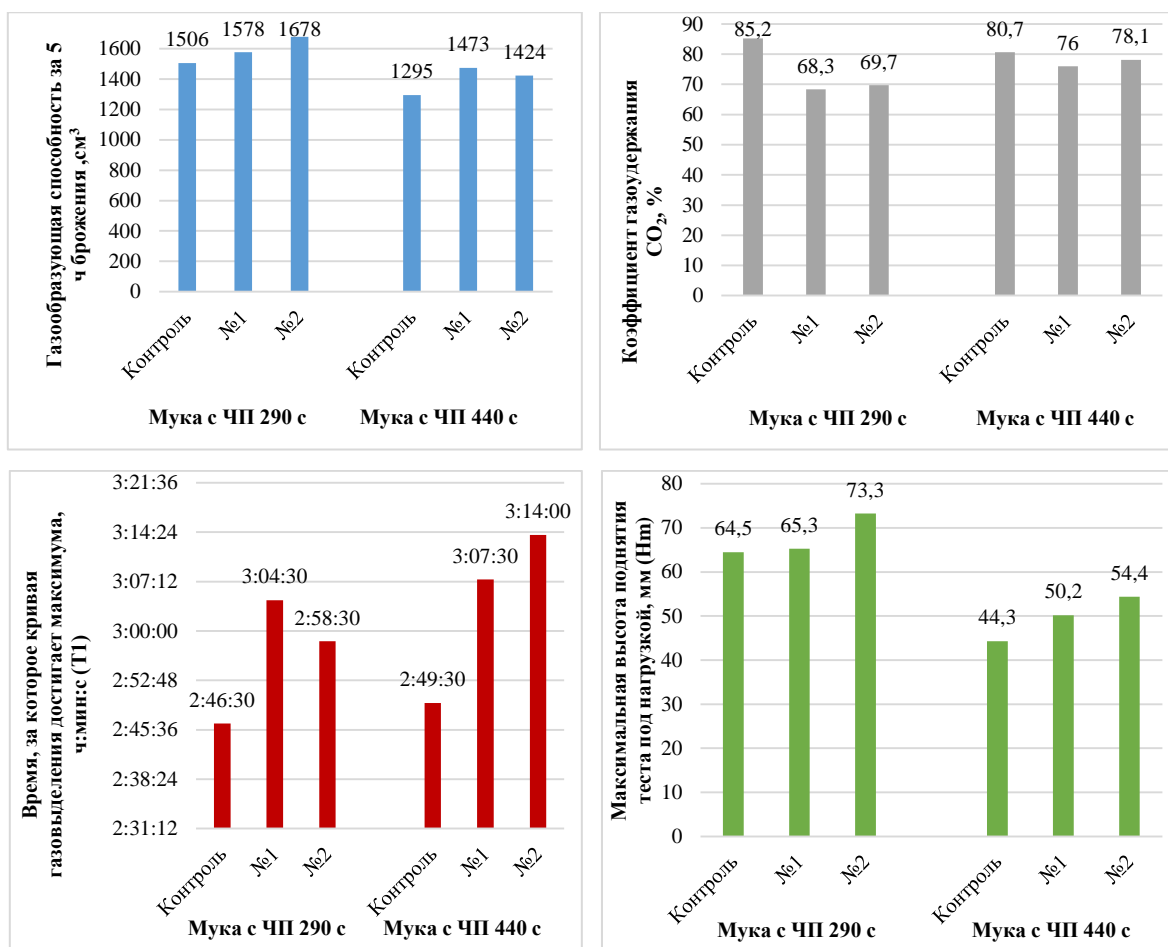


Рисунок 2 – Влияние количества Амилазы 1 (№ 1) и Амилазы 2 (№ 2) на хлебопекарные свойства муки различного качества

Представленные изменения связаны с активацией амилолиза крахмала и накоплением декстринов различной молекулярной массы и мальтозы, что приводит к увеличению количества субстрата для β -амилазы. В результате совместного действия амилаз происходит интенсивное накопление сахаров, которые ассимилируются дрожжами, при этом ускоряется процесс брожения теста.

Проведенные исследования подтверждают эффективность применения Амилазы 1 для улучшения хлебопекарных свойств муки.

3.3.2 Исследование влияния Амилазы 1 на сахарообразующую способность муки пшеничной хлебопекарной и количество глюкозы, мальтозы и декстринов в мякише хлеба

Сахарообразующая способность муки обусловлена действием амилолитических ферментов на крахмал и зависит от количества, активности этих ферментов и от атакуемости крахмала муки.

Полученные данные приведены в таблице 1.

В результате проведенных исследований установлено, что при добавлении Амилазы 1 повышается сахарообразующая способность муки и в мякише хлеба увеличивается содержание глюкозы, мальтозы и декстринов.

Таблица 1 - Влияние Амилазы 1 на сахарообразующую способность муки и содержание глюкозы, мальтозы и декстринов в мякише хлеба

Наименование показателя	Контроль без ФП	При расходе Амилазы 1 в количестве 2 ppm
Сахарообразующая способность, мг/10 г	69,0	77,6
Прирост, % к контролю	-	+12,5
Содержание глюкозы, % в пересчете на с.в.	0,36	0,41
Прирост, % к контролю	-	+13,9
Содержание мальтозы, % в пересчете на с.в.	14,29	16,63
Прирост, % к контролю	-	+16,4
Содержание декстринов, % в пересчете на с.в.	27,42	29,91
Прирост, % к контролю	-	+9,1

Увеличение сахарообразующей способности муки будет способствовать большему накоплению диоксида углерода, ароматобразующих веществ, увеличению объема хлеба и улучшению вкуса и запаха.

3.3.3 Исследование влияния ферментных препаратов с эндо-ксилазной и сопутствующей экзо-пептидазной активностями на свойства клейковины

Исследовано влияние Ксиланазы 1 и Ксиланазы 2 на количество и свойства клейковины муки пшеничной хлебопекарной.

Результаты исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние Ксиланазы 1 и Ксиланазы 2 на свойства клейковины

Наименование показателя	Контроль без ФП		Показатели проб с добавлением ФП			
			Ксиланазы 1		Ксиланазы 2	
	После замеса теста	Через 2,5 ч брожения	После замеса теста	Через 2,5 ч брожения	После замеса теста	Через 2,5 ч брожения
Массовая доля сырой клейковины, %	27,8	23,3	28,1	24,0	28,5	24,1
Изменение к количеству после замеса, %	-	- 17,2	-	-14,6	-	-15,4
Гидратационная способность клейковины, %	166,7	153,4	167,8	174,5	167,8	162,8
Изменение к показателю после замеса, %	-	-7,8	-	+4,0	-	-3,0
Содержание сухой клейковины, %	8,7	7,2	9,0	7,7	9,1	8,0
Изменение к количеству после замеса, %	-	-17,2	-	-14,4	-	-12,1

Установлено, что используемые ферментные препараты оказывают незначительное влияние на количество и качество сырой клейковины, отмытой после замеса теста. Дальнейшее их снижение в процессе брожения теста обусловлено пептизацией белков клейковины, а также вследствие гидролиза белков протеолитическими ферментами муки. В результате повышается количество растворимых белков, которые при отмывании клейковины удаляются с водой.

В опытных пробах количество сырой и сухой клейковины, ее гидратационная способность снижаются в меньшей степени по сравнению с контролем. Это, очевидно,

обусловлено действием эндо-ксилазаз, которые улучшают трехмерную структуру клейковины, что положительно отражается на стабильности свойств теста.

На увеличение гидратационной способности клейковины с Ксиланазой 1, вероятно, оказывает влияние экзо-пептидаза и β -глюканаза. Предполагается, что экзо-пептидаза Ксиланазы 1 увеличивает содержание сильно гидратированного клейковинного белка, не выделяемого при отмывании клейковины. β -глюканаза способствует повышению вязкости водно-мучных сред и гидролизует водонерастворимые арабиноксиланы, уменьшая при этом степень их полимеризации и повышая содержание арабиноксиланов. В результате высвобождается поглощенная нерастворимыми арабиноксиланами влага и происходит ее перераспределение между биополимерами теста, преимущественно между клейковинными белками и пентозанами.

3.4 Изучение влияния ферментных препаратов с эндо-ксилазазой и сопутствующей экзо-пептидазой активностями на содержание белковых фракций в тесте из муки пшеничной хлебопекарной

По растворимости белки муки делят на четыре группы: водорастворимые (альбумины), солерастворимые (глобулины), щелочерастворимые (глютелины) и спирторастворимые (проламины). Известно, что от фракционного состава белков муки зависят свойства теста и качество хлеба.

При изучении влияния Ксиланазы 1 в сравнении с Ксиланазой 2 на фракционный состав белков теста установлено, что после замеса теста происходит трансформация части альбуминов, глобулинов проламинов и образование глютелинов (рисунок 3). При этом добавление Ксиланазы 1 или Ксиланазы 2 в разной степени влияет на изменение количества белковых фракций в тесте после замеса.

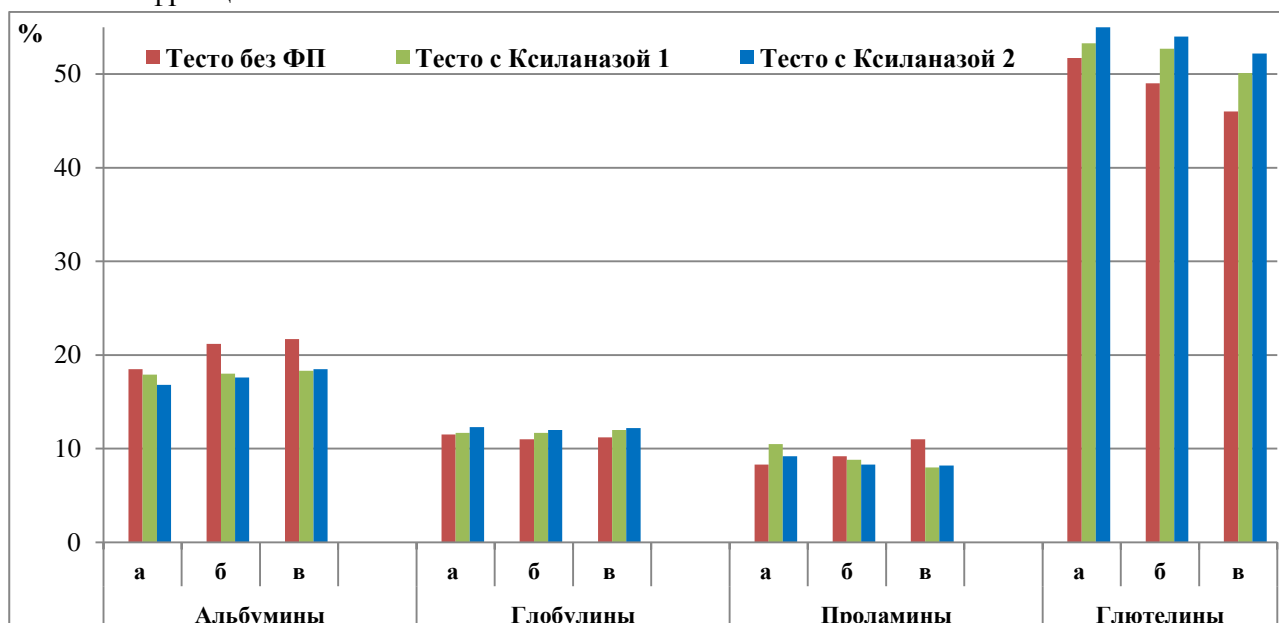


Рисунок 3 - Влияние ФП на содержание белковых фракций в тесте: а – тесто после замеса; б – тесто после брожения; в – тесто после расстойки тестовых заготовок

Установлено, что количество клейковинных белков - глиаина и глютенина, в опытных образцах с Ксиланазой 1 или Ксиланазой 2 больше по сравнению с контролем. Полученные результаты согласуются с данными о том, что эндо-ксилазазы способствуют лучшему формированию структуры клейковины. Однако, при меньшем суммарном содержании клейковинных белков в пробе с Ксиланазой 1 по сравнению с пробой с

Ксиланазой 2, гидратационная способность клейковины, отмытой из теста с Ксиланазой 1, была выше. Возможно, экзо-пептидаза Ксиланазы 1 повышает содержание сильно гидратированного клейковинного белка, не переходящего в водный раствор и не выделяемого при отмывании клейковины.

Количество альбуминов после брожения теста и расстойки тестовых заготовок в контрольной пробе по сравнению с количеством альбуминов после замеса теста возрастает, а в опытных пробах по сравнению с контролем снижается. Количество проламинов в контроле в процессе тестоприготовления постепенно возрастает по сравнению с их содержанием после замеса теста, а в опытных пробах с ФП, напротив, снижается.

Повышение доли проламинов в контроле в процессе приготовления теста согласуется с данными научно-технической литературы о том, что в процессе брожения теста происходит деполимеризация макромолекул белка вследствие гидролиза пептидных связей под действием протеолитических ферментов муки. При добавлении Ксиланазы 1 или Ксиланазы 2 интенсивность деполимеризации, очевидно, меньше степени агрегации молекул белка. Очевидно, это обусловлено ассимиляцией растворимых пептидов хлебопекарными дрожжами.

Во всех пробах в процессе приготовления теста происходит некоторое снижение количества глютелинов, что согласуется с известным фактом снижения количества клейковины в процессе брожения теста.

Также установлено, что количество глобулинов в процессе тестоприготовления почти не изменяется, и добавление ФП не влияет на содержание этой фракции.

Полученные данные свидетельствуют о том, что Ксиланазы 1 и Ксиланазы 2 снижают степень пептизации и повышают гидратационную способность клейковины в процессе замеса, брожения теста и расстойки тестовых заготовок.

Степень воздействия Ксиланазы 1 на фракционный состав белков отличается от влияния Ксиланазы 2. Ксиланазы 1 обеспечивают большее содержание спирторастворимых белков после замеса теста и меньшее количество щелочерастворимых белков после замеса, брожения теста и расстойки тестовых заготовок.

3.5 Создание мультэнзимных композиций для улучшения качества хлебобулочных изделий

При разработке мультэнзимных композиций исследовали влияние совместного применения Амилазы 1 и Ксиланазы 1 для определения их оптимальных дозировок в образцах хлеба при использовании муки с удовлетворительной крепкой клейковиной и удовлетворительной автолитической активностью. Для этого был спланирован двухфакторный эксперимент с применением композиционного равномерного планирования. В результате математической обработки определены дозировки Амилазы 1 и Ксиланазы 1 (2-4 ppm и 30-50 ppm соответственно), обеспечивающие наибольшее улучшение качества хлеба. Следует отметить, что установленные дозировки, полученные в результате двухфакторного эксперимента, согласуются с дозировками, выбранными в разделе 3.2. автореферата.

Следующим этапом работы явилось изучение влияния совместного применения Амилазы 1 и Ксиланазы 1 и совместного применения Амилазы 2 и Ксиланазы 2 на качество хлебобулочных изделий. Для этой цели использовали две пробы муки с удовлетворительной крепкой клейковиной и с удовлетворительной и пониженной автолитической активностью. Тесто готовили ускоренным и опарным способами без добавления сахара и жира, а также ускоренным способом по рецептуре батона нарезного. Амилазу 1 использовали в

количествах 2 и 4 ppm, Ксиланазу 1 – 30 и 60 ppm, Амилазу 2 - 2 и 4 ppm, Ксиланазу 2 - 20 и 40 ppm в зависимости от качества муки.

Результаты исследований представлены на рисунке 4.

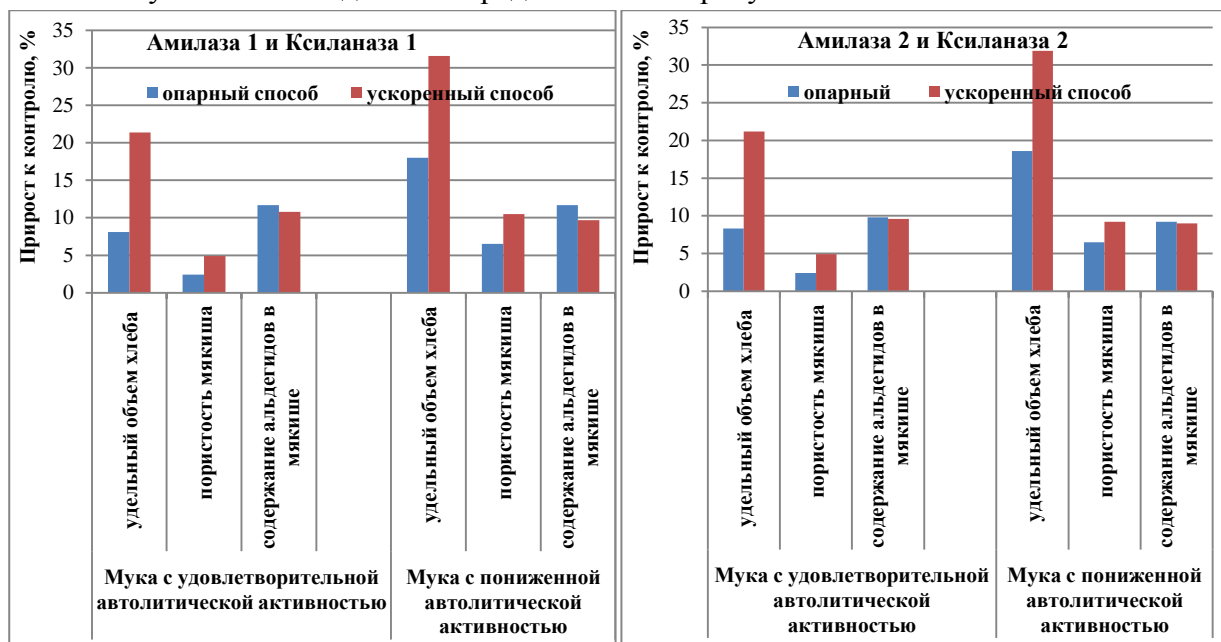


Рисунок 4 – Влияние Амилазы 1 и Ксиланазы 1 или Амилазы 2 и Ксиланазы 2 на физико-химические показатели качества хлебобулочных изделий

Установлено, что совместное применение Амилазы 1 и Ксиланазы 1 или Амилазы 2 и Ксиланазы 2 положительно влияет на качество хлебобулочных изделий из муки с различными хлебопекарными свойствами (увеличиваются удельный объем, пористость, содержание альдегидов, эластичность мякиша, интенсифицируются вкус и запах хлеба).

Выявлено, что наибольший улучшающий качество хлебобулочных изделий эффект использования совместного применения ферментных препаратов проявляется при переработке муки с пониженной автолитической активностью и применении ускоренной технологии.

В результате проведенных исследований разработаны мультэнзимные композиции МЭК-1 на основе ФП отечественного производства - Амилазы 1 и Ксиланазы 1 и МЭК-1а на основе ФП зарубежного производства – Амилазы 2 и Ксиланазы 2.

3.6 Создание мультэнзимных композиций для увеличения срока сохранения свежести хлебобулочных изделий

Для создания мультэнзимных композиций, обеспечивающих улучшение качества и повышение степени сохранения свежести хлебобулочных изделий из пшеничной хлебопекарной муки, использовали ферментные препараты, включенные в состав МЭК-1 (Амилаза 1 и Ксиланаз 1), МЭК-1а (Амилаза 2 и Ксиланаз 2) и мальтогенную амилазу.

При определении оптимальной дозировки мальтогенной амилазы (20-60 ppm) при совместном применении с МЭК-1 и с МЭК-1а наилучшими характеристиками отличались образцы хлеба, приготовленные ускоренным способом, с дозировкой мальтогенной амилазы 50 ppm (50 МАС/г).

3.6.1 Исследование влияния совместного применения ферментных препаратов на качество и степень сохранения свежести хлебобулочных изделий из муки пшеничной хлебопекарной

Изучено влияние совместного применения ферментных препаратов Амилазы 1, Ксиланазы 1 и мальтогенной амилазы, а также Амилазы 2, Ксиланазы 2 и мальтогенной амилазы на качество хлеба из пшеничной хлебопекарной муки удовлетворительного качества и с крепкой клейковиной и удовлетворительной автолитической активностью при различной продолжительности хранения хлебобулочных изделий. Тесто готовили опарным способом без добавления сахара и жира и опарным способом по рецептуре батона нарезного.

Результаты исследований представлены на рисунке 5.

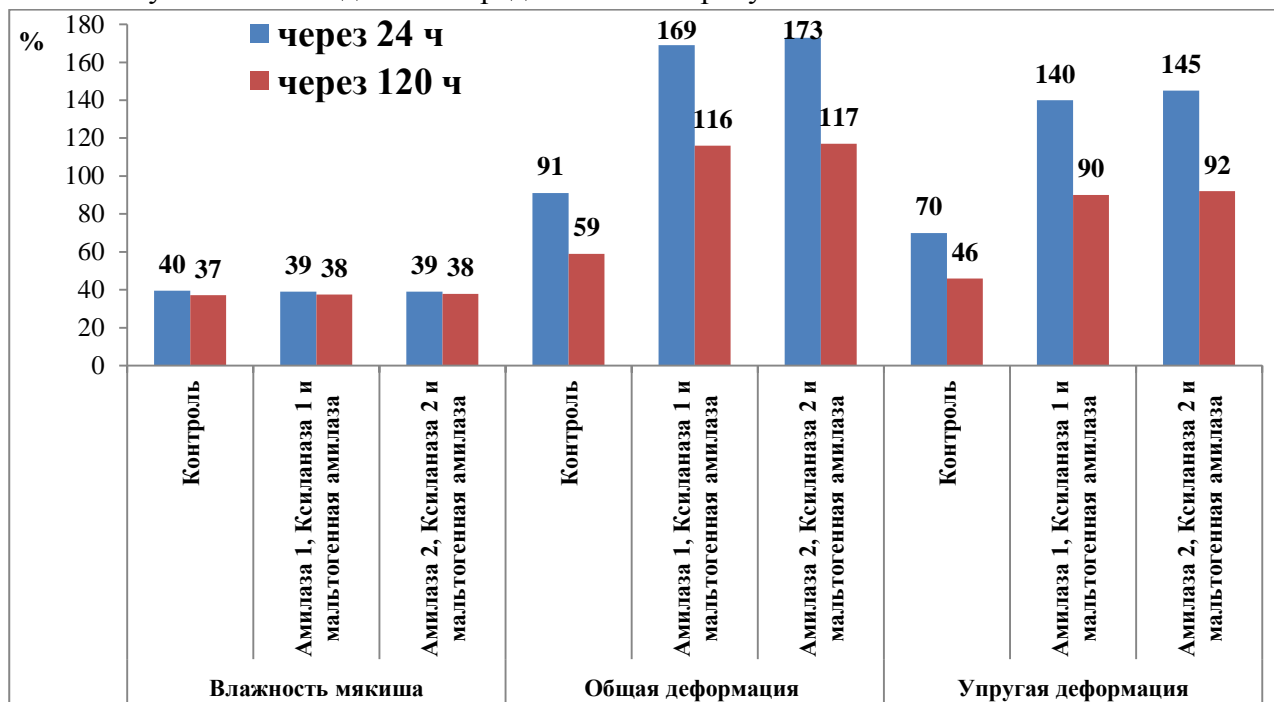


Рисунок 5 - Влияние совместного применения ферментных препаратов на влажность и свойства мякиша хлеба в процессе хранения

Данные, представленные на рисунке 5, свидетельствуют, что после 120 ч хранения показатели качества опытных образцов хлеба без сахара и жира по сравнению с образцами, хранившимися 24 ч, снизились в меньшей степени по сравнению с контролем.

Совместное применение ферментных препаратов обеспечивает более высокие физико-химические (повышение удельного объема и формоустойчивости хлеба, пористости мякиша, его структурно-механических свойств) и органолептические показатели качества хлеба (улучшению эластичности мякиша, вкуса и запаха хлеба), по сравнению с контролем. При этом наиболее выраженный вкус и запах хлеба обеспечиваются при выработке изделий с Амилазой 1, Ксиланазой 1 и мальтогенной амилазой.

Для сравнительной оценки совместного применения ферментных препаратов изучали их влияние на органолептические показатели хлебобулочных изделий по рецептуре батона нарезного (вкус, запах, мягкость при надавливании, эластичность и крошковатость мякиша) в процессе хранения через 24, 96 и 120 ч.

Результаты исследований показывают, что через 24, 96 и 120 ч хранения хлебобулочных изделий наибольшее количество баллов по всем показателям получили образцы, приготовленные с Амилазой 1, Ксиланазой 1 и мальтогенной амилазой, а также Амилазой 2, Ксиланазой 2 и мальтогенной амилазой. При их внесении улучшались вкус,

запах изделий, эластичность, мягкость при надавливании, и снижалась крошковатость мякиша.

Предполагается, что мальтогенная амилаза, в отличие от действия α -амилазы, гидролизует крахмал с получением мальтоолигосахаридов со степенью полимеризации 2-7, укорачивая ветви амилопектина, но не нарушая целостность крахмальных зерен и не разрывая связи между ними. Вероятно, эти олигомеры имеют наиболее подходящие размеры, чтобы удерживать молекулы воды вокруг молекул крахмала и тем самым замедлять процесс черствения.

Синергетическое действие компонентов композиций (амилаз, эндо-ксилаказы и следовой экзо-пептидазы) в процессе приготовления теста и выпечки хлеба проявляется в комплексной модификации биополимеров муки (белков, крахмала, некрахмальных полисахаридов). В результате достигается улучшение физико-химических и органолептических показателей качества и увеличение срока сохранения свежести хлебобулочных изделий.

Полученные результаты позволили установить оптимальные дозировки ферментных препаратов для мультэнзимной композиции МЭК-5, состоящей из ферментных препаратов отечественного производства Амилазы 1, Ксиланазы 1 и мальтогенной амилазы и МЭК-5а, состоящей из ферментных препаратов только зарубежного производства – Амилазы 2, Ксиланазы 2 и мальтогенной амилазы.

Таким образом, МЭК с использованием отечественных ферментных препаратов в сочетании с мальтогенной амилазой не уступает по качеству МЭК, приготовленной только из зарубежных ферментных препаратов.

3.6.2 Исследование влияния мультэнзимных композиций на скорость черствения хлебобулочных изделий из муки пшеничной хлебопекарной

Исследование определения влияния мультэнзимных композиций на скорость черствения хлебобулочных изделий при хранении проводили по методике, разработанной в ФГАНУ НИИХП. При этом использовали мультэнзимные композиции, содержащие ферментные препараты как отечественного, так и зарубежного производства.

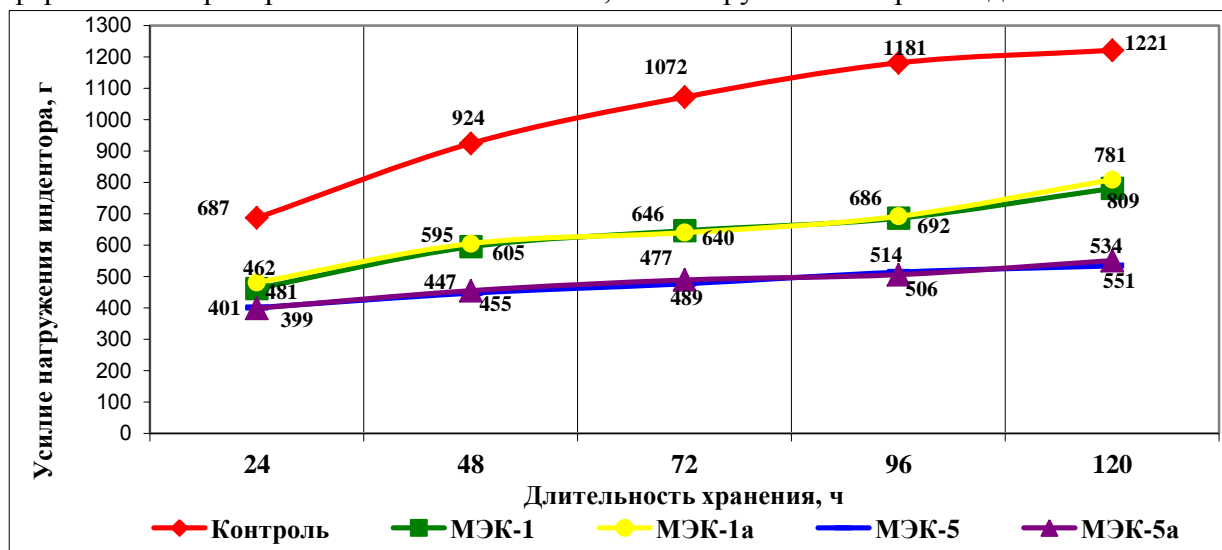


Рисунок 6 – Влияние МЭК на усилие нагружения на инденторе при деформации мякиша образцов хлебобулочных изделий при хранении

Изучали влияние МЭК на усилие нагружения на инденторе при деформации мякиша хлебобулочных изделий в процессе хранения в течение 24, 48, 72, 96 и 120 ч. Полученные результаты представлены на рисунке 6.

Показано, что усилие нагружения индентора на пробы хлебобулочных изделий с мультэнзимными композициями было меньше по сравнению с контролем на протяжении всего периода хранения (24, 48, 72, 96 и 120 ч.)

Оценка полученных данных (рисунок 7) показала, что мякиш хлебобулочных изделий с МЭК-1, МЭК-1а, МЭК-5 и МЭК-5а характеризовался меньшей скоростью черствения по сравнению с контролем на 40,2; 38,3; 74,8 и 72,0 % соответственно.

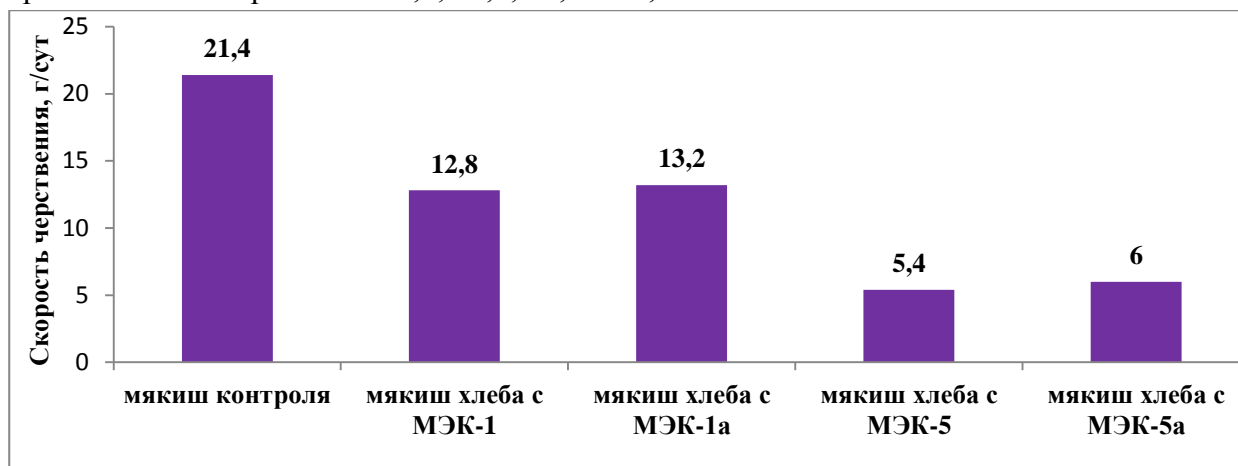


Рисунок 7 – Влияние мультэнзимных композиций на скорость черствения мякиша хлеба после хранения в течение 120 ч

Проведенные исследования подтвердили эффективность использования всех разработанных мультэнзимных композиций для замедления черствения и увеличения срока годности. При этом наименьшей скоростью черствения обладали образцы, приготовленные с МЭК-5 и МЭК-5а.

3.7 Разработка технологических решений улучшения качества хлебобулочных изделий при переработке муки с пониженными хлебопекарными свойствами с применением мультэнзимных композиций на основе отечественных ФП, опытно - промышленная апробация и определение экономической эффективности разработанных мультэнзимных композиций в производстве хлебобулочных изделий

На основании проведенных исследований разработана техническая документация на мультэнзимные композиции МЭК-1 и МЭК-5, используемых при производстве хлебобулочных изделий из пшеничной муки с удовлетворительным и пониженным хлебопекарными свойствами. Разработаны рекомендации по применению мультэнзимных добавок в хлебопечении, включающих следующие технологические решения.

Для улучшения качества хлебобулочных изделий из пшеничной муки с пониженными хлебопекарными свойствами разработана мультэнзимная композиция МЭК-1. Установлено, что использование МЭК-1 увеличивает газообразующую способность теста, интенсифицирует процесс брожения, повышает удельный объема хлеба и пористость мякиша, снижает его крошковатость, интенсифицирует цвет корки и улучшает вкус и запах изделий.

Применение МЭК-1 рекомендуется при переработке муки пшеничной хлебопекарной удовлетворительного качества и с низкой автолитической активностью (ЧП более 300 с).

Рекомендуемый расход МЭК-1 при переработке муки пшеничной хлебопекарной со средними хлебопекарными свойствами (ЧП – до 300 с) – 32 ppm, муки с пониженной автолитической активностью (ЧП более 300 с) – 64 ppm.

Для улучшения качества и увеличения срока сохранения свежести хлебобулочных изделий разработана мультэнзимная композиция МЭК-5.

Рекомендуемый расход МЭК-5 при переработке муки пшеничной хлебопекарной со средними хлебопекарными свойствами и с крепкой клейковиной – 82 ppm.

На основании проведенных исследований установлено, что МЭК-1 и МЭК-5 можно использовать при производстве широкого ассортимента хлебобулочных изделий из пшеничной муки. Особенно эффективно использование МЭК-1 при переработке муки с пониженной автолитической активностью.

Опытно - промышленная апробация разработанных мультэнзимных композиций при производстве хлебобулочных изделий проведена в условиях ООО "Экохлеб" (Московская область) и ООО "Институт хлеба" (г. Москва). Ожидаемый расчетный экономический эффект от производства МЭК-1 составляет на 1 тонну готовой продукции 829249 руб.

4 ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований по разработке технологических решений улучшения качества хлебобулочных изделий с применением мультэнзимных композиций на основе отечественных ферментных препаратов сделаны следующие выводы:

1. В соответствии с наиболее распространенными дефектами муки обоснован выбор ФП с α -амилазной, эндо-ксилазной и сопутствующей экзо-пептидазной активностями для улучшения качества хлебобулочных изделий из муки пшеничной с пониженными хлебопекарными свойствами.

2. Определены оптимальные дозировки отечественных ферментных препаратов:

- с α – амилазной активностью в зависимости от качества муки (2 ppm (0,5 ед.АС/г) и 4 ppm (1,0 ед.АС/г)), обеспечивающие улучшение качества хлебобулочных изделий (удельный объем, пористость и эластичность мякиша, цвет корки, крошковатость);

- с эндо-ксилазной и сопутствующей экзо-пептидазной активностями для муки с удовлетворительной крепкой клейковиной - 30 ppm (3,2 ед.КсА/г), обусловленные максимальным улучшением качества хлебобулочных изделий (увеличением объема, пористости мякиша, формированием более светлого мякиша с тонкостенной и равномерной пористостью).

3. Выявлено, что использование ферментных препаратов:

- с α -амилазной активностью способствовало снижению максимальной вязкости водно-мучной суспензии, повышению газообразующей и сахарообразующей способности муки, увеличению содержания глюкозы, мальтозы и декстринов в хлебе;

- с эндо-ксилазной и сопутствующей экзо-пептидазной активностями способствовало увеличению гидратационной способности клейковины и улучшению ее упруго-эластичных свойств.

4. Установлено, что влияние Протозима на содержание белковых фракций в тесте из муки пшеничной хлебопекарной приводит к увеличению содержания клейковинных белков (глиадин и глютенина) в процессе его созревания.

5. Разработаны мультэнзимные композиции МЭК-1 и МЭК-1а для улучшения качества хлебобулочных изделий из муки с удовлетворительной и пониженной автолитической активностью и с крепкой клейковиной, обеспечивающие эластичный мякиш,

интенсивный цвет корки, выраженные вкус и запах, увеличение удельного объема хлебобулочных изделий, пористости мякиша и содержание альдегидов в мякише.

6. Разработаны мультэнзимные композиции МЭК-5 и МЭК-5а для увеличения сроков сохранения свежести хлебобулочных изделий из муки удовлетворительного качества и с удовлетворительной крепкой клейковиной и пониженной автолитической активностью, обеспечивающие улучшение органолептических и физико-химических показателей качества, а также снижение скорости черствения при хранении в течение 120 ч.

7. Разработаны технологические решения по улучшению качества и увеличению срока сохранения свежести хлебобулочных изделий при переработке муки с пониженными хлебопекарными свойствами с применением мультэнзимных композиций на основе отечественных ферментных препаратов; разработаны техническая документация (ТУ 9291-005-05747152-2020 «Мультэнзимные композиции МЭК-1 и МЭК-5 для производства хлебобулочных изделий из пшеничной муки») и рекомендации по их применению для улучшения качества хлебобулочных изделий из пшеничной муки.

7.1 Получен патент РФ № 2701969 от 02.10.2019 г. на изобретение «Способ производства хлебобулочных изделий».

7.2 Проведена опытно - промышленная апробация разработанных мультэнзимных композиций при производстве хлебобулочных изделий в условиях ООО «Экохлеб» (Московская область) и ООО «Институт хлеба» (г. Москва).

7.3 Ожидаемый расчетный экономический эффект от производства МЭК-1 составляет на 1 тонну 829249 руб.

Список опубликованных работ по теме диссертации

Статьи, индексируемые в международной базе данных Scopus:

1. Kostyuchenko, M. Effects of α -amylase, endo-xylanase and exoprotease combination on dough properties and bread quality / M. Kostyuchenko, V. Martirosyan, M. Nosova, G. Dremucheva, E. Nevskaya, O. Savkina // *Agronomy Research* 19 (S3). P. 1234-1248. - 2021. doi: 10.15159/AR.21.067.

Статьи, опубликованные в изданиях, входящих в список ВАК:

2. Дремучева, Г.Ф. Исследование влияния мультэнзимных композиций ферментных препаратов на качество и степень сохранения свежести хлебобулочных изделий из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта / Г.Ф. Дремучева, А.Г. Зуева, М.В. Носова, М.Н. Костюченко // *Хлебопечение России*. - 2018. - № 4. - С. 30-33.

3. Носова, М.В. Технологические свойства МЭК-1 на основе отечественных ферментных препаратов в технологии хлеба из пшеничной муки с различными хлебопекарными свойствами / М.В. Носова, Г.Ф. Дремучева, М.Н. Костюченко, Н.В. Цурикова // *Пищевая промышленность*. - 2019. - № 4. - С. 76-78. doi: 10.24411/0235-2486-2019-10038.

4. Дремучева, Г.Ф. Роль ферментных препаратов с эндо-ксилазной и экзопептидазной активностями в изменении свойств клейковины и фракционного состава ее белков при приготовлении теста из пшеничной муки / Г.Ф. Дремучева, М.В. Носова, Н.В. Цурикова // *Хлебопечение России*. - 2019. - № 2. - С. 49-53.

5. Носова, М.В. Влияние мультэнзимной композиции на степень черствости батончиков нарезных из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта / М.В. Носова, Г.Ф. Дремучева, М.Н. Костюченко, С.А. Смирнова // *Хлебопечение России*. - 2019. - № 2. - С. 39-43.

6. Носова, М.В. Исследование технологических свойств мультэнзимных композиций на основе отечественных ферментных препаратов в производстве хлебобулочных изделий /

М.В. Носова, Г.Ф. Дремучева, М.Н. Костюченко // Все о мясе. - 2020. - № 5S. - С. 242-245. doi: 10.21323/2071-2499-2020-5S-242-245.

7. 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. doi: 10.21323/2071-2499-2020-5S-246-248.

8. Костюченко, М.Н. Реологические свойства муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта, поставляемой на хлебопекарные предприятия РФ / М.Н. Костюченко, Г.Ф. Дремучева, М.В. Носова, Е.В. Невская // Хлебопечение России. - 2020. - № 4. - С. 29-32. doi: 10.37443/2073-3569-2020-1-4-29-32.

9. Костюченко, М.Н. Мониторинг органолептических и физико-химических показателей качества муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта и муки ржаной обдирной, поставляемой на хлебопекарные предприятия РФ / М.Н. Костюченко, Е.В. Невская, Г.Ф. Дремучева, М.В. Носова // Хлебопечение России. - 2020. - № 2. - С. 36-40. doi: 10.37443/2073-3569-2020-1-2-36-40.

10. Носова, М.В. Хлебопекарные свойства муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта, поставляемой на хлебопекарные предприятия РФ / М.В. Носова, Г.Ф. Дремучева, М.Н. Костюченко // Хлебопечение России. - 2021. - № 2. - С. 44-49. doi: 10.37443/2073-3569-2021-1-2-44-49.

11. Дремучева, Г.Ф. Результаты исследований хлебопекарных свойств пшеничной муки с использованием реоферментометра / Г.Ф. Дремучева, М.В. Носова // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2021. - № 3. - С. 105-114. doi: 10.36107/spfp.2021.238.

Статьи и материалы конференций

12. Дремучева, Г.Ф. Влияние мультэнзимной композиции МЭК-1 на качество хлебобулочных изделий из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта / Г.Ф. Дремучева, М.В. Носова, М.Н. Костюченко, А.А. Невский // Инновационные процессы в пищевых технологиях: наука и практика: материалы Междунар. науч.-практич. конф. - ВНИИЗ - филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН. - М., 2019. - С. 126-131.

13. Дремучева, Г.Ф. Влияние мультэнзимных композиций МЭК-1 и МЭК-5 на качество и степень сохранения свежести батонов нарезных из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта / Г.Ф. Дремучева, М.В. Носова, С.А. Смирнова // «Пищевые технологии будущего: инновационные идеи, научный поиск креативные решения». Сборник материалов научно-практической молодежной конференции, посвященный памяти Р.Д. Поландовой (5 июня 2019 г.) / ФГАНУ НИИХП, отв. ред. д.т.н. Мартиросян В.В. - М.: Издательский комплекс «Буки Веди». - 2019. С. 209-216.

14. Носова, М.В. Влияние мультэнзимной композиции на структурно-механические свойства мякиша батонов нарезных / М.В. Носова, Г.Ф. Дремучева // Инновационные технологии обработки и хранения сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов (сборник научных трудов ученых и специалистов к 90-летию ВНИХИ). - М.: ВНИХИ; Саратов: Амирит. - 2020. - С. 290-296.

Патенты:

15. Патент № 2701969 РФ, МПК А21D 8/04. Способ производства хлебобулочных изделий / Дремучева Г.Ф., Невский А.А., Носова М.В., Костюченко М.Н., Бессонова Н.Г., Цурикова Н.В.; №. 2018126381; - заявл. 17.07.2018; опубл. 02.10.2019, Бюл. № 28.

Summary

The purpose of this study was to develop technological solutions for improving the quality of bread using multi-enzyme compositions based on domestic enzyme preparations. Multi-enzyme compositions have been developed to improve the quality and increase the shelf life of bakery products from flour with reduced baking properties, providing an improvement in organoleptic and physico-chemical quality indicators, as well as a decrease in the rate of staling during storage for 120 hours; developed technical documentation and recommendations for the use of multi-enzyme compositions to improve the quality of bakery products from wheat flour.

Используемые сокращения:

ФП - ферментный препарат

МЭЖ - мультэнзимная композиция

Амилаза 1 - Амилоризин с α -амилазной активностью

Амилаза 2 - Фунгамил 2500 СГ с α -амилазной активностью

Ксиланаза 1 - Протозим с ксиланазной и сопутствующей экзо-пептидазной активностями

Ксиланаза 2 - Пентопан Моно БГ с ксиланазной активностью

Мальтогенная амилаза - Новамил 3Д БГ