

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ»**

На правах рукописи

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

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
кандидат технических наук,
доцент
Костюченко М.Н.

Москва - 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	6
1 Обзор литературы.....	12
1.1 Современное состояние отечественного и зарубежного рынка ферментных препаратов в производстве хлебобулочных изделий.....	12
1.2 Основные виды ферментных препаратов и их применение в технологии хлебобулочных изделий.....	15
1.2.1 Амилолитические ферментные препараты.....	15
1.2.2 Протеолитические ферментные препараты.....	20
1.2.3 Цитолитические ферментные препараты.....	22
1.3 Мультиэнзимные композиции ферментных препаратов.....	25
1.4 Влияние ферментов с эндо-ксилазной и протеолитической активностью на белки клейковины пшеничной муки.....	28
Заключение по обзору литературы.....	30
2 Экспериментальная часть.....	31
2.1 Сырье и материалы, применявшиеся при проведении исследований.....	33
2.2 Методы исследований.....	33
2.2.1 Методы исследований свойств сырья.....	33
2.2.2 Методы исследований свойств полуфабрикатов хлебопекарного производства.....	35
2.2.3 Способы приготовления полуфабрикатов хлебопекарного производства и хлебобулочных изделий.....	35
2.2.4 Методы оценки качества хлебобулочных изделий.....	38
2.2.5 Специальные методы исследования.....	39
2.2.5.1 Методы определения реологических свойств и газообразующей способности теста.....	39
2.2.5.2 Определение сахарообразующей способности муки.....	39
2.2.5.3 Определение ароматических веществ в хлебобулочных изделиях.....	40
2.2.5.4 Метод оценки степени черствости хлебобулочных изделий.....	41
2.2.5.5 Метод определения фракционного состава белков муки.....	42

2.2.5.6 Метод определения содержания глюкозы, мальтозы и декстринов в мякише хлеба.....	42
2.2.5.7 Метод определение амилолитической активности ферментных препаратов.....	43
2.2.5.8 Метод определения ксиланазной активности ферментных препаратов ..	44
2.2.5.9 Метод математической обработки экспериментальных данных	44
2.3 Характеристика сырья, применявшегося в работе.....	44
3 Результаты исследований и их анализ.....	48
3.1 Теоретическое обоснование выбора ферментных препаратов для улучшения качества хлебобулочных изделий	49
3.2 Исследование влияния различных дозировок ферментных препаратов с α - амилазной, эндо-ксилазанной и сопутствующей экзо-пептидазной активностями на качество хлеба из муки пшеничной хлебопекарной	51
3.2.1 Исследование влияния ферментных препаратов с α - амилазной активностью на качество хлеба из муки пшеничной хлебопекарной	51
Заключение по разделу 3.2.1	64
3.2.2 Исследование влияния ферментных препаратов с эндо-ксилазанной и сопутствующей экзо-пептидазной активностями на качество хлеба из муки пшеничной хлебопекарной	65
Заключение по разделу 3.2.2	72
3.3 Исследование влияния ферментных препаратов с α - амилазной, эндо-ксилазанной и сопутствующей экзо-пептидазной активностями на хлебопекарные свойства муки пшеничной хлебопекарной.....	73
3.3.1 Исследование влияния ферментных препаратов с α - амилазной активностью на хлебопекарные свойства муки пшеничной хлебопекарной	73
3.3.2 Исследование влияния Амилазы 1 на сахарообразующую способность муки пшеничной хлебопекарной и количество глюкозы, мальтозы и декстринов в мякише хлеба	76
3.3.3 Исследование влияния ферментных препаратов с эндо-ксилазанной и сопутствующей экзо-пептидазной активностями на свойства клейковины	77
3.4 Изучение влияния ферментных препаратов с эндо-ксилазанной и сопутствующей экзо-пептидазной активностями на содержание белковых фракций в тесте из муки пшеничной хлебопекарной	80

Заключение по разделу 3.4	83
3.5 Создание мультэнзимных композиций для улучшения качества хлебобулочных изделий	85
3.5.1 Исследование влияния совместного применения ферментных препаратов на качество хлебобулочных изделий из муки пшеничной хлебопекарной с удовлетворительной крепкой клейковиной и с удовлетворительной автолитической активностью	85
3.5.2 Исследование влияния совместного применения ферментных препаратов на качество хлебобулочных изделий из муки пшеничной хлебопекарной с удовлетворительной крепкой клейковиной и с пониженной автолитической активностью	94
Заключение по разделу 3.5	98
3.6 Создание мультэнзимных композиций для увеличения срока сохранения свежести хлебобулочных изделий	99
3.6.1 Исследование влияния совместного применения ферментных препаратов на качество и степень сохранения свежести хлебобулочных изделий из муки пшеничной хлебопекарной	100
Заключение по разделу 3.6	109
3.6.2 Исследование влияния мультэнзимных композиций на скорость черствения хлебобулочных изделий из муки пшеничной хлебопекарной	111
3.7 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 и определение экономической эффективности разработанных мультэнзимных композиций в производстве хлебобулочных изделий	115
4 Выводы	119
5 Список используемой литературы	121
6 Приложения	137

Обозначения и сокращения

ФП - ферментный препарат

МЭК - мультэнзимная композиция

АРКС - арабиноксиланы

НР - АРКС - нерастворимые арабиноксиланы

ВР - АРКС - водорастворимые арабиноксиланы

СРБ - солерастворимые белки

СпРБ - спирторастворимые белки

ЩРБ - щелочерастворимые белки

ВРБ - водорастворимые белки

ЧП - число падения

ВПС - водопоглотительная способность

Амилаза 1 - Амилоризин с α -амилазной активностью

Амилаза 2 - Фунгамил 2500 СГ с α -амилазной активностью

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

Ксиланаза 2 - Пентопан Моно БГ с ксиланазной активностью

Мальтогенная амилаза - Новамил 3Д БГ

Введение

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 [1, 2].

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., Hosenev 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, эндоксилазной 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-ксиланазной 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 глютеина).

Выявлено стимулирующее воздействие совместного применения ферментных препаратов с α -амилазной, эндо-ксиланазной 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, обеспечивающие 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

мультиэнзимных композиций в качестве регуляторов биохимических и микробиологических процессов в технологиях хлебобулочных изделий.

Разработаны техническая документация на мультиэнзимные 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 мультиэнзимных 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 мультиэнзимных 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 (Приложение 1).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 15 печатных работ, в том числе 10 статей, входящих в перечень ВАК РФ, 1 статья - в издании, индексируемом в международной базе данных Scopus, а также 3 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 источников российских и зарубежных авторов.

1 Обзор литературы

1.1 Современное состояние отечественного и зарубежного рынка ферментных препаратов в производстве хлебобулочных изделий

Основной задачей хлебопекарной отрасли пищевой промышленности РФ является обеспечение населения высококачественными хлебобулочными изделиями. Однако мониторинг качества хлебобулочных изделий, проводимый ФГАНУ НИИХП, показывает, что вкус, запах и другие потребительские характеристики массовых сортов хлеба, привычные для населения, в последние годы ухудшились. Это обусловлено, в первую очередь, пониженным качеством муки, что вызвано недостаточными объемами производства высококачественного зерна сильной и ценной пшеницы.

До 1997 года в муку перерабатывалось зерно пшеницы только 1-3 классов с высоким содержанием и качеством белка. Хлеб из такой муки отличался развитым эластичным мякишем, ярко выраженным вкусом и ароматом. В 1997 году для производства хлебопекарной муки было разрешено использовать зерно пшеницы 4-го класса, которое ранее классифицировалось как фуражное, а настоящее время и зерно 5 класса, которое включают в помольные партии.

В этой ситуации мукомольные, а затем и хлебопекарные предприятия вынуждены для улучшения качества муки и хлеба использовать специальные корректирующие добавки-улучшители, активная часть которых представлена ингредиентами исключительно зарубежного производства, что приводит к зависимости ведущих отраслей пищевой промышленности от импортных поставок.

Использование улучшителей в хлебопекарном производстве - это не норма, а вынужденная необходимость, связанная с недостаточным количеством зерна и муки надлежащего качества. Активной частью хлебопекарных улучшителей являются ферментные препараты.

Ферментные препараты (ФП) - биологические катализаторы протеиновой природы. ФП получают в основном путем микробиологического синтеза при культивировании различных микроорганизмов-продуцентов: грибов, бактерий,

дрожжей и др. Функциональное назначение ФП состоит в ускорении и направленном регулировании биохимических процессов, протекающих в процессе приготовления полуфабрикатов хлебопекарного производства и в начале выпечки хлебобулочных изделий. Преимуществами использования ФП являются: специфичность их действия; проявление активности при определенных параметрах процесса [8, 15, 16, 17, 18, 19].

ФП должны удовлетворять требованиям пищевой безопасности (ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств»). Что касается микробных ферментных препаратов - они требуют тщательного химического, микробиологического и токсикологического контроля.

ФП характеризуются ферментативной активностью, которая выражается в стандартных единицах фермента и является основным показателем его биохимических свойств. Эффективность действия препаратов зависит от типа катализируемой реакции, состава сред, pH, температуры, присутствия активаторов и ингибиторов, то есть факторов, которые влияют на активность ферментов в определенной среде, позволяют их рационально использовать при реализации технологических процессов [20, 21].

ФП выбирают в зависимости от цели применения и оптимальных условий их действия, а также степени очистки, стоимости и других факторов. Применение ФП позволяет направленно воздействовать на основные структурные компоненты муки и теста (крахмал, белки, пентозаны, липиды, пищевые волокна), регулируя свойства теста и параметры технологического процесса. Главными задачами, решаемыми с помощью ферментов, являются повышение качества хлеба, особенно при использовании муки с пониженными хлебопекарными свойствами, стабилизация параметров технологического процесса, увеличение срока сохранения свежести хлебобулочных изделий и ускорение технологии их производства [22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31].

Производство ФП занимает одно из ведущих мест в современном мировом производстве пищевых добавок. Рынок ФП насыщен и представлен, в основном,

зарубежными компаниями. В настоящее время компания Novozymes контролирует примерно 46 % рынка ферментных препаратов, из которых, по данным исследовательского агентства Freedonia Group более 26 % приходится на ферменты для пищевой промышленности. Остальная часть (36 %) поделена между компаниями Danisco, Genzyme, Roche, Allergen, DSM, BASF, CP Kelco, RohmTechInc. Malden и др. [32].

Ранее 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. Hoseney R.C. и др.) внесен существенный вклад в теоретические и практические основы применения ФП и их композиций в хлебопекарном производстве.

В РФ в настоящее время недостаточно развито производство ферментных препаратов. По данным аналитических служб, объем рынка ферментов составляет свыше 40 млн. долл., при этом на долю российского производства приходится немногим более 30 %. В агропромышленном секторе эта цифра значительно выше, так как основными потребителями отечественных ферментных препаратов являются спиртовая промышленность и кормопроизводство. Остальные отрасли пищевой промышленности предпочитают использовать ферментные препараты зарубежного производства. Это связано, в первую очередь, с отсутствием масштабного отечественного производства. В последнее время в России наметилась тенденция к возрождению производства ФП для использования в пищевой промышленности, научные изыскания в этом вопросе не прекращаются [33]. Учёные ВНИИПБТ - филиала ФГБУН "ФИЦ питания и биотехнологии», МГУ им. М.В. Ломоносова и ФИЦ Биотехнологии РАН продолжили исследования по разработке ФП широкого спектра действия, в том числе и для хлебопечения.

1.2 Основные виды ферментных препаратов и их применение в технологии хлебобулочных изделий

В хлебопекарной промышленности применяют препараты на основе амилолитических, протеолитических, целлюлолитических, липолитических и окислительно-восстановительных ферментов.

Основными целями использования ферментов в зависимости от их специфичности в производстве хлебобулочных изделий являются:

- повышение объема, улучшение цвета корки, продление срока хранения изделий (ферменты α -Амилазы, глюкоамилазы);

- увеличение пористости и объема хлеба, уменьшение вязкости и увеличение пластичности теста из муки с крепкой клейковиной (протеазы);

- повышение стабильности реологических свойств теста, пористости мякиша и объема хлеба, замедление черствения мякиша хлебобулочных изделий с повышенным содержанием некрахмальных полисахаридов (гемицеллюлазы, целлюлазы);

- увеличение стабильности теста, улучшение цвета и состояния корки, структуры и цвета мякиша, замедление черствения (липазы);

- регуляция реологических свойств теста путем укрепления клейковины (липоксигеназы, глюкозооксидазы и каталазы) [16, 18].

1.2.1 Амилолитические ферментные препараты

Амилолитические ферменты являются основной группой ферментов, используемых для интенсификации процесса приготовления теста и улучшения качества хлеба.

Амилолитические ферменты относятся к классу гидролаз и катализируют реакции гидролиза крахмала. Они воздействуют не только на клейстеризованный, но и на нативный крахмал, разрушая крахмальные зерна [19, 32, 34, 35].

Ферментативное воздействие на крахмал способствует увеличению количества сахаров в тесте, что приводит к интенсификации процесса брожения, усилению газообразования на этапе окончательной расстойки и на ранних стадиях

выпечки. В свою очередь, это приводит к увеличению объема изделий, улучшению пористости и структуры мякиша [28, 36, 37, 38].

Технологические свойства ФП во многом определяются происхождением - зерновым, грибным или бактериальным [4].

В хлебопекарном производстве используются препараты на основе грибных и бактериальных амилаз, для которых характерны свои оптимальные условия действия. Для решения задач сохранения свежести хлеба большое значение имеет температура инактивации применяемого фермента, что влияет на глубину гидролиза крахмала [40, 41, 42, 43].

В зависимости от типа разрываемой связи и ее расположения в молекуле субстрата амилолитические ферменты данного семейства делятся на несколько видов: α -амилаза, глюкоамилаза (или амилоглюкозидаза), пуллуланаза, изоамилаза и другие [20, 44, 45, 46].

α -амилаза - фермент, катализирующий неупорядоченное гидролитическое расщепление α -1,4-гликозидных связей крахмала с образованием низкомолекулярных декстринов. Глюкоамилаза предназначена для осахаривания частично расщепленных полимеров крахмала с образованием глюкозы, она катализирует последовательное отщепление концевых остатков α -D-глюкозы с нередуцирующих концов субстрата. Отличительной особенностью глюкоамилаз является способность в десятки раз быстрее гидролизовать высокополимеризованный субстрат, чем олиго- и дисахариды. Пуллуланаза разрушает внутренние α -1,6-связи в амилопектине и предельных декстринах с образованием мальтоолигосахаридов [19].

Фермент α -амилаза имеет выраженное сродство к гликозидным связям, удаленным от конца молекулы, являясь типичным эндо-действующим ферментом с преобладающим декстринизирующим эффектом [36, 46, 47]. Образующиеся под действием α -амилазы декстрины препятствуют ретроградации крахмала и возникновению поперечных связей между молекулами крахмала и белков клейковины, ведущих к кристаллизации структуры [36]. В результате чего в процессе выпечки хлебобулочных изделий происходит изменение структуры и

свойств крахмала, а также накопление низкомолекулярных продуктов гидролиза, что способствует снижению вязкости на начальной стадии выпечки теста-хлеба, увеличению объема тестовой заготовки и степени сохранения свежести изделий [18, 28, 36, 37, 48, 49, 50, 51]. Известна гипотеза о функциональности α -амилазы на начальной стадии выпечки, когда происходит клейстеризация крахмала. В этот период интенсифицируется гидролиз крахмала, в т.ч. в результате высвобождения амилозы из амилопектина. В результате понижается вязкость теста и возрастает степень увеличения объема тестовой заготовки и, соответственно, объема хлеба [4, 10, 12, 28, 38, 52, 53, 54].

Термостабильная бактериальная α -амилаза может сохранять свою активность и при температуре 80-110 °С [22], предотвращая ретроградацию крахмала и агрегацию его структурных компонентов. При чрезмерном накоплении растворимых декстринов амилаза может придавать хлебу избыточную влажность и липкость мякиша [18, 55].

Установлено, что эффективность α -амилаз различного происхождения в замедлении кристаллизации крахмала снижается в ряду: бактериальная > грибная > зерновая [41]. В связи с этим в последние десятилетия велись активные поиски путей получения бактериальных ферментов с пониженной температурой инактивации. Получены α -амилазы бактериального происхождения «средней термостабильности» (Intermediate Thermostable Amylase), максимальная активность которых наблюдается при температуре 65-70 °С. В процессе выпечки хлеба ферменты достигают оптимальной активности при температуре клейстеризации крахмала и инактивируются на заключительных стадиях выпечки [56, 57]. Эффект снижения черствения мякиша хлеба при применении бактериальной α -амилазы некоторые авторы [58, 59, 60] объясняют образованием в результате гидролиза крахмала декстринов с 6-9 глюкозными остатками, препятствующих формированию связей между остатками крахмальных цепей и клейковиной, влияющие на жесткость структуры мякиша хлеба и степень ретроградации крахмала.

Установлено, что добавление препарата α -амилазы, полученной из штамма *Bacillus megaterium*, увеличивает срок сохранения свежести изделий на 15-33 % [61]. Возможно также снижение температуры инактивации путем получения композиций из препаратов разного происхождения [32, 36, 62].

Особое место среди амилолитических ферментов занимает мальтогенная амилаза являющаяся изоферментом α -амилазы [36, 63, 64, 65]. Бактериальная мальтогенная амилаза гидролизует крахмал до мальтозы, олигосахаридов и незначительного количества низкомолекулярных декстринов. В отличие от α -амилазы мальтогенная α -амилаза, воздействует преимущественно на внешние цепи амилопектина, укорачивая их, но не нарушая целостность крахмальных зерен и не разрывая структуру молекулы в целом. Препараты мальтогенной α -амилазы применяют для повышения качества хлеба и продления срока его хранения [47, 66]. Высокая эффективность мальтогенной амилазы в отношении сохранения свежести хлеба объясняется ее способностью гидролизовать крахмал с получением мальтоолигосахаридов, которые обладают способностью замедлять кристаллизацию крахмала [36, 48, 49]. При этом достигается замедление ретроградации амилопектина при минимальном негативном воздействии на реологические свойства теста, в отличии от α -амилаз [65].

Важным свойством бактериальной мальтогенной амилазы является ее пониженная термостабильность. Фермент проявляет максимальную активность при температуре 60-70 °С и инактивируется на заключительных стадиях выпечки, обеспечивая интенсивный гидролиз крахмала без риска передозировки препарата и получения изделий с влажным липким мякишем [67].

Ранее в СССР в хлебопекарном производстве применяли отечественные амилолитические ферментные препараты грибного происхождения [3, 5, 68, 69, 70, 71] Амилоризин П10х, Амилоризин Г10х, глюкоамилазу. Основным продуцентом ферментного препарата являлся штамм *Aspergillus oryzae* с оптимальными условиями действия - температура 40-45 °С, pH - 4,7-5,5. Микробиологическая промышленность страны вырабатывала очищенные концентрированные бактериальные ферментные препараты (амилосубтилин и

др.), отличающиеся более высокой термостабильностью, и содержащие наряду с α -амилазой высокоактивную β -полиглюканазу, гидролизующую высокомолекулярные полисахариды [72].

Амилосубтилин Г10х представляет собой очищенный ферментный препарат, выделяемый из штамма *Bacillus subtilis*. Препарат содержит α -амилазу, β -глюканазу и протеазу. Оптимальными условиями действия препарата являются температура 50-55 °С и рН 6,0-6,3, Амилосубтилин Г10х проявляет наибольшую декстринолитическую активность в первый период выпечки.

Комплексный ферментный препарат Глюкоамилонигрин на основе α -амилазы, глюкоамилазы может использоваться для сохранения свежести хлебобулочных изделий из муки высших сортов при использовании опарной или безопарной технологий [68]. Однако передозировка препарата может привести к выработке хлеба с липким заминающимся мякишем.

Зарубежные компании выпускают ряд ферментных препаратов, обладающих амилолитической активностью. Одним из их достоинств является агломерированный тип препаратов, получаемых в результате специальной технологии, что позволяет снизить их распыление [9].

Компанией Novozymes представлены ферментные препараты: Fungamyl BG, Biobake P, Grindamyl 1000, приготовленные на основе очищенной грибной α -амилазы, характеризующиеся низким уровне амилоглюкозидазной и протеиназной активности, что позволяет применять их при переработке муки с различными хлебопекарными свойствами, а также ферментные препараты: AMG 1100 BG, Fungamyl Super AX, АМГ 1100 БГ (глюкоамилаза). Fungamyl Super проявляет амилолитическую и пентозаназную активность, повышает водопоглотительную способность муки и эластичность теста, рекомендуется использовать при переработке муки с пониженной газообразующей способностью и низкой автолитической активностью. Ферменты инактивируются в процессе выпечки хлеба.

Датская фирма «Danisco» выпускает ферментные препараты амилолитического действия серии Гриндамил: Gryndamul S100, Gryndamul A,

Gryndamul MAX-LIFE, Gryndamul POWER Fresh; а также препарат Grindamyl MAX-LIFE U4 - для снижения черствения хлеба при хранении [33].

Компанией CP Kelco представлены ферментные препараты: БиобэйкФреш 300 (бактериальная альфа амилаза) - для продления свежести хлеба, Биобэйк Р Конк (грибная амилаза) - гидролизует поврежденный при помоле крахмал.

Главным компонентом препаратов Novamyl, Biobake 2000, Grindamyl MAX-LIFEU4 является мальтогенная амилаза, вырабатываемая генетически модифицированным штаммом *Bacillus subtilis*, который получил ген мальтогенной амилазы от штамма *Bacillus stearothermophilus* (оптимум pH 5,8 - 6,0, температура 54 -75 °C). Применение мальтогенной амилазы способствует более полному протеканию процесса клейстеризации крахмала, что приводит к замедлению ретроградации крахмала при хранении хлеба и значительному увеличению срока его свежести [73, 74, 75]. Novamyl может использоваться в производстве изделий из цельносмолотого зерна. При хранении хлеба, приготовленного с добавлением Novamyl и упакованного в полиэтиленовые пакеты, мякиш сохраняет свежесть в течение 72 ч [16, 18].

При совместном использовании Фунгамила и Новамила срок сохранения свежести хлеба без упаковки увеличивается с 12 до 96 ч. При этом набухаемость мякиша хлеба увеличивается на 30-40 %, сжимаемость - на 17-44 %.

Ферментные препараты с амилолитической активностью используют также в производстве хлебобулочных изделий из ржаной муки и смеси ее с пшеничной: применяют при приготовлении заварок и жидких дрожжей, опар и теста. Наиболее широко в технологии указанных сортов хлеба используют препараты с α -амилолитической активностью.

1.2.2 Протеолитические ферментные препараты.

Протеолитические ферменты (протеазы) - группа ферментов, относящихся к классу гидролаз и катализирующих реакцию гидролиза пептидной связи в молекулах белков и пептидов [45].

В зависимости от типа разрываемой связи и ее расположения в молекуле субстрата (белка) протеазы подразделяют на: протеиназы - эндо-ферменты, под

действием которых белковая молекула распадается на пептиды, и пептидазы - экзо-ферменты, катализирующие отщепление аминокислот от пептидной цепи. Вследствие чего бактериальные протеазы резко увеличивают растяжимость клейковины, уменьшая ее эластичность, грибные протеазы увеличивают растяжимость клейковины постепенно [76].

Протеолитические ферменты в хлебопекарной промышленности применяют для снижения упругости и уменьшения вязкости теста, повышения его пластичности, сокращения продолжительности замеса, формирования необходимой газодерживающей способности теста [77, 78, 79, 80].

Применение ферментных препаратов протеолитического действия эффективно при использовании муки с крепкой, короткорвущейся клейковиной. Их использование приводит к расслаблению теста, увеличению его эластичности и растяжимости, повышению объема хлеба, обеспечению формированию гладкой корки изделий [16, 78].

При внесении протеолитических ферментных препаратов в низких дозировках количество отмываемой из теста клейковины повышается вследствие роста её гидратации, что приводит к более полному формированию клейковины и, следовательно, к увеличению её выхода [79, 81, 82, 83].

Интенсивный гидролиз белков муки в процессе брожения теста и расстойки тестовых заготовок обуславливает липкость и значительную растяжимость теста, низкий объем и грубую пористость мякиша хлеба [67]. В связи с этим рекомендуется использовать термостабильную протеазу, максимальная активность которой проявляется при повышенной температуре, т.е. только в начальный период выпечки, что обеспечивает эластичный мякиш и более продолжительный срок сохранения свежести изделий [18].

К ферментам протеолитического действия относят протеиназы: эндополипептидазы и экзополипептидазы; протеазы: кислые, нейтральные и щелочные по оптимуму pH. Из них к препаратам нейтральной бактериальной протеазы относятся отечественные препараты Протосубтилин Г10х и Г20х, препарат Нейтраза компании «Novozymes».

Датская фирма «Danisco» выпускает протеолитические ферментные препараты грибного и бактериального происхождения, отличающиеся специфичностью воздействия на белки муки - Gryndamyl PR. Gryndamyl Surebake (ферментный препарат на основе окислительно-восстановительных ферментов), облегчающий разделку теста и повышающий его стабильность, используется также для улучшения качества хлебобулочных изделий из замороженных полуфабрикатов [18, 85].

Протеолитические ферментные препараты широко применяют в технологии бездрожжевых слоеных и мучных кондитерских изделий [13, 86].

1.2.3 Цитолитические ферментные препараты

Цитолитические ферменты - группа ферментов, гидролизующих некрахмальные полисахариды: целлюлозу, гемицеллюлозу, гумми- и пектиновые вещества. К данной группе ферментов относятся целлюлазы, гемицеллюлазы и пентозаназы.

Гемицеллюлазы- группа ферментов, относящихся к классу гидролаз и катализирующих реакцию гидролиза гемицеллюлозы - полисахарида клеточных стенок растений(т.н. некрахмальные полисахариды) [6, 9, 72, 74, 87, 88, 89, 90]. Преобладающими гемицеллюлозами злаковых культур являются пентозаны, в частности, арабиноксиланы, составляющие 1,5-3,0 % пшеничной и около 8 % ржаной муки [36].

Некрахмальные полисахариды пшеничной муки (примерно 3 %) представлены пентозанами - арабиноксиланами (АРКС) и арабиногалактанами (1,3-2,3 %), β -глюканами (менее 1,0 %) и целлюлозой (0,6 %) [12]. При невысоком содержании данные соединения имеют важное технологическое значение[91].

Некрахмальные полисахариды обладают значительной водосвязывающей способностью. По данным BushukW. [92], после замеса теста 26,4 % воды адсорбируют неповрежденные и 19,1 % - повреждённые зёрна крахмала, 32,1 % содержится в клейковине и 23,4 % связывают пентозаны.

Основную долю АРКС в пшеничной муке составляют нерастворимые АРКС (НР-АРКС), которые представляют собой сильно разветвлённые полимеры,

препятствующие формированию непрерывной агрегированной клейковинной сети. В результате чего снижается однородность и эластичность клейковинной плёнки; оболочки газовых пузырьков, увеличивающихся в процессе брожения, разрушаются, вызывая их коалесценцию. Это отрицательно влияет на объём хлеба и свойства мякиша [12, 72, 93, 94].

Снижение степени полимеризации НР-АРКС повышает содержание фракций средне- и высокомолекулярных водорастворимых арабиноксиланов (ВР-АРКС), растворимость которых в водной среде повышается уже после кратковременного замеса теста и далее увеличивается по мере отлежки. Так, если в пшеничной муке содержалось 0,66 % ВР-АРКС, то после замеса теста - 0,98 %, а через 3 ч отлежки теста - уже 1,32 % [92]. При этом высвобождается поглощённая НР-АРКС вода и происходит перераспределение её между структурными компонентами теста, преимущественно, между клейковинными белками и пентозанами. Дополнительная гидратация белков клейковины повышает её растяжимость, улучшает упруго-эластичные свойства теста. Помимо этого, предполагается, что высокомолекулярные ВР-АРКС образуют с клейковиной муки пространственную структуру [12, 93, 95, 96, 97].

Бета-глюканы - это полисахариды мономеров D-глюкозы, технологическое действие их аналогично ВН-АРКС. При умеренном гидролизе бета-глюканов образуются растворимые их фракции, проявляющие свойства гидроколлоидов, набухающих в воде и образующих при растворении коллоидные системы. В результате повышается вязкость жидкой фазы и одновременно снижается её текучесть.

Исходя из известных данных о трансформации АРКС при приготовлении теста [72, 81, 93, 94, 95] следует, что увеличение продолжительности брожения теста приведет к повышению ВР-АРКС. Следовательно, при использовании технологий хлеба, предусматривающих продолжительное брожение полуфабрикатов хлебопекарного производства, например, опарных, происходит более глубокая деполимеризация НР-АРКС, что положительно влияет на качество хлеба.

Для улучшения свойств теста и повышения качества хлеба широко используют эндо-ксилаказы, которые осуществляют конверсию арабиноксиланов, оказывающих существенное влияние на качество хлеба, благодаря способности к водопоглощению и взаимодействию с клейковиной [29, 53, 98, 99, 100]. Действие эндоксилаказ приводит к увеличению водорастворимой фракции арабиноксиланов, перераспределению воды между структурными компонентами теста, улучшению непрерывной трехмерной структуры клейковины, что положительно отражается на стабильности теста, повышает газодерживающую способность и подъем тестовых заготовок в начальный период выпечки, улучшает качество хлеба и структуру мякиша [26, 98, 100, 101, 102, 103, 105].

Установлено, что совместное применение эндо-ксилаказных ферментных препаратов, повышающих прочность и упругость клейковины, с экзо-пептидазными ферментными препаратами, снижающими вязкость гидратированной клейковины и обеспечивающими накопление аминокислот, эффективнее улучшает свойства клейковины, теста и качество хлеба по сравнению с отдельным их применением [28, 79, 85, 94]. Аминокислоты, необходимые для питания дрожжей, увеличивают газообразование и, являясь участниками реакции Майяра, интенсифицируют вкус и запах хлеба, способствуют увеличению интенсивности цвета корки изделий.

В хлебопекарной промышленности используют ксилаказные (гемицеллюлазные) препараты как грибного, так и бактериального происхождения. По данным [3, 9, 36, 56, 59, 71, 87, 106], препараты бактериального происхождения гидролизуют преимущественно нерастворимую фракцию пентозанов, грибные препараты - растворимую.

Эффективность применения ксилаказ определяется их специфичностью. При этом наблюдалось увеличение объема хлеба вследствие повышения газообразования [100, 105, 107].

В качестве источника ксилаказ в хлебопечении используют ферментные препараты Pentopan и Panzea (Novozymes, США), Xylanases S200, S Concentrate и

Bacterial Xylanase (Enzeco, США), POWER Bake 900 и 7000 («Danisco A/S», Дания) [108, 109, 110].

Отечественный цитолитический ферментный препарат Цитороземин П10х, продуцентом которого является культура гриба *Trichothecium roseum*, обладает гемицеллюлазной, целлобиазной и пентозаназной активностями. При добавлении его в количестве от 0,01 до 0,1 % от массы муки в тесто повышается содержание редуцирующих сахаров, водорастворимых пентозанов, возрастает газообразующая способность и улучшаются реологические свойства теста, что приводит к увеличению удельного объема хлеба, формированию мякиша с более развитой, мелкой, равномерной пористостью, улучшению вкуса и запаха хлеба [40, 56].

Использование в производстве хлеба целлюлолитического ферментного препарата Целловиридина Г20х в количестве 0,0025-0,02 % от массы муки способствует повышению удельного объема хлеба и пористости мякиша [111].

С целью снижения степени черствения хлеба при хранении хлеба препараты гемицеллюлаз используют совместно с амилолитическими ферментами.

ФП с гемицеллюлазной активностью «Veron HE» и «Veron ST» («RohmTechInc. Malden») при выработке изделий из смеси пшеничной муки (70 %) и муки из цельносмолотого зерна (30 %) способствуют увеличению объема хлеба и срока его хранения [18, 112].

Ферментный препарат грибного происхождения (продуцируется из штамма культуры *Aspergillus oryzae*) Pentopan Mono (фирмы «Novozymes») проявляет пентозаназную активность, гидролизуя растворимые и нерастворимые пентозаны муки; препарат Pentopan BG кроме пентозаназы содержит гемицеллюлазу. Применение данных ФП позволяет увеличить водопоглощительную способность муки, улучшить реологические свойства теста, а также повысить объем хлеба [16, 18, 39].

1.3 Мультиэнзимные композиции ферментных препаратов

В хлебопекарной отрасли практическое применение находят мультиэнзимные композиции ФП (МЭК), в основу создания которых положено

синергетическое действие ферментных препаратов, обладающих различными функциональными свойствами [62, 79, 93, 98, 113, 114, 115, 116, 119, 120, 121].

В 1980-е годы в СССР в результате исследований технологических свойств различных ФП были созданы отечественные мультиэнзимные композиции для хлебопекарной промышленности МЭК-ХП, представляющие собой смеси грибных и бактериальных препаратов в определенных соотношениях [5, 7, 11, 122, 123, 124].

В ГосНИИХП были разработаны два типа композиций МЭК-ХП [5, 7, 11, 123, 124]:

- двухкомпонентная МЭК-ХП, в состав которой входил Амилоризин П10х и Амилосубтилин Г10х в соотношении 100: 3;

- трехкомпонентная МЭК (Амилоризин П10х, Амилосубтилин Г10х и Протосубтилин Г10х в соотношении 100:2:6), использование которой эффективно в технологии хлеба из муки с короткорвущейся клейковиной.

Харьковским отделом ВНИИ хлебопекарной промышленности были разработаны рекомендации по сохранению ферментативной активности (амилолитической и протеолитической) в процессе хранения МЭК-ХП при комнатной температурев течение двух лет. Полученные результаты имели существенное практическое значение, свидетельствующие о возможности длительного хранения мультиэнзимных композиций при комнатной температуре без потери их ферментативной активности.

В связи с тем, что в МЭК, наряду с грибной, присутствует и бактериальная амилаза, обладающая высокой термостабильностью, изучена термостабильность амилолитического комплекса МЭК-ХП [5, 7, 11, 122, 123, 124]. Установлено, что присутствие в МЭК-ХП бактериального компонента повышает термостабильность амилолитических ФП и обеспечивает более глубокий гидролиз крахмала в момент его клейстеризации по сравнению с добавлением только Амилоризина П10х. МЭК-ХП способствует дополнительному накоплению декстринов и сбраживаемых сахаров, что в свою очередь повышает объем,

улучшает вкус и запах, цвет корки хлебобулочных изделий и увеличивает срок хранения их свежести [122].

Известны высокоэффективные композиции ФП, включающие ферменты, обладающие пентозаназной, амилитической, липазной, липоксигеназной или глюкозооксидазной активностью [9]. Зарубежный и отечественный опыт применения ФП в технологии хлебобулочных изделий свидетельствует о целесообразности использования их композиций при выработке продукции на основе замороженных полуфабрикатов [125, 126, 127].

Для этой цели наиболее часто применяют различные композиции с использованием ферментов - α -амилаза, ксиланаза и глюкозооксидаза. Так, по данным авторов [9], хлеб из теста, замороженного сразу после замеса, характеризуется значительным увеличением объема и улучшением структуры мякиша (увеличением общей деформации и эластичности). При включении в рецептуру теста, помимо аскорбиновой кислоты и эмульгатора, ферментные препараты с ксиланазой, грибной α -амилазой и глюкозооксидазой достигается заметное увеличение объема. Замороженные после частичной выпечки и хранившиеся три месяца при температуре 18 °С багеты имели больший объем и лучший цвет корки хлеба при добавлении в тесто ферментных препаратов с ксиланазой и α -амилазой ксиланазной (грибного происхождения) активностями [128].

В последние годы широкое применение находят мультиэнзимные композиции, включающие ферментные препараты с мальтогенной, α -амилазной, ксиланазной, глюкоамилазной и липазной активностями [8, 36, 127, 129].

С целью предотвращения черствения хлеба при создании мультиэнзимных композиций рекомендуется использовать бактериальную α -амилазу [9, 130].

Таким образом, во многих странах мира, в том числе в России, многочисленными исследованиями на практике подтвержден синергетический эффект и высокая эффективность комбинаций ферментных препаратов [55, 74, 88, 119, 122, 128, 129, 131, 132, 133, 134, 135, 136], в том числе в составе комплексных хлебопекарных улучшителей.

1.4 Влияние ферментов с эндо-ксилазной и протеолитической активностью на белки клейковины пшеничной муки

В формировании реологических свойств теста и качества пшеничного хлеба большое значение имеет белковый комплекс муки [72]. Основная часть белков муки (80 %) представлена клейковинными белками - глиадином (40 - 50 %) и глютеинами (34- 42 %), количество других белков - альбуминов составляет 5,7 - 11,5 %, глобулинов - 5,7 - 10,8 %, то есть сумма альбуминов и глобулинов составляет 13-22 % от общего количества белка [137, 138].

Давно установлена значимость глютеинов и глиадинов в образовании клейковины, причем наибольшая - высокомолекулярных глютеинов, количество которых составляет всего 8-10 % от общей массы белков [72, 139].

Считается, что высокомолекулярные глютеины обеспечивают прочность и эластичность, а низкомолекулярные глютеины и глиадины - вязкостные свойства клейковины [138].

Растворимые в воде белки не обладают водопоглотительной способностью (ВПС) [140, 141]. Так, удаление водорастворимого глиадиана из пшеничной муки резко повышает ВПС муки, а формирование теста протекает медленнее [72]. Установлено, что водные экстракты пшеничной муки кроме альбуминов содержат обычно некоторое количество глиадиана, и, возможно, некоторое количество глобулинов [140, 141]. Ферменты муки представлены преимущественно водорастворимыми альбуминами [140]. В отличие от четкой связи количества и свойств клейковинных белков с качеством хлеба пока не установлена конкретная роль растворимых белков, хотя принято считать, что клейковинные белки не являются единственным фактором, определяющим качество хлеба [138].

При замесе теста белки муки гидратируются, вследствие чего значительно увеличивается их объём. В результате адгезии происходит слипание гидратированных белков и образование непрерывной белковой фазы теста [72]. Установлена корреляция между количеством агрегированных дисульфидными связями глиадинов с прочностью теста, а также способность дисульфидных

связей к перегруппировке в процессе замеса теста, что является важным фактором в развитии вязко-упругих свойств клейковины [138, 142, 143].

Процесс замеса теста наряду с гидратацией белков оказывает большое влияние на молекулы последних. По данным Бушука [цит. 72], повышается количество растворимых в 0,05 М уксусной кислоте белков с молекулярной массой более 150 000, что соответствует низкомолекулярному глютену. Дальнейшие исследования (Бушук 1973 г.) подтвердили, что повышение растворимости белков в уксусной кислоте обусловлено именно глютелиновой фракцией. По мере продолжения замеса количество водорастворимого глютенина возрастает, а нерастворимого соответственно снижается [72].

На изменение белковых веществ при брожении теста влияют продукты спиртового брожения, рост кислотности, в результате чего повышается набухаемость и растворимость клейковинных белков, в первую очередь глиадины. Определенную роль играют и протеолитические ферменты муки, обуславливающие деполимеризацию макромолекул белка вследствие гидролиза пептидных связей [72]. При этом понижается выход клейковины, отмываемой из теста, но она более крепкая, чем клейковина, отмываемая из теста после замеса [81]. Выделяемый хлебопекарными дрожжами глутатион восстанавливает дисульфидные связи, что расслабляет клейковину.

Белок клейковины обладает высокой способностью адсорбировать небелковые соединения, содержащиеся в муке, и вносимые при замесе теста, что изменяет структурно-механические свойства клейковины. К примеру, установлена роль некрахмальных полисахаридов (пентозанов, β - глюканов), обладающих значительной водосвязывающей способностью в дополнительной гидратации клейковины при замесе теста.

Результаты многочисленных исследований указывают на чрезвычайную неустойчивость агрегационного равновесия макромолекул белка, которое нарушается сдвигом pH, наличием в среде различных солей, имеющих буферные свойства, и другими факторами [81]. До настоящего времени не установлен

точный молекулярный механизм формирования вязко-упругих свойств пшеничного теста [138].

Нестабильное качество пшеницы, используемой для производства хлебопекарной муки, вызывает необходимость её корректировки на мукомольных и хлебопекарных предприятиях [44, 124]. Для этой цели во многих странах давно и широко успешно применяют ФП, в т.ч. с эндо-ксилазной и протеолитической активностями [12, 53].

Известна роль протеолитических ферментов в технологии хлебобулочных изделий. При внесении низких дозировок протеолитических ферментных препаратов количество отмываемой из теста клейковины повышается вследствие роста её гидратации, что приводит к более полному формированию клейковины и, следовательно, к увеличению её выхода [79, 81, 82, 83].

В технологии хлебобулочных изделий из пшеничной муки также важны экзо-пептидазы, для которых характерен последовательный «концевой» разрыв пептидных связей, сопровождающийся накоплением низкомолекулярных азотистых веществ с карбонильной или аминной группой. С экзо-пептидазами связывают снижение вязкости гидратированной клейковины и повышение содержания в тесте аминокислот, которые необходимы для жизнедеятельности дрожжей и реакции меланоидинообразования. Известно, что применение экзо-пептидаз улучшает вкус и запах хлеба, цвет корки хлебобулочных изделий [17, 93].

Заключение по обзору литературы

Анализ отечественной и зарубежной литературы свидетельствуют о ведущей роли ферментных препаратов в решении проблемы улучшения качества муки при выработке хлебобулочных изделий. В настоящее время для хлебопекарной отрасли предлагается значительное количество ферментных препаратов различной направленности и принципа действия и их композиций.

Мультиэнзимные композиции, в отличие от отдельных ФП, имеют более широкое применение для решения различных технологических задач:

стабилизации качества муки, технологического процесса и качества хлебобулочных изделий, расширения их ассортимента.

Поскольку в производстве мультэнзимных композиций необходимыми компонентами являются ферментные препараты, выбор и разработка способов их применения возможны только на базе изучения технологических свойств этих добавок в производстве хлебобулочных изделий.

К сожалению, в настоящее время в хлебопекарной промышленности РФ используются ФП преимущественно зарубежного производства. Это существенно повышает степень технологической уязвимости хлебопекарной отрасли и представляет угрозу продовольственной безопасности России.

В связи с вышеизложенным необходимо проведение исследований технологических свойств ФП, вырабатываемых микробиологической промышленностью РФ, изучение влияния ферментных препаратов на изменение структурных компонентов муки в процессе приготовления теста и разработка эффективных мультэнзимных композиций ферментных препаратов для целей хлебопекарной отрасли.

2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Исследования проводили в лабораториях Федерального государственного автономного научного учреждения «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности» (ФГАНУ НИИХП), Всероссийском Научно-исследовательском институте пищевой биотехнологии - филиале ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии». Производственные испытания осуществляли в ООО «ЭкоХлеб» (Московская область) и ООО «Институт хлеба» (г. Москва).

Структурная схема проведенных исследований представлена на рис.1.

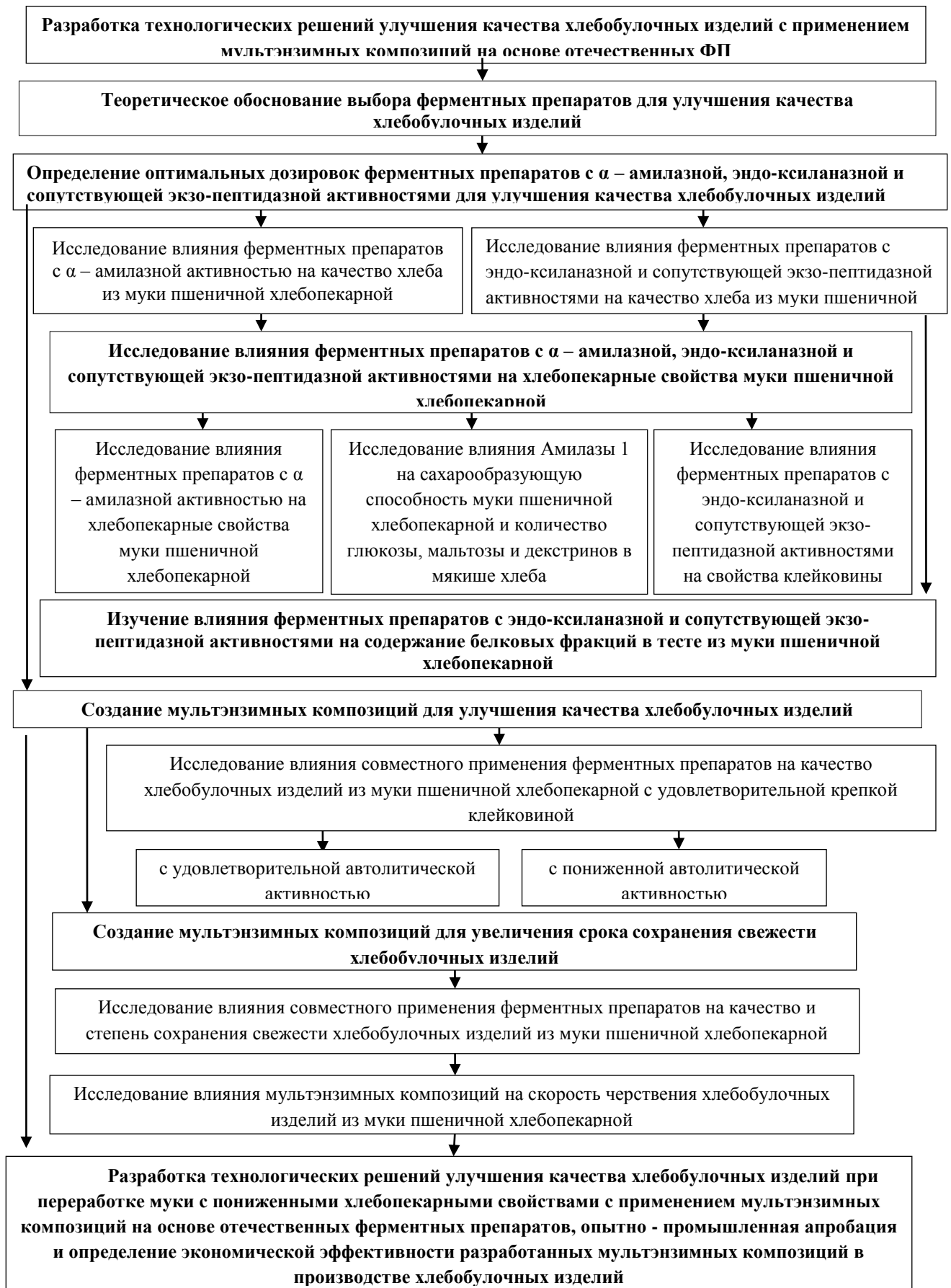


Рисунок 1 - Структурная схема проведения исследований

2.1 Сырье и материалы, применявшиеся при проведении исследований

При проведении исследований использовали следующее сырье:

- муку пшеничную хлебопекарную высшего сорта по ГОСТ 26574-2017[145];
- дрожжи прессованные хлебопекарные по ГОСТ Р 54731-11 [146];
- соль пищевую по ГОСТ Р 51574-2018 [147];
- воду питьевую по СанПиН 2.1.4.1074-01 [148];
- сахар белый по ГОСТ 33222-2015 [149];
- масло подсолнечное по ГОСТ Р 52465-2005 [150];
- ферментный препарат с α -амилазной активностью Амилоризин производства концерна «Микробиопром». Россия;
- ферментный препарат с α -амилазной активностью Fungamyl 2500 SG производства компании Novozymes, Дания;
- ферментный препарат с ксиланазной активностью Pentopan Mono BG производства компании Novozymes, Дания;
- ферментный препарат с ксиланазной активностью Протозим производства ООО «Агрофермент», Россия;
- ферментный препарат Novamyl 3D BG - мальтогенная амилаза производства компании Novozymes, Дания.

2.2 Методы исследований

При исследовании свойств сырья, полуфабрикатов и качества хлебобулочных изделий использовали общепринятые физико-химические, органолептические и аналитические методы, методы математического планирования и статистической обработки результатов исследований, а также специальные методы, изложенные в тексте диссертации.

2.2.1 Методы исследований свойств сырья

Муку пшеничную хлебопекарную высшего сорта анализировали по органолептическим и физико-химическим показателям.

Органолептические показатели качества муки - цвет, запах, вкус и хруст определяли в соответствии ГОСТ 27558-87 [151].

Физико-химические показатели качества муки анализировали по показателям: влажность, белизна, количество и качество сырой клейковины, число падения и кислотность:

- влажность муки - по ГОСТ 9404-88 [152].

- белизну муки определяли по ГОСТ 26361-2013 [153].

- массовую долю сырой клейковины, содержание сухой клейковины и качество сырой клейковины - по ГОСТ 27839-2013 [154].

- число падения - по ГОСТ 27676-88 [155].

- кислотность муки - в соответствии с ГОСТ 27493-87 [156].

Сахарообразующую способность муки - по методу Рамзей-ВНИИЗ [157].

Органолептические показатели дрожжей прессованных хлебопекарных (цвет, вкус, запах, консистенцию) и физико-химические показатели качества (подъемную силу) определяли по методам, указанным в ГОСТ Р 54731 - 2011 [146].

Соль пищевую, сахар белый, воду питьевую и масло подсолнечное рафинированное оценивали органолептически в соответствии с действующей нормативной документацией.

На приборе Фаринограф фирмы «Brabender» (по ГОСТ ISO 5530-1-2013 [158]) определяли водопоглотительную способность муки.

На приборе Амилограф фирмы «Brabender» (по ГОСТ ISO 7973-2013 [159]) определяли вязкость исследуемых проб муки.

Газообразующую и газоудерживающую способность теста определяли на приборе Реоферментометр (фирмы «Chopin») в соответствии с руководством к прибору.

Амилолитическую активность ферментных препаратов определяли по ГОСТ Р 54330-2011 [160].

Ксиланазную активность ферментных препаратов - по методу Шомодьи-Нельсона [161].

2.2.2 Методы исследований свойств полуфабрикатов хлебопекарного производства

Свойства полуфабрикатов хлебопекарного производства определяли в соответствии с руководствами [162, 163] по показателям:

- влажность теста на приборе ПИВИ-1, выраженная в процентах, % [162];
- титруемая кислотность, выраженная в градусах кислотности [163];
- температура теста, в °С;

2.2.3 Способы приготовления полуфабрикатов хлебопекарного производства и хлебобулочных изделий

Хлебобулочные изделия готовили ускоренным и опарным способами в лабораторных условиях НИИХП по рецептурам и параметрам, приведенным в табл. 1-4.

Контрольные пробы теста готовили без ФП. Опытные - с ФП. ФП вводили при замесе теста в виде водного раствора как при ускоренном способе приготовления теста, так и при опарном.

Таблица 1 - Рецепт и параметры приготовления теста по рецептуре хлеба пшеничного из муки высшего сорта ускоренным способом

Наименование сырья и параметров	Количество сырья и параметры приготовления теста	
	контроль	с ФП или МЭК
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, кг	100	100
Дрожжи хлебопекарные прессованные, кг	3,0	3,0
Соль пищевая, кг	1,3	1,3
Ферментные препараты или МЭК, кг	-	В соответствии с планом эксперимента
Вода питьевая, кг	По расчету	
Начальная температура, °С	28-29	28-29
Продолжительность брожения, мин	50	50

Таблица 2 - Рецептúra и параметры приготовления теста по рецептуре батона нарезного ускоренным способом

Наименование сырья и параметров	Количество сырья и параметры приготовления теста	
	контроль	с ФП или МЭК
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, кг	100	100
Дрожжи хлебопекарные прессованные, кг	4,0	4,0
Соль пищевая, кг	1,5	1,5
Сахар белый, кг	4,0	4,0
Масло подсолнечное рафинированное, кг	2,9	2,9
Ферментные препараты или МЭК, кг	-	В соответствии с планом эксперимента
Вода питьевая, кг	По расчету	
Начальная температура, °С	28-29	28-29
Продолжительность брожения, мин	50	50

Таблица 3 - Рецептúra и параметры приготовления теста по рецептуре хлеба пшеничного из муки высшего сорта опарным способом

Наименование сырья и параметров	Количество сырья и параметры приготовления полуфабрикатов		
	опара	тесто	
		Контроль	с ФП или МЭК
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, кг	50	50	50
Дрожжи хлебопекарные прессованные, кг	1,0	0,5	0,5
Соль пищевая, кг	-	1,3	1,3
Ферментные препараты или МЭК, кг	-	-	В соответствии с планом эксперимента
Вода питьевая, кг	36	По расчету	По расчету
Начальная температура, °С	26-28	28-30	28-30
Продолжительность брожения, мин	210	20	20

Таблица 4 - Рецептúra и параметры приготовления теста по рецептúре батона нарезного опарным способом

Наименование сырья и параметров	Количество сырья и параметры приготовления полуфабрикатов		
	опара	тесто	
		Контроль	с ФП или МЭК
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, кг	50	50	50
Дрожжи хлебопекарные прессованные, кг	1,24	0,64	0,64
Соль пищевая, кг	-	1,5	1,5
Сахар белый, кг	-	4,64	4,64
Масло подсолнечное рафинированное, кг	-	3,36	3,36
Ферментные препараты или МЭК, кг	-	-	В соответствии с планом эксперимента
Вода питьевая, кг	26	По расчету	По расчету
Начальная температура, °С	26-28	28-30	28-30
Продолжительность брожения, мин	120 или 210	20	20

При ускоренном способе тесто замешивали в лабораторной тестомесильной машины конструкции ВНИИХП: загружали муку пшеничную хлебопекарную высшего сорта, дрожжи прессованные хлебопекарные, соль пищевую и другое сырье в зависимости от рецептúры изделия. Замес осуществляли в течение 10 мин. Температура теста после замеса составляла - 28-30°С, продолжительность брожения теста - 50 мин. Тесто после брожения делили на куски массой 0,35 кг, формовали в виде шара. Окончательную расстойку проводили при температуре 36-38 °С и относительной влажности воздуха 76-78 %. Выпечку хлеба осуществляли в лабораторной печи конструкции ВНИИХП при температуре пекарной камеры 220-230 °С в течение 25 мин.

При опарном способе для приготовления густой опары в дежу лабораторной тестомесильной машины конструкции ВНИИХП загружали воду, дрожжи, муку в

количестве 50 % от общей массы муки в тесте. После замеса опару оставляли для брожения. При замесе теста в дежу с выброженной опарой вносили оставшуюся по расчету муку, воду, соль и другое сырье по рецептуре. Замес осуществляли в течение 5 мин. Температура теста после замеса составляла - 29-31 °С, продолжительность брожения теста - 20 мин. Тесто после брожения делили на куски массой 0,45 кг, формовали в виде шара и направляли на окончательную расстойку. Выпечку хлеба осуществляли в лабораторной печи конструкции ВНИИХП при температуре пекарной камеры 220-230 °С в течение 25 мин.

2.2.4 Методы оценки качества хлебобулочных изделий

Хлебобулочные изделия анализировали по органолептическим и физико-химическим показателям качества через 16-18 ч после выпечки и после 48, 72, 96, 120 ч хранения в упакованном виде.

Органолептические показатели: внешний вид (форма, поверхность корки), состояние мякиша (цвет, эластичность, пористость (по крупности, по равномерности, по толщине стенок пор), липкость), вкус, запах и крошковатость определяли согласно ГОСТ 5667-65 и ГОСТ 27669-88 [164, 165].

Физико-химические показатели: влажность определяли по ГОСТ 21094-75 [166] на приборе СЭШ-3М; титруемую кислотность мякиша - ускоренным способом по ГОСТ 5670-96 [163]; пористость мякиша - по ГОСТ 5669-96 [167].

Формоустойчивость хлеба характеризовали отношением высоты хлеба к его диаметру (H/D) с помощью прибора ИФХ-250 по ГОСТ 27669-88 [165].

Удельный объем хлеба определяли по ГОСТ 27669-88 [165].

Структурно-механические свойства мякиша анализировали на автоматизированном пенетрометре АП-4/1 по методике, приведенной в руководстве [168].

Ароматические вещества в хлебе определяли по методу, основанному на связывании альдегидов и некоторых кетонов бисульфитом натрия [162].

Степень черствости хлебобулочных изделий определяли по методике «Оценка степени черствости хлебобулочных изделий СТП-1703».

2.2.5 Специальные методы исследования

2.2.5.1 Методы определения реологических свойств и газообразующей способности теста

Реологические свойства теста из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта и влияние на него ферментных препаратов исследовали на приборах Фаринограф (фирмы «Brabender») по ГОСТ ISO 5530-1- 2013 [158] и Амилограф (фирмы «Brabender») по ГОСТ ISO 7973-2013 [159]. Газообразующую и газодерживающую способность теста определяли на приборе Реоферментометр (фирмы «Chopin») в соответствии с руководством к прибору.

Метод определения реологических характеристик пшеничного теста на приборе Фаринограф заключается в измерении и регистрации показателей консистенции теста в процессе его образования из муки и воды, развитии теста и изменении консистенции в процессе его замеса.

Метод определения реологических характеристик пшеничного теста на приборе Амилограф основан на изменении вязкости водно-мучной суспензии при непрерывном перемешивании и нагревании с постоянной скоростью повышения температуры до момента, при котором вязкость начинает уменьшаться, достигнув своего максимума. Увеличение вязкости водно-мучной суспензии обусловлено клейстеризацией крахмала и активностью амилолитических ферментов.

Метод определения газообразующей способности теста на приборе Реоферментометр позволяет установить связь между ферментативной способностью муки и свойствами белкового каркаса, который обеспечивает сохранения тестом заданной формы в ходе брожения теста. Результаты отражаются в виде двух временных зависимостей: кривая расширения теста и кривая газовыделения.

2.2.5.2 Определение сахаробразующей способности муки

Метод основан на способности муки образовывать при брожении теста сахар под воздействием ферментов. Сахаробразующая способность муки зависит

от активности ферментов, под действием которых происходит процесс разложения сложных сахаров на простые.

Сахарообразующую способность выражают в мг мальтозы (единицах), образовавшейся в болтушке из 10 г муки и 50 см³ воды после настаивания ее в течение 1 ч на водяной бане при температуре 27°C [117, 157].

2.2.5.3 Определение ароматических веществ в хлебобулочных изделиях

Метод определения ароматических веществ в хлебе основан на связывании альдегидов и некоторых кетонов бисульфитом натрия [162]. Связывание альдегидов происходит в соответствии с уравнением реакции:



Навеску исследуемого продукта (мякиша хлеба) массой 10 г растирали в ступке с 0,1 %-ным раствором бисульфита натрия и количественно переносили в мерную колбу вместимостью 100 см³. Содержимое колбы доводили до метки раствором бисульфита натрия и взбалтывали в течение 10 мин, затем колбу оставляли на 10 мин в покое для оседания плотных частиц, после чего осадок отделяли фильтрованием.

Из полученного фильтрата отбирали 10 см³ вытяжки и оттитровывали избыток бисульфита натрия сначала 0,1 н раствором йода, а затем, прибавив несколько капель 1 %-ного раствора крахмала, дотитровывали 0,01 н раствором йода до слабого фиолетово-голубого окрашивания. Если йода прибавлено было больше, чем необходимо, избыток его оттитровывали 0,01 н раствором гипосульфита. Затраченное на окисление избытка бисульфита натрия количество йода не учитывали и в расчет не принимали.

Для разрушения альдегидосульфитного соединения в реакционную жидкость приливали насыщенный раствор двууглекислого натрия. Реакция смеси должна быть щелочной по лакмусовой бумаге, однако избыток соды должен быть небольшим, так как это может изменить результаты последующего титрования. Выделившийся в результате добавления насыщенного раствора двууглекислого натрия бисульфит натрия тотчас же оттитровывали из микробюретки 0,01 н раствором йода. Титрование считается законченным, если при перемешивании в

течение 15 с фиолетово-голубое окрашивание не исчезает. Содержание альдегидов (X) условно выражали в см³ 0,1 н раствора йода, пошедшего на титрование бисульфита, связанного с карбонильными соединениями. Расчет проводили по формуле:

$$X = \frac{100 \cdot 100 \cdot V}{10(10 - W)} \cdot K,$$

- X - количество 0,1 н раствора йода, израсходованное на титрование бисульфита, связанного с карбонильными соединениями, содержащимися в 100 г сухого вещества, мл;

- V - количество 0,01 н раствора йода, идущее на титрование 10 см³ вытяжки, см³;

- W - влажность мякиша хлеба, %;

- K - поправочный коэффициент к титру йода.

2.2.5.4 Метод оценки степени черствости хлебобулочных изделий

Степень черствости хлебобулочных изделий определяли по методике «Оценка степени черствости хлебобулочных изделий СТП–1703», разработанной в ФГАНУ НИИХП. Методика основана на определении усилия нагружения индентора «Цилиндр Ø 36» диаметром 36 мм (с округленной кромкой) при его внедрении в ломоть хлеба толщиной 25 мм на глубину 6,25 мм (со скоростью движения 1 мм/с при начальном усилии касания 5 г) и установлении конечного усилия нагружения на инденторе, а затем осуществления реверсивного его движения до усилия 5 г.

Определяли показатели усилия нагружения индентора в трех-четырёх точках ломтя мякиша каждого образца хлеба. После этого получали диаграммы изменения усилия нагружения на инденторе при деформировании мякиша. Обработка данных диаграмм усилий нагружения на инденторе позволяла получить среднее значение усилия нагружения.

Оценку усилия нагружения на инденторе при деформации мякиша осуществляли через 24, 48, 72, 96 и 120 ч после выпечки хлеба.

Согласно методике приведены показатели, являющиеся результатами обработки полученных диаграмм усилия нагружения:

– **F_{ср}**, г – среднее значение усилия нагружения на инденторе;

- Δt , сут – период времени, через которое определен показатель $F_{\text{ср}}$;
- СЧ, г/сут – показатель скорости черствения.

Показатель скорости черствения мякиша (СЧ) рассчитывали по формуле:

$$\text{СЧ} = \Delta F / \Delta t, \text{ г/сут}$$

$$\text{где } \Delta F_{(\text{через 48 часов})} = F_{\text{ср}(\text{через 48 часов})} - F_{\text{ср}(\text{через 24 часа})}, \text{ сут}$$

2.2.5.5 Метод определения фракционного состава белков муки

Фракционный состав белков муки и теста определяли после последовательного растворения навески в растворе NaCl 0,05н, 70 % этаноле и растворе NaOH 0,05н с установлением затем количества белка по методу Лоури. Сначала навеску муки массой 2-4 г суспензировали в 20 см³ 0,05 н NaCl в течение часа на встряхивателе, после чего оставляли на ночь в холодильнике. Затем дисперсию центрифугировали 15 мин при 6000 об/мин и центрифугат сливали в мерную колбу вместимостью 100 см³. Осадок еще раз заливали тем же количеством растворителя, промывали, центрифугировали и сливали в ту же мерную колбу. Раствор доводили до метки, а осадок заливали другим растворителем и все операции повторяли. В центрифугатах определяли белок по Лоури, результаты выражали в процентах от общего содержания щелочерастворимых белков в растворе [20].

2.2.5.6 Метод определения содержания глюкозы, мальтозы и декстринов в хлебе

Содержание глюкозы, мальтозы, декстринов определяли методом Зихерда-Блэйера, в модификации Смирнова В.А. [171]. Навеску продукта 10 г взвешивали с точностью до 0,1 г и переносили в колбу вместимостью 100 см³. Далее в колбу приливали 10 см³ 15 % раствора сернокислого цинка и 10 см³ 4 % раствора едкого натра для осаждения белков. Содержимое колбы доводили до метки дистиллированной водой, хорошо перемешивали и оставляли в покое на 10-15 мин. Отстоявшуюся жидкость фильтровали через складчатый фильтр в сухую коническую колбу вместимостью 100 см³. Для определения содержания глюкозы: к 20 см³ фильтрата добавляли 10 см³ 6,9 % раствора сернокислой меди и 20 см³ 50 % раствора уксуснокислого натрия; мальтозы - к 25 см³ фильтрата добавляли 25

см³ 6,9 % раствора сернокислой меди и 25 см³ щелочного раствора калия-натрия виннокислого; декстринов - к 10-20 см³ фильтрата добавляли 2-4 см³ 20 % раствора соляной кислоты и помещали в кипящую водяную баню на 3 ч для гидролиза декстринов. После охлаждения содержимое колбы нейтрализовали содой до нейтральной реакции по метилроту. Раствор переносили в мерную колбу вместимостью 50 см³ и доводили до метки дистиллированной водой. На анализ отбирали 25 см³ раствора, добавляли 25 см³ 6,9 % раствора сернокислой меди и 25 см³ щелочного раствора калия-натрия виннокислого. Растворы выдерживали в кипящей водяной бане в течение 20 мин. Количество соответствующих сахаров и декстринов рассчитывали по формуле:

$$X = (X^1 \cdot 100 \cdot 100) / (m \cdot (100 - W)), \text{ где}$$

X^1 - количество глюкозы, мальтозы или декстринов, найденное по таблицам;

m - масса навески пробы, мг;

W - влажность мякиша, %;

X - количество глюкозы (Γ), сумма глюкозы и мальтозы (A), сумма глюкозы, мальтозы и декстринов (B), % на СВ.

Содержание мальтозы (M) и декстринов (D) рассчитывали по формулам, % на СВ:

$$M = M' - a; \quad M' = (A - \Gamma) \cdot 2; \quad D = 0,9 \cdot (B + \Gamma - 2 \cdot A), \text{ где}$$

a - поправочный коэффициент для нахождения количества мальтозы;

M' - содержание мальтозы в исходном растворе (без поправочного коэффициента), %.

2.2.5.7 Метод определения амилолитической активности ферментных препаратов

Метод определения амилолитической активности ферментных препаратов по ГОСТ Р 54330-2011 [160] основан на гидролизе крахмала ферментами амилолитического комплекса до декстринов различной молекулярной массы. За единицу амилолитической активности (ед/г) принимают такое количество фермента, которое при температуре 30 °С и рН 4,7 в течение 10 мин катализирует

расщепление 1 г растворимого крахмала до декстринов различной молекулярной массы, составляющих 30 % от крахмала, введенного в реакцию.

2.2.5.8 Метод определения ксиланазной активности ферментных препаратов

Метод определения ксиланазной активности ферментных препаратов по ГОСТ Р 55302-2012 [161] основан на измерении скорости образования восстанавливающих сахаров методом Шомодьи-Нельсона при гидролизе ксилана из древесины березы. За единицу ксиланазной активности (ед/г) принимали такое количество фермента, которое приводит к образованию 1 мкмоль восстанавливающих сахаров (в ксилозном эквиваленте) из 1%-ного раствора ксилана за 1 мин при температуре 50 °С и pH 5,0.

2.2.5.9 Методы математической обработки экспериментальных данных

Повторность всех опытов была трехкратная. Уровень значимости принимали равным 0,05. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с помощью метода математической статистики с использованием табличного процессора «Excel» и пакета прикладных программ операционной системы MS Windows 2000, «Statistica 6.0» [84].

2.3 Характеристика сырья, применявшегося в работе

В исследованиях применяли шесть проб пшеничной муки хлебопекарной высшего сорта, дрожжи хлебопекарные прессованные, соль пищевую, сахар белый, масло подсолнечное, ферментные препараты отечественного и зарубежного производства с α -амилазной, эндо-ксиланазной, экзо-пептидазной активностями и мальтогенной амилазой.

Характеристики физико-химических свойств всех проб муки представлены в таблице 5, реологических свойств первой и второй проб муки - в таблице 6.

Таблица 5 - Физико- химические показатели качества муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта

Номер пробы муки	Наименование показателей							
	Массовая доля влаги, %	Белизна, ед. приб.	Массовая доля сырой клейковины, %,	Качество сырой клейковины, усл. ед. приб. ИДК	Характеристика клейковины	Число падения, с	Кислотность, град	Крупность помола, %: остаток на сите из полиамидной ткани № 44/50 ПА
1	13,6	55	28,0	50,0	II группа качества Удовлетворительная крепкая	290	2,2	2,0
2	14,8	54	29,0	50,0	II группа качества Удовлетворительная крепкая	440	2,4	3,0
3	14,3	56	25,0	60,0	I группа качества Хорошая	290	2,3	3,0
4	14,1	55	27,0	55,0	I группа качества Хорошая	320	2,3	2,0
5	12,4	57	27,0	55,0	I группа качества Хорошая	340	2,6	2,0
6	13,5	56	26,0	45,0	II группа качества Удовлетворительная крепкая	370	2,2	2,0

Таблица 6 - Показатели реологических свойств муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта

Наименование показателей	Номер пробы муки	
	1	2
Максимальная вязкость суспензии, усл.ед. (по амилографу)	853	1133
Температура начала клейстеризации суспензии, °С (по амилографу)	61,8	61,3
Температура достижения максимальной вязкости, °С (по амилографу)	83,8	89,5
Водопоглощение муки, скорректированное на влажность 14%(по фаринографу), см ³	56,9	60,9
Время образования теста, мин. (по фаринографу)	1,8	7,7
Устойчивость теста, мин (по фаринографу)	12,4	14,3
Степень разжижения теста, ед. фариногринографа, ИСС (10 мин после максимума)	25	19
Степень разжижения теста, ед. фариногринографа, ИСС (12 мин после максимума)	37	49
Балловая оценка качества (по фаринографу)	110	124
Газообразующая способность за 5 ч брожения, см ³	1662	1295
Объем потерянного CO ₂ , см ³	225	310
Объем удержанного CO ₂ , см ³	1438	985
Коэффициент газодержания CO ₂ , %	86,5	80,7
Максимальное значение на кривой газовыделения, мм (H_m)	60,7	65,5
Время, необходимое для образования пор в тесте, при котором тесто начинает выделять CO ₂ (T_x)	1 ч 19 мин 30 с	1 ч 01 мин 30 с
Максимальная высота поднятия теста под нагрузкой, мм(H_m)	61,2	44,3
Высота поднятия теста в конце проведения анализа, мм(h)	40,9	37,3
Относительное снижение высоты поднятия теста в конце процедуры анализа от максимального значения, выраженного, в % (H_m – h) / H_m	33,2	14,9
Время, за которое кривая газовыделения достигает максимума (T₁)	2 ч 25 мин 30 с	2ч 49 мин 30 с
Период относительной устойчивости максимальной высоты подъема теста, за которое кривая газовыделения достигает максимума (Δ T₂ = T₂ – T'2)	1ч 25 мин 00 с	2ч 21мин 00 с
Время, после которого снижается максимальная высота 2-ого поднятия теста (T'1)	1 ч 55 мин 30 с	2ч 06 мин 00 с

Показатели качества всех шести проб муки пшеничной хлебопекарной отвечали требованиям ГОСТ Р 52189-2003 [145]: пробы имели белый цвет с желтоватым оттенком, запах - свойственный муке, вкус - без посторонних привкусов. Клейковина первой пробы муки относилась ко II группе качества и характеризовалась как удовлетворительная крепкая с удовлетворительной автолитической активностью. Клейковина второй и шестой проб муки относилась ко II группе качества и характеризовалась как удовлетворительная крепкая с пониженной автолитической активностью. Клейковина 3-ей, 4-ой и 5-ой проб муки относилась к I группе качества и характеризовалась как хорошая с удовлетворительной автолитической активностью.

Дрожжи хлебопекарные прессованные соответствовали требованиям ГОСТ Р 54731-11 [146], легко ломались, не мазались, имели плотную консистенцию, равномерный кремовый цвет, запах и вкус, свойственный дрожжам, подъемную силу - 45-55 мин.

Соль пищевая по органолептическим показателям отвечала требованиям ГОСТ Р 51574-2018 [147], характеризовалась белым цветом, не имела запаха и посторонних примесей.

Сахар белый по органолептическим показателям соответствовал требованиям ГОСТ 33222-2015 [149], имел сладкий вкус, без посторонних привкуса и запаха, по внешнему виду - однородная сыпучая масса кристаллов, белый, чистый.

Масло подсолнечное по органолептическим показателям соответствовало ГОСТ 1129-2013 [150], цвет желтый, вкус и запах свойственные маслу подсолнечному.

Ферментные препараты (ФП)

Использовали ФП с α - амилазной и эндо-ксилазной активностями:

- **Амилоризин** (α -амилаза) - α - амилазная активность (АС) - 2500 ед./г, глюкоамилазная активность - следовая, оптимальные условия действия: рН - 5,0 - 6,0, температура - 45- 60 °С, продуцент - *Asp. Oryzae*, порошкообразный.

- **Fungamyl 2500 SG** (α - амилаза), α - амилазная активность - 2500 FAU-F/г, грибная α - эндо-амилаза, гидролизующая (1,4 - альфа -D -глюкозидные связи в крахмальных полисахаридах), гранулят от желтого до светло-коричневого цвета, размер частиц - 50-212 мкм.

- **Novamyl 3D BG** (далее мальтогенная амилаза) (10000 MANU/g) - мальтогенная α -амилаза.

- **Pentopan Mono BG** - эндо-ксилаза, стандартная активность эндо-ксилазы - 2500 FXU-W/г, продуцент - *Asp. oryzae*, гранулят бежевого цвета.

- **Протозим** - комплексный ФП, ксиланазная активность (рН 5,0, 50 °С) - 1075 ед./г, пенициллопепсиновая активность (кислой протеазы, КФ 3.4.23.20, рН 4,7, 30 °С) - 200 ед./г, β - глюконазная активность (рН 5,0, 50 °С) - 100 ед./г; гранулы от белого до светло-жёлтого цвета, средний размер гранул 500 мкм; наполнитель - крахмал; стабилизатор - хлорид натрия.

3 Результаты исследований и их анализ

В диссертации представлены результаты исследований по разработке мультэнзимных композиций, на основе отечественных ФП с α -амилазной, эндо-ксилазной и сопутствующей экзо-протеазной активностями (отечественного производства) и мальтогенной амилазы ФП (зарубежного производства, в связи с отсутствием аналогичного ФП отечественного производства).

Для сравнения технологических свойств отечественного ФП с α -амилазной активностью - Амилоризина (далее Амилаза 1) использовали ФП с активностью - Фунгамил 2500 СГ (далее Амилаза 2); отечественного ФП с эндо-ксилазной и сопутствующей экзо-пептидазной активностями - Протозима (далее Ксиланаза 1) - ФП зарубежного производства - Пентопан Моно БГ (далее Ксиланаза 2) с эндо-ксилазной активностью. Выбранные ФП зарубежного производства достаточно широко применяют в хлебопекарной промышленности РФ.

Проводили лабораторные выпечки хлеба с использованием различных способов приготовления теста из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта с разными хлебопекарными свойствами.

Определяли влияние вида и расхода ФП, а затем их композиций на органолептические и физико-химические показатели качества хлеба, степень черствения мякиша в процессе хранения хлеба.

Для обоснования установленных эффектов определяли влияние ФП с эндо-ксилазной и ФП с эндо-ксилазной и сопутствующей экзо - пептидазной активностями на степень гидратации, количество сырой и сухой клейковины, количество белковых фракций клейковины после замеса теста, а затем на преобразование белковых фракций клейковины в процессе брожения теста и расстойки тестовых заготовок.

Полученные экспериментальные данные о роли ФП с эндо-ксилазной и сопутствующей экзо - пептидазной активностями в модификации клейковины и фракционного состава белков подтвердили целесообразность использования исследуемых ФП для создания композиций ферментных препаратов с ожидаемым технологическим эффектом, посредством которых можно повысить эффективность управления качеством муки и хлеба.

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 различными активностями. Учитывая, что высокое число падения характеризует низкую активность собственных амилолитических ферментов муки, целесообразно использовать ФП с амилолитической активностью, что будет способствовать увеличению сахарообразующей способности муки, газообразования теста, объема хлебобулочных изделий, улучшению пористости, цвета корки изделий, их вкуса и аромата. В связи с указанным, для этой цели в работе использовали ФП с α -амилазной активностью - Амилазу 1 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 сроков годности изделий использовали мальтогенную амилазу 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 активностью - Ксиланазу 1 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 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

Известно, что внесение амилолитических ФП при производстве хлебобулочных изделий приводит к увеличению интенсивности процесса созревания полуфабрикатов, улучшению их реологических характеристик, влияет на газообразование полуфабрикатов, что в дальнейшем определяет физико-химические и органолептические показатели качества хлеба [104, 137].

Однако в научно-технической литературе имеется ограниченное количество данных по определению оптимальных дозировок ФП, которые в наибольшей степени увеличивали бы объем хлебобулочных изделий, улучшали структуру пористости мякиша и органолептические показатели готовых изделий (вкус, запах, цвет корки). В связи с изложенным, в данной работе изучали влияние различных дозировок ферментных препаратов на качество хлебобулочных изделий, приготовленных из муки пшеничной 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 Амилазы 1 на показатели качества хлеба использовали муку пшеничную хлебопекарную высшего сорта с разной автолитической активностью: удовлетворительной (проба 1, ЧП 290 с) и с пониженной автолитической активностью (проба 2, ЧП 440). Тесто готовили по рецептуре и параметрам, приведенным в разделе 2.2.3 ускоренным и опарным способами. Анализ качества хлеба подового определяли методами, представленными в разделе 2.2.4.

Известно, что при применении амилолитических ФП в производстве хлебобулочных изделий степень повышения качества хлеба зависит от автолитической активности муки. В зависимости от автолитической активности муки рекомендовано использовать ФП в количестве, соответствующем α -амилазной активности от 2,5 до 10,0 ед. АС/кг [40]. В соответствии с этим, а также с учетом активности ФП, заявленной производителем, определяли дозировки ферментных препаратов для проведения исследований. Учитывая, что Амилаза 1 изучена недостаточно, количество ее дозировок выбирали в интервале от 2,5 до 20,0 ед.АС/кг, что соответствовало количеству 1-8 ppm. ФП предварительно растворяли в воде температурой 25-30° С. Контрольные пробы теста готовили без ФП.

Установлено, что при приготовлении теста ускоренным способом из муки с удовлетворительной автолитической активностью (проба 1, ЧП 290 с) степень влияния Амилазы 1 на физико-химические и органолептические показатели качества хлеба зависела от количества ФП: с повышением расхода Амилазы 1 от 1-8 ppm возрастал удельный объем хлеба - на 5,1-20,2 % (рисунок 2), пористость мякиша - на 1,3-3,8 %, однако формоустойчивость хлеба при этом снижалась на 2,4-14,6 % по сравнению с показателем контроля (Приложение 2). Наибольшим удельным объемом обладал образец хлеба, приготовленный с 2 ppm Амилазы 1.

Органолептический анализ показал, что при увеличении количества Амилазы 1 от 1 до 8 ppm интенсифицируются цвет корки хлеба от желтого до коричневого, а также вкус и запах. Добавление 2-6 ppm Амилазы 1 обеспечивает удовлетворительную эластичность и отсутствие крошковатости мякиша. Увеличение расхода ФП до 7-8 ppm приводит к комкуемости мякиша при разжевывании, возможно, вследствие образования в начальный период выпечки большого количества декстринов.

Полученные результаты, очевидно, обусловлены тем, что введение Амилазы 1 в количестве менее 2 ppm (5,0 ед.АС/ кг) незначительно повышает степень гидролиза крахмала муки и образование декстринов, являющихся субстратом для

β -амилазы муки, что соответственно способствует накоплению мальтозы, необходимой для сбраживания хлебопекарными дрожжами.

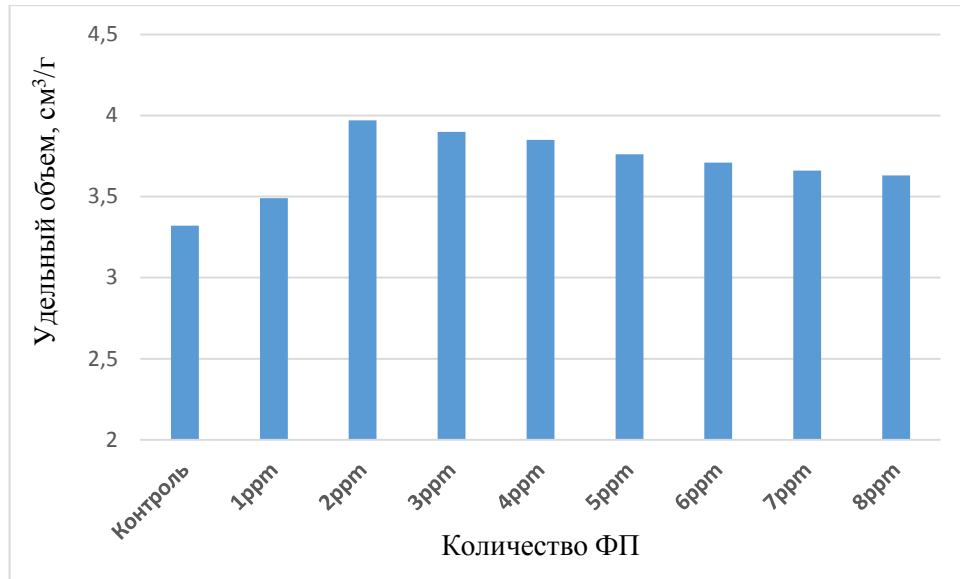


Рисунок 2 - Влияние Амилазы 1 на удельный объем хлеба

С увеличением количества Амилазы 1 более 2 ppm (5,0 ед. АС/кг) возрастает степень гидролиза крахмала муки и количество декстринов, что ухудшает реологические свойства теста. Вследствие этого снижается эластичность теста, удельный объем и формоустойчивость подового хлеба. Повышение количества образовавшихся сахаров способствует потемнению цвета корки. Добавление Амилазы 1 в количестве более 6 ppm приводит к формированию комкующего мякиша, снижению эластичности, очевидно, вследствие накопления большого количества низкомолекулярных декстринов.

Результаты исследований показали, что использование Амилазы 1 в количестве 2 ppm (5,0 ед. АС/ кг) при изготовлении хлеба из муки пшеничной высшего сорта с удовлетворительной автолитической активностью в наибольшей степени улучшает органолептические и физико-химические показатели качества хлеба по сравнению с контролем.

Следующим этапом работы явилось изучение влияния дозировок Амилазы 1 на качество хлеба из муки с пониженной автолитической активностью (проба 2, ЧП 440 с) при ускоренном способе приготовления теста (Приложение 3). Учитывая выше изложенное, ФП использовали в количестве от 2 до 6 ppm.

Установили, что с увеличением количества Амилазы 1 от 2 до 6 ppm возрастают удельный объём хлеба - на 4,5-17,0 % (рисунок 3), пористость мякиша на 1,3-3,9 % (рисунок 4), но снижается формоустойчивость хлеба - на 1,9-5,8 % по сравнению с контролем. Хлеб, приготовленный с 4 ppm Амилазой 1 от массы муки, обладал наибольшим удельным объемом ($3,57 \text{ см}^3/\text{г}$).

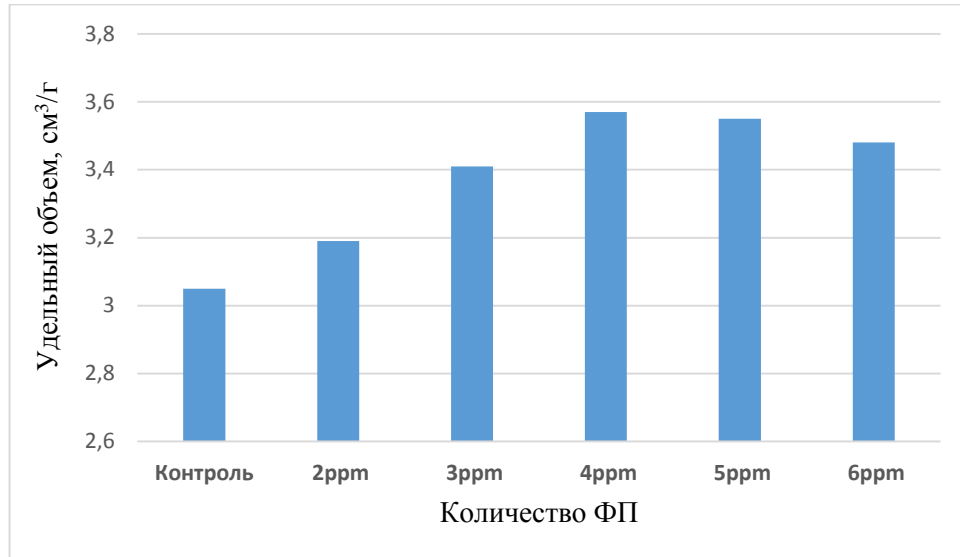


Рисунок 3 - Влияние Амилазы 1 на удельный объем хлеба

Добавление Амилазы 1 в количестве 3-5 ppm обеспечивало хорошую эластичность мякиша, светло-коричневый цвет корки и отсутствие его крошковатости.

Полученные результаты свидетельствуют об эффективности использования Амилазы 1 при переработке пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта с пониженной автолитической активностью. При этом эффект улучшения качества хлеба достигается при более высоком расходе ФП. Вероятно, это обусловлено увеличением количества декстринов и мальтозы при гидролизе крахмала муки, что в результате ускоряет процесс брожения теста, интенсифицирует накопление мальтозы, необходимой для жизнедеятельности хлебопекарных дрожжей. Повышение степени сахаро- и газообразования в тесте способствует увеличению объема хлеба, пористости мякиша. Дополнительное количество редуцирующих сахаров способствует более интенсивному процессу меланоидинообразования и в результате потемнению верхней корки хлеба. Следствием более глубокого

гидролиза крахмала является и снижение крошковатости мякиша в результате накопления декстринов в большем количестве.

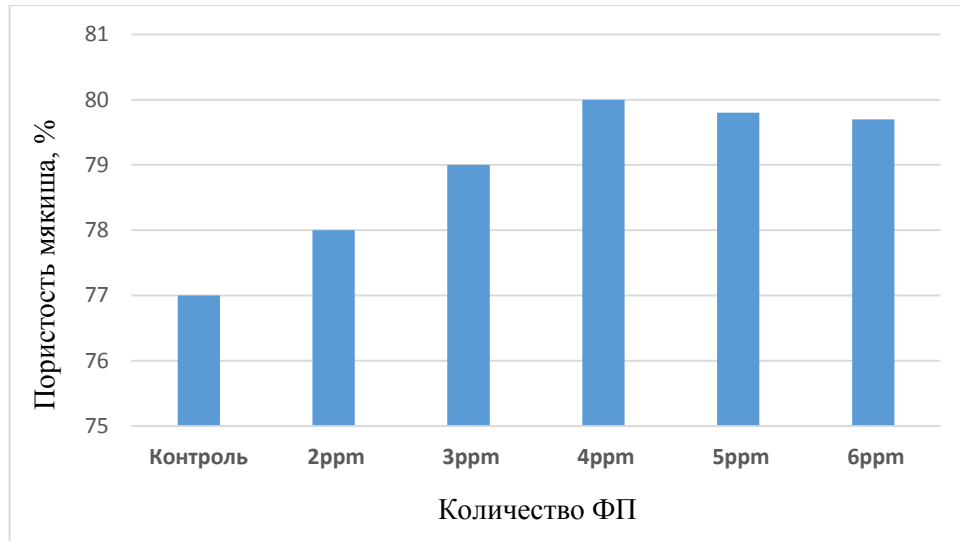


Рисунок 4 - Влияние Амилазы 1 на пористость мякиша хлеба

Обобщая данные физико-химического и органолептического анализов, определили оптимальный расход Амилазы 1 (4 ppm) при изготовлении хлеба из муки пшеничной высшего сорта с пониженной автолитической активностью.

Далее исследовали влияние Амилазы 2 с α -амилазной активностью на показатели качества хлеба из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта (проба 1, ЧП 290 с) с удовлетворительной автолитической активностью при ускоренном способе приготовления теста (Приложение 4). Дозировки Амилазы 2 (2500 FAU/g) применяли в количестве от 1 до 8 ppm.

Из данных, представленных в приложении 4 видно, что степень влияния Амилазы 2 на физико-химические и органолептические показатели качества хлеба зависит от расхода: с повышением количества Амилазы 2 от 1 до 8 ppm возрастал удельный объём хлеба - на 5,7-19,3 % (рисунок 5) и пористость мякиша - на 1,2-2,5 %, однако снижалась формоустойчивость хлеба - на 2,4-16,7 %.

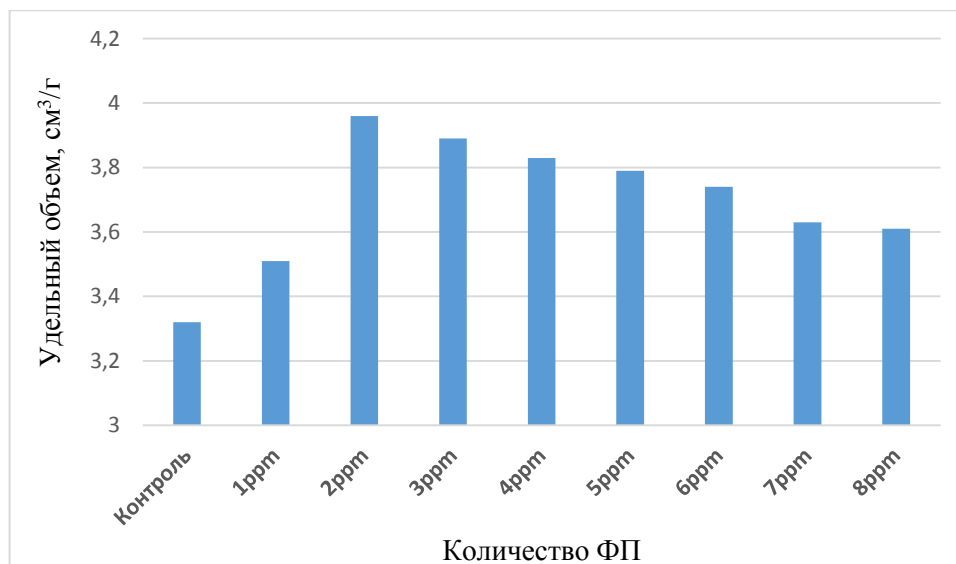


Рисунок 5 - Влияние Амилазы 2 на удельный объем хлеба

Наибольшим удельным объемом и формоустойчивостью обладал образец, приготовленный с 2 ppm Амилазы 2.

При увеличении количества Амилазы 2 от 1 до 8 ppm цвет корки хлеба изменялся от желтого до коричневого, вкус и запах - более интенсивные. Добавление Амилазы 2 в количестве 2-6 ppm обеспечивало хорошую эластичность мякиша и отсутствие его крошковатости.

Полученные результаты показывают, что при использовании Амилазы 2 в количестве 2 ppm (5,0 FAU/kg) при изготовлении хлеба муки из пшеничной высшего сорта с удовлетворительной автолитической активностью хлеб отличался от контроля более высоким удельным объемом, не крошащимся и эластичным мякишем.

Результаты определения влияния количества Амилазы 2 на качество хлеба из муки с пониженной автолитической активностью (проба 2, ЧП 440 с) при приготовлении теста ускоренным способом приведены в приложении 5.

Из данных приложения 5 видно, что применение Амилазы 2 влияет на физико-химические и органолептические показатели качества хлеба из муки с пониженной автолитической активностью: с повышением расхода Амилазы 2 от 2 до 6 ppm удельный объем хлеба возрастал - на 5,5-18,1 % (рисунок 6), пористость мякиша - на 1,3-3,9 % (рисунок 7), но снижалась формоустойчивость хлеба - на 1,9-7,7 %.

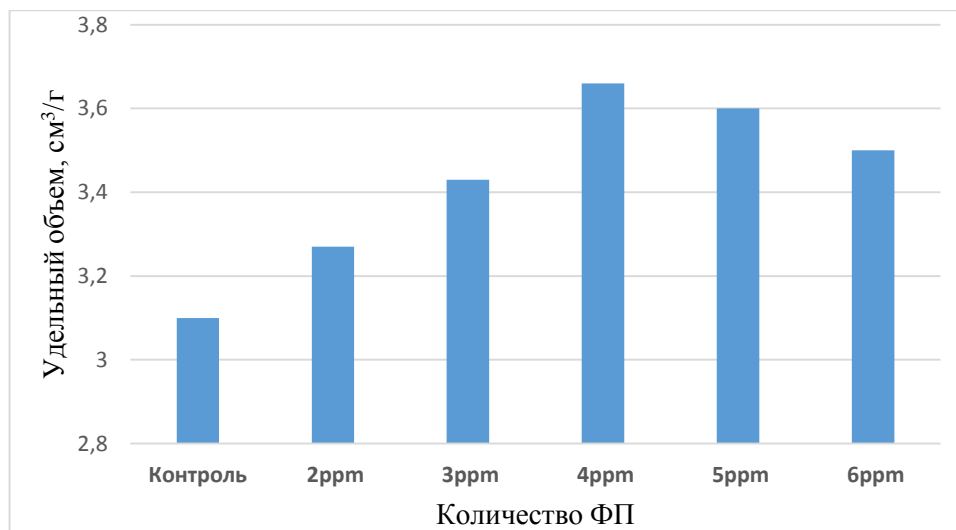


Рисунок 6 - Влияние Амилазы 2 на удельный объем хлеба

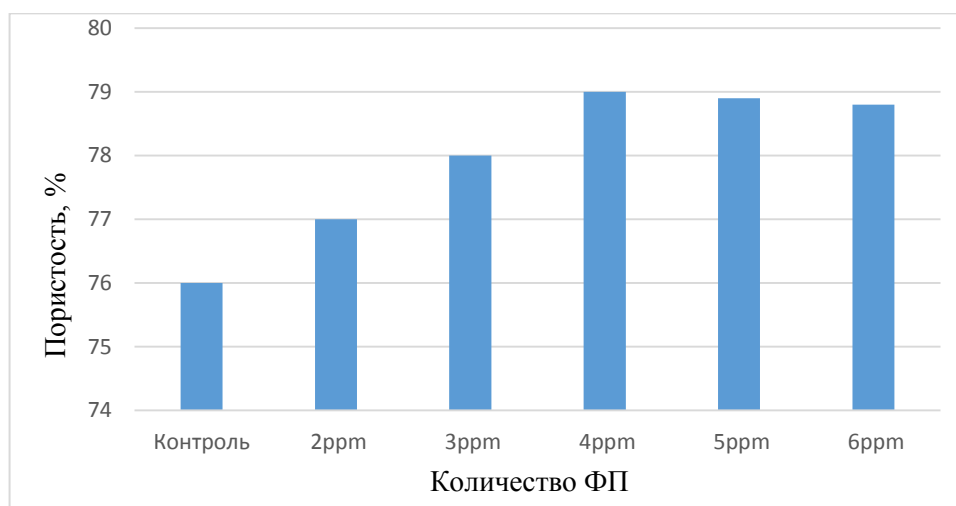


Рисунок 7 - Влияние Амилазы 2 на пористость мякиша хлеба

Образец, приготовленный с добавлением 4 ppm Амилазы 2, обладал наибольшим удельным объемом (3,66 см³/г) по сравнению с контролем. Добавление Амилазы 2 в количестве 3-5 ppm обеспечивало светло-коричневый цвет корки хлеба, хорошую эластичность мякиша, в количестве 2 и 6 ppm - среднюю эластичность мякиша, а в количестве 3-6 ppm предотвращало крошковатость мякиша.

Полученные данные свидетельствуют о том, что при изготовлении хлеба однофазным способом из муки пшеничной высшего сорта с пониженной автолитической активностью оптимальный расход Амилазы 2 составляет: 2 ppm при использовании пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта с

удовлетворительной автолитической активностью и 4 ppm - муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта с пониженной автолитической активностью.

Далее проводили исследования влияния Амилазы 1 и Амилазы 2 в установленных оптимальных дозировках на показатели качества хлеба из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта с разными показателями качества при ускоренном способе приготовления теста.

При приготовлении теста из муки с удовлетворительной амилолитической активностью (проба 1, ЧП 290 с) ФП - Амилазу 1 и Амилазу 2 вносили в количестве 2 ppm (5,0 ед. АС/кг и 5,0 FAU/kg), из муки с пониженной автолитической активностью (проба 2, ЧП 440 с) - 4 ppm (10,0 ед. Ас/ кг и 10,0 FAU/kg соответственно). Контрольные пробы теста готовили без добавления ферментных препаратов. Полученные результаты приведены в таблицах 7 и 8.

Данные таблицы 7 показывают, что различие в степени влияния Амилазы 1 и Амилазы 2 на физико-химические и органолептические показатели качества хлеба не существенны: применение Амилазы 1 увеличивает удельный объем хлеба - на 18,7 %, пористость мякиша - на 1,3 %, внесение Амилазы 2 повышает удельный объем хлеба - на 18,1 %, пористость мякиша на 2,5 % по сравнению с контролем. Добавление ферментных препаратов не влияет на кислотность мякиша хлеба, но снижает формоустойчивость опытных образцов на 2,4 % по сравнению с контролем.

Органолептический анализ показал, что с увеличением количества Амилазы 1 и Амилазы 2 цвет верхней корки опытных образцов хлеба темнеет - от желтого до светло-коричневого. Добавление ферментных препаратов и Амилазы 1 и Амилазы 2 улучшает эластичность мякиша и исключает его крошковатость.

Таблица 7 - Влияние ферментных препаратов Амилазы 1 и Амилазы 2 на качество хлеба из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта (проба 1) при ускоренном способе приготовления теста

Наименование показателей	Контроль без ФП	С добавлением ФП в количестве 2 % ppm (5,0 ед. АС/ кг и 5,0 FAU/kg)	
		Амилазы 1	Амилазы 2
Влажность мякиша, %	42,2	42,3	42,3
Пористость мякиша, %	80	81	82
Изменение к контролю, %	-	+1,3	+2,5
Кислотность мякиша, град	1,6	1,6	1,6
Удельный объем хлеба, см ³ /г	3,31	3,93	3,91
Изменение к контролю, %	-	+18,7	+18,1
Формоустойчивость (Н/Д)	0,41	0,40	0,40
Изменение к контролю, %	-	-2,4	-2,4
Органолептическая оценка:			
Внешний вид:			
форма	Правильная		
поверхность	Без подрывов и трещин		
Цвет корки	Желтый	Светло-коричневый	
Состояние мякиша:			
пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь		
цвет	Белый		
промес	Без комочков и следов непромеса		
эластичность	Средняя	Хорошая	
пористость	Неравномерная, средняя		
Вкус	Свойственный хлебу		
Запах	Свойственный хлебу		
Крошковатость мякиша	Слегка крошащийся	Не крошащийся	
Комкуемость мякиша при разжевывании	Отсутствует		

Ферментные препараты с α - амилазной активностью воздействуют на углеводный комплекс муки. Они способствуют образованию декстринов различной молекулярной массы и мальтозы при гидролизе крахмала муки, что в результате ускоряет процесс брожения теста, интенсифицирует накопление мальтозы, необходимой для жизнедеятельности хлебопекарных дрожжей, и процесс газообразования в тесте, и обуславливает улучшение качества хлебобулочных изделий. Дополнительное количество редуцирующих сахаров способствует более интенсивному процессу меланоидинообразования, карамелизации сахаров и, в результате потемнению верхней корки хлеба. Следствием более глубокого гидролиза крахмала является и снижение

крошковатости мякиша, в результате накопления декстринов в большом количестве.

Таблица 8 - Влияние ферментных препаратов Амилазы 1 и Амилазы 2 на качество хлеба из муки пшеничной высшего сорта (проба 2) при ускоренном способе приготовления теста

Наименование показателей	Контроль без ФП	С добавлением ФП в количестве 4 ppm (10,0 ед. АС/ кг и 10,0 FAU/kg)	
		Амилазы 1	Амилазы 2
Пористость мякиша, %	77	80	82
Изменение к контролю, %	-	+3,9	+6,5
Кислотность мякиша, град	1,6	1,6	1,6
Удельный объем хлеба, см ³ /г	3,06	3,48	3,46
Изменение к контролю, %	-	+13,7	+13,1
Формоустойчивость (Н/Д)	0,53	0,51	0,51
Изменение к контролю, %	-	-3,8	-3,8
Органолептическая оценка:			
Внешний вид: форма	Правильная		
поверхность	Без подрывов и трещин		
Цвет корки	Желтый	Светло-коричневый	
Состояние мякиша: пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь		
цвет	Белый		
промес	Без комочков и следов непромеса		
эластичность	Плохая	Хорошая	
пористость	Неравномерная, средняя		
Вкус	Свойственный хлебу		
Запах	Свойственный хлебу		
Крошковатость мякиша	Крошащийся	Не крошащийся	
Комкуемость мякиша при разжевывании	Отсутствует		

При приготовлении хлеба ускоренным способом из муки с пониженной автолитической активностью (проба 2, ЧП 440 с) видно, что различие в степени влияния Амилазы 1 или Амилазы 2 на физико-химические и органолептические показатели качества хлеба не существенны: при внесении Амилазы 1 пористость мякиша увеличивается на 3,9 %, удельный объем хлеба - на 13,7 %, при внесении Амилазы 2 пористость мякиша увеличивается на 6,5 %, удельный объем - на 13,1 %. Кислотность мякиша при добавлении ферментных препаратов не изменялась,

формоустойчивость хлеба снижалась на 3,8 % по сравнению с формоустойчивостью контроля (таблица 8).

Органолептический анализ качества хлеба показывает, что цвет корки хлеба опытных образцов с Амилазой 1 или Амилазы 2 светло-коричневый, в отличие желтого цвета корки контроля; мякиш более эластичный и в отличие от контроля не крошащийся.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что применение Амилазы 1 и Амилазы 2 в количестве 2 ppm (5,0 ед. АС/кг и 5,0 FAU/kg) при использовании муки пшеничной высшего сорта с удовлетворительной автолитической активностью и в количестве 4 ppm (10,0 ед. АС/кг и 10,0 FAU/kg соответственно) при использовании муки пшеничной высшего сорта с пониженной автолитической активностью обеспечивают одинаковое изменение физико-химических и органолептических показателей качества хлеба.

На следующем этапе работы сравнивали влияние Амилазы 1 и Амилазы 2 на качество хлеба из муки пшеничной высшего сорта при опарном способе приготовления теста. Все количество ферментных препаратов (Амилазы 1 или Амилазы 2) вносили при замесе теста и при этом использовали муку пшеничную с удовлетворительной (проба 1) и пониженной автолитической активностью (проба 2).

В таблице 9 приведены параметры приготовления теста и показатели хлеба, приготовленного из муки с удовлетворительной автолитической активностью (проба 1, ЧП 290 с).

Установили, что кислотность мякиша хлеба при внесении Амилазы 1 и Амилазы 2 в тесто не изменялась, удельный объем хлеба при внесении Амилазы 1 увеличивался на 12,4 %, Амилазы 2 - на 11,7 %, пористость мякиша возрастала на 1,3 и 2,5 % соответственно, формоустойчивость хлеба при внесении одного и другого ферментных препаратов уменьшалась на 5,4 % по сравнению с контролем.

Органолептический анализ показал, что добавление Амилазы 1 или Амилазы 2 увеличивает интенсивность цвета корки хлеба от желтого до светло-

коричневого цвета, обеспечивает лучшую эластичность мякиша, он становится более нежным.

Таблица 9 - Влияние ферментных препаратов Амилазы 1 и Амилазы 2 на качество хлеба из муки пшеничной высшего сорта (проба 1) при опарном способе приготовления теста

Наименование показателей	Контроль без ФП	С добавлением ФП в количестве 2 ppm (5,0 ед. АС/ кг и 5,0 FAU/kg)	
		Амилазы 1	Амилазы 2
Пористость мякиша, %	80	81	81
Изменение к контролю, %	-	+1,3	+2,5
Кислотность мякиша, град	2,0	2,0	2,0
Удельный объем хлеба, см ³ /г	3,40	3,82	3,80
Изменение к контролю, %	-	+12,4	+11,7
Формоустойчивость (Н/Д)	0,37	0,35	0,35
Изменение к контролю, %	-	-5,4	-5,4
Органолептическая оценка:			
Внешний вид: форма	Правильная		
поверхность	Без подрывов и трещин		
Цвет корки	Желтый	Светло-коричневый	
Состояние мякиша: пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь		
цвет	Белый		
промес	Без комочков и следов непромеса		
эластичность	Средняя	Хорошая, более нежный	Хорошая, более нежный
пористость	Неравномерная, средняя		
Вкус	Свойственный хлебу		
Запах	Свойственный хлебу		
Крошковатость мякиша	Не крошащийся		
Комкуемость мякиша при разжевывании	Отсутствует		

В таблице 10 приведены результаты исследования влияния Амилазы 1 и Амилазы 2 на качество хлеба из муки пшеничной хлебопекарной (проба 2, ЧП 440 с) с пониженной автолитической активностью при опарном способе приготовления теста.

Проведенные испытания показали, что добавление Амилазы 1 или Амилазы 2 в количестве 4 ppm (10,0 ед. АС/кг и 10,0 FAU/kg соответственно) увеличивало удельный объем хлеба при внесении Амилазы 1 на 10,1 %, Амилазы 2 - на 10,7 %, повышало пористость мякиша на 2,5 % по сравнению с контролем. Однако формоустойчивость хлеба с Амилазой 1 была ниже на 5,7 % и с Амилазы 2 - на 3,8 %, чем у контрольного образца.

Таблица 10 - Влияние ферментных препаратов Амилазы 1 и Амилазы 2 на качество хлеба из муки пшеничной высшего сорта (проба 2) при опарном способе приготовления теста

Наименование показателей	Контроль без ФП	С добавлением ФП в количестве 4 ppm (10,0 ед. АС/ кг и 10,0 FAU/kg)	
		Амилазы 1	Амилазы 2
Пористость мякиша, %	79	81	81
Изменение к контролю, %	-	+2,5	+2,5
Кислотность мякиша, град	1,9	2,1	2,1
Удельный объем хлеба, см ³ /г	3,26	3,59	3,61
Изменение к контролю, %	-	+10,1	+10,7
Формоустойчивость (Н/Д)	0,53	0,50	0,51
Изменение к контролю, %	-	-5,7	-3,8
Органолептическая оценка:			
Внешний вид: форма	Правильная		
поверхность	Без подрывов и трещин		
Цвет корки	Желтый	Светло-коричневый	
Состояние мякиша: пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь		
цвет	Белый		
промес	Без комочков и следов непромеса		
эластичность	Средняя	Хорошая, более нежный	Хорошая, более нежный
пористость	Неравномерная, средняя		
Вкус	Свойственный хлебу		
Запах	Свойственный хлебу		
Крошковатость мякиша	Крошащийся	Не крошащийся	
Комкуемость мякиша при разжевывании	Отсутствует		

Амилаза 1 и Амилаза 2 способствовали увеличению интенсивности цвета корки от желтого до светло-коричневого, а также формированию более эластичного и нежного мякиша.

Обобщая данные физико-химического и органолептического анализов, установлено, что Амилаза 1 и Амилаза 2 в количестве 2 ppm (0,5 ед. АС/кг и 5,0 FAU/kg) при использовании муки пшеничной высшего сорта с удовлетворительной автолитической активностью и в количестве 4 ppm (10,0 ед. АС/кг и 10,0 FAU/kg соответственно) при использовании муки пшеничной высшего сорта с пониженной автолитической активностью при опарном способе приготовления теста оказывали одинаковое влияние на физико-химические и органолептические показатели хлеба.

Таким образом, проведенные исследования показали, что технологические свойства отечественного ФП Амилазы 1, проявленные в производстве хлеба из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта с удовлетворительной или с пониженной автолитической активностью практически одинаковы со свойствами ФП Амилазы 2 зарубежного производства.

Заключение по разделу 3.2.1

Проведенные исследования показали:

- применение отечественного ФП Амилазы 1 при приготовлении хлеба из пшеничной муки с удовлетворительной и пониженной автолитической активностью влияет на органолептические и физико-химические показатели качества хлеба;

- степень влияния зависит от расхода препарата и автолитической активности пшеничной муки;

- наибольший эффект при использовании муки с удовлетворительной автолитической активностью достигается при расходе Амилазы 1 в количестве 2 ppm (5,0 ед. АС/кг).

- наибольший эффект при использовании муки с пониженной автолитической активностью достигается при расходе Амилазы 1 в количестве 4 ppm (10,0 ед. АС/кг).

- технологические свойства отечественного ФП Амилазы 1, проявленные в производстве хлеба из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта с удовлетворительной или с пониженной автолитической активностью не отличаются от технологических свойств ФП зарубежного производства- Амилазы 2;

- указанные эффекты достигаются в результате того, что ферментные препараты, проявляющие амилолитическую активность, являются биокатализаторами, многократно увеличивающими скорость гидролиза крахмала, что приводит к увеличению сахарообразующей способности муки и газообразования в тесте. α - амилаза вызывает гидролитическое расщепление α -1,4-гликозидных связей внутри крахмала, в результате чего на первых стадиях

процесса гидролиза накапливаются декстрины, затем появляются тетра- и тримальтоза, которые очень медленно гидролизуются α -амилазой до ди- и моносахаридов. Повышение содержания сбраживаемых сахаров в тесте под действием амилолитических ферментов приводит к интенсификации процесса созревания полуфабрикатов. Дополнительное количество редуцирующих сахаров также имеет огромное значение в образовании ароматобразующих веществ хлеба, способствует более интенсивному процессу меланоидинообразования, т.е. продуктов, обеспечивающих ценные качества хлеба - его вкус и аромат.

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

С целью установления оптимальных дозировок исследовали влияние количества отечественного ФП Ксиланазы 1 на органолептические и физико-химические показатели качества хлеба из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта. В связи с тем, что Ксиланаза 1 - комплексный ФП - носитель нескольких ферментативных активностей, среди которых одной из максимальных является эндо-ксилазная активность, для сравнения использовали ФП зарубежного производства Ксиланазу 2 с эндо-ксилазной активностью. Ксиланазу 1 использовали в количестве от 5 до 50 ppm, что соответствует 5,4 - 54,0 ед. КсА/кг.

При исследовании влияния Ксиланазы 1 на показатели качества хлеба использовали муку пшеничную хлебопекарную высшего сорта с удовлетворительно крепкой клейковиной. Тесто готовили по рецептуре и параметрам, приведенным в разделе 2.2.3 ускоренным и опарным способами, анализ качества хлеба (подового) проводили по методам, указанным в разделе 2.2.4. ФП предварительно растворяли в воде температурой 25-30 °С, контрольные пробы теста готовили без ФП.

На графике (рисунок 8) приведены результаты исследований влияния Ксиланазы 1 на показатели качества хлеба (проба 1) при ускоренном способе приготовления теста.

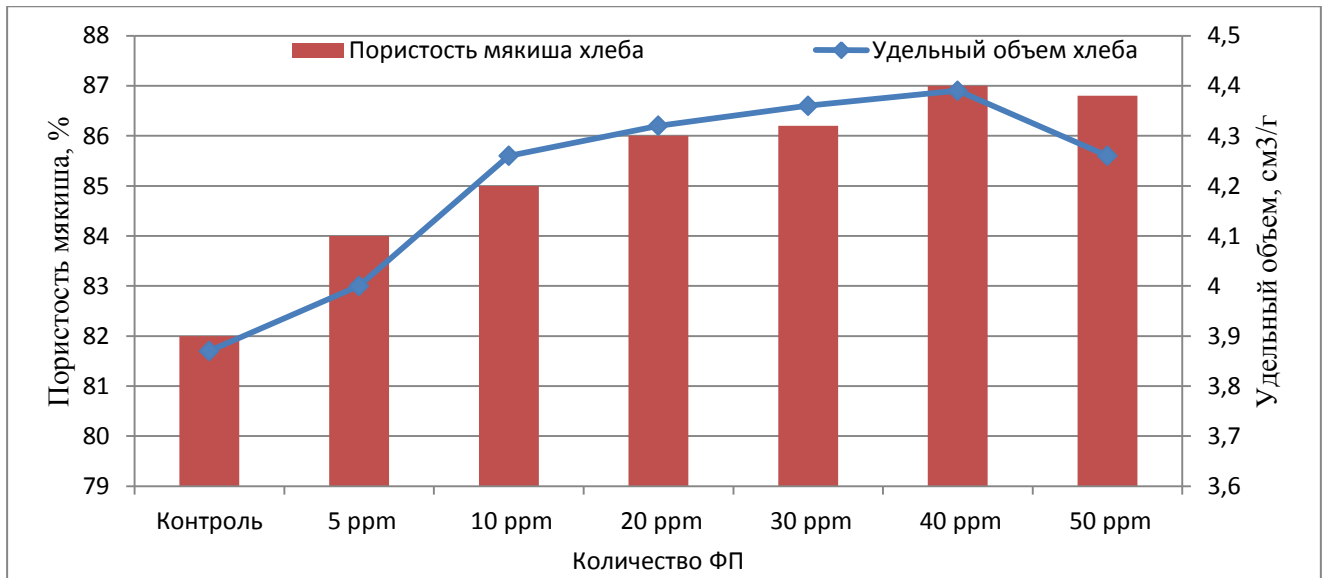


Рисунок 8 - Влияние Ксиланазы 1 на удельный объем и пористость мякиша хлеба

Установлено (Приложение б), что Ксиланазы 1 влияет на органолептические и физико-химические показатели качества хлеба. Степень влияния зависит от ее количества: введение 20 - 40 ppm Ксиланазы 1 обеспечивает формирование более тонкостенной пористости мякиша; в количестве 50 ppm снижает эластичность мякиша и приводит к комкуемости его при разжевывании. По мере увеличения количества от 5 до 50 ppm препарата мякиш становится более светлым, что, очевидно, обусловлено изменением структуры пористости. С повышением расхода ФП от 5 до 50 ppm возрастает пористость мякиша на 1,2 - 6,0 %, от 5 до 40 ppm - удельный объем хлеба на - 3,4 - 13,4 %, но при добавлении препарата в большем количестве - 50 ppm степень повышения удельного объема хлеба снижается - прирост удельного объема составляет - 9,5 %. При расходе Ксиланазы 1 от 10 до 50 ppm снижается формоустойчивость хлеба на 2,4 - 11,9 % по сравнению с контролем.

Указанные изменения, очевидно, обусловлены тем, что Ксиланазы 1 - это комплексный препарат, который кроме эндо-ксиланазной активности включает и другую: экзо-пептидазную, которая в определенной степени гидролизует некрахмальные полисахариды и обуславливает их гидролиз. Повышение доли низкомолекулярных продуктов и деполимеризация макромолекул муки

расслабляет структуру теста, что и приводит затем к снижению формоустойчивости хлеба.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что оптимальной дозировкой Ксиланазы 1 при приготовлении хлеба из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта с удовлетворительно крепкой клейковиной является 30 ppm. Поскольку наибольшей активностью данного ФП является эндо-ксиланазная, в дальнейшем расход препарата рассчитывали по этой активности.

С учетом полученных данных на рисунке 8 приведены результаты исследования влияния Ксиланазы 1 в оптимальной дозировке на показатели качества хлеба из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта с удовлетворительно крепкой клейковиной (проба 1) при опарном способе приготовления теста. Полученные результаты приведены в таблице 11.

Выявлено, что Ксиланазы 1 в количестве 30 ppm (32 ед. КсА/кг) обеспечивает более светлый с более тонкостенной пористостью мякиш, повышает удельный объем хлеба на 10,2 %, пористость мякиша - на 3,6 %.

Для сравнения эффективности действия отечественного ФП Ксиланазы 1 и ФП зарубежного производства - Ксиланазы 2 с эндо-ксиланазной активностью проводили лабораторные выпечки с использованием муки пшеничной высшего сорта (проба 1) с удовлетворительно крепкой клейковиной. Тесто готовили по рецептуре и параметрам, приведенным в разделе 2.2.3 ускоренным и опарным способами, анализ качества хлеба (подового) проводили по методам, указанным в разделе 2.2.4.

Таблица 11 - Влияние количества Ксиланазы 1 на показатели качества хлеба из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта (проба 1) при опарном способе приготовления теста

Наименование показателей	Контроль без ФП	С добавлением ФП в количестве 30 ppm (32 ед.КсА/ кг)
Влажность мякиша, %	42,0	42,1
Кислотность мякиша, град.	2,0	2,0
Пористость мякиша, %	83	86
Прирост, % к контролю		+ 3,6
Удельный объем хлеба, см ³ /г	4,12	4,54
Прирост, % к контролю		+10,2
Формоустойчивость (Н/Д)	0,38	0,36
Прирост, % к контролю		-5,3
Органолептическая оценка:		
Внешний вид: форма	Правильная	
Поверхность корки	Гладкая	
Состояние мякиша:		
цвет	Белый, с ферментными препаратами – более светлый	
эластичность	Хорошая	Хорошая
пористость:		
по крупности	Средняя	Мелкая и средняя
по равномерности	Неравномерная	Равномерная
по толщине стенок пор	Тонкостенная	Более тонкостенная
липкость	Отсутствует	
Вкус	Свойственный хлебу	
Запах	Свойственный хлебу	
Крошковатость	Не крошащийся	

По данным научно-технической литературы при переработке муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта в зависимости от качества муки используют ФП с ксиланазной активностью в количестве от 5,0 до 10,0 ед. КсА/г муки [137]. В связи с этим Ксиланазу 2 использовали в количестве от 10 до 50 ppm. Тесто готовили по рецептуре и параметрам, приведенным в разделе 2.2.3 однофазным и опарным способами из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта с удовлетворительно крепкой клейковиной, анализ качества хлеба (подового) проводили по методам, указанным в разделе 2.2.4.

В Приложении 7 приведены полученные результаты исследований влияния ФП Ксиланазы 2 на показатели качества хлеба из муки пшеничной высшего сорта

с удовлетворительной крепкой клейковиной при ускоренном способе приготовления теста и использовании ФП в количестве от 10 до 50 ppm

Установлено, что Ксиланаза 2 влияет на органолептические и физико-химические показатели качества хлеба, степень влияния которого зависит от его количества. Ксиланаза 2 в количестве 20 - 40 ppm обеспечивает формирование более тонкостенного мякиша. Введение 50 ppm ФП от массы муки снижает эластичность мякиша, и он комкуется при разжевывании. По мере увеличения расхода препарата мякиш становится более светлым, что, очевидно, обусловлено изменением структуры пористости. С повышением расхода препарата от 10 до 50 ppm возрастает пористость мякиша на 2,4 - 6,1 %, от 10 до 40 ppm - удельный объём хлеба на - 7,4 - 10,3 % (рисунок 9), при 50 ppm препарата - на 9,7 %. При расходе Ксиланазы 2 от 10 до 50 ppm снижается формоустойчивость хлеба на 2,4 - 9,7 % по сравнению с контролем.

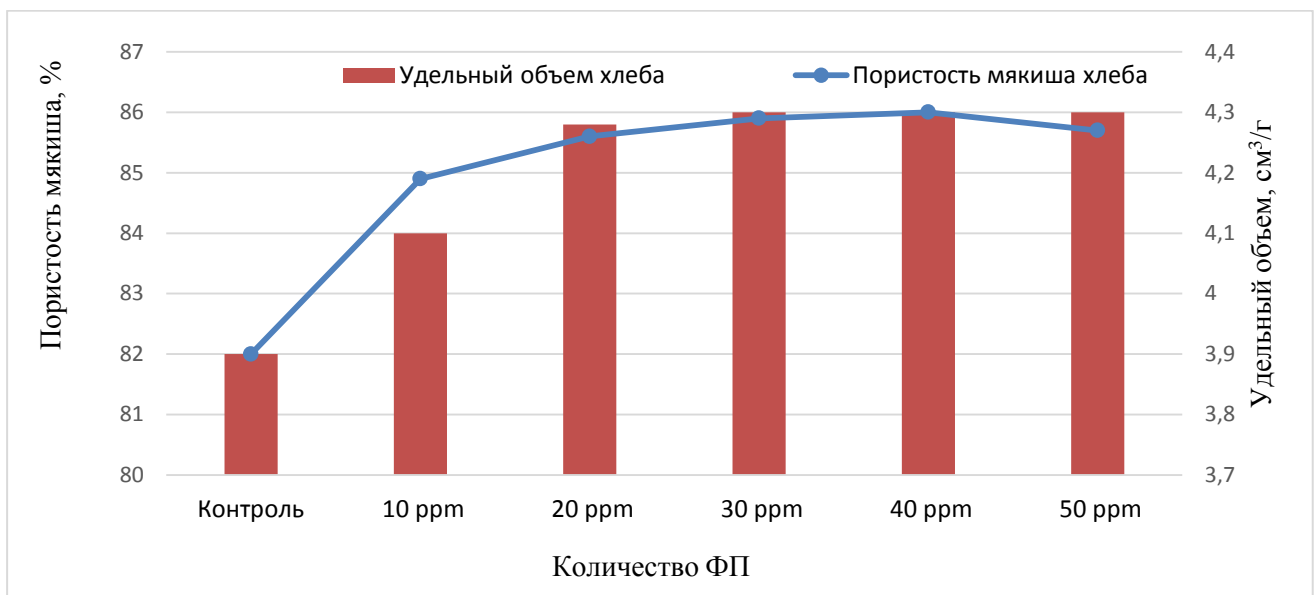


Рисунок 9 - Влияние Ксиланазы 2 на удельный объем и пористость мякиша хлеба

Наилучшие физико-химические и органолептические показатели качества хлеба из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта с удовлетворительно крепкой клейковиной достигались при добавлении Ксиланазы 2 в количестве 20 ppm (50,0 FXU/kg).

При опарном способе приготовления теста и введения в рецептуру 20 ppm Ксиланазы 2 установлено улучшение органолептических показателей (более светлый мякиш с тонкостенной пористостью) и увеличение удельного объема хлеба на 9,5%, пористости мякиша - на 2,4 % по сравнению с контрольным образцом (таблица 12).

Таблица 12 - Влияние количества Ксиланазы 2 на показатели качества хлеба из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта (проба 1) при опарном способе приготовления теста

Наименование показателей	Контроль без ФП	С добавлением ФП в количестве 20 ppm (50,0 ед. FXU/кг)
Влажность мякиша, %	42,1	41,9
Кислотность мякиша, град.	2,0	2,0
Пористость мякиша, %	82	84
Прирост, % к контролю		+ 2,4
Удельный объем хлеба, см ³ /г	4,00	4,38
Прирост, % к контролю		+9,5
Формоустойчивость (Н/Д)	0,38	0,36
Прирост, % к контролю		-5,3
Органолептическая оценка:		
Внешний вид: форма	Правильная	
Поверхность корки	Гладкая	
Состояние мякиша:		
цвет	Белый, с ферментными препаратами – более светлый	
эластичность	Хорошая	Хорошая
пористость:		
по крупности	Средняя	Мелкая и средняя
по равномерности	Неравномерная	Равномерная
по толщине стенок пор	Тонкостенная	Более тонкостенная
липкость	Отсутствует	
Вкус	Свойственный хлебу	
Запах	Свойственный хлебу	
Крошковатость	Не крошащийся	

В таблице 13 приведены результаты определения влияния Ксиланазы 1 и Ксиланазы 2 на показатели качества хлеба из муки пшеничной высшего сорта (проба 5) с хорошей клейковиной 1 группы качества. Ферментные препараты использовали в количествах Ксиланазы 1 - 30 ppm (32 ед. КсА/кг), Ксиланазы 2 - 20 ppm (50,0 FXU/kg).

Установлено, что Ксиланаза 1 и Ксиланазы 2 в выбранных количествах обеспечивают формирование более светлого мякиша и с более тонкостенной равномерной пористостью, по сравнению с контролем.

Таблица 13 - Влияние ферментных препаратов Ксиланазы 1 и Ксиланазы 2 на показатели качества хлеба из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта (проба 5) при ускоренном способе приготовления теста

Наименование показателей	Контроль без ФП	С добавлением ФП в количестве, ppm	
		Ксиланаза 1 30	Ксиланаза 2 20
Влажность мякиша, %	42,2	42,1	42,2
Кислотность мякиша, град.	2,0	2,0	2,0
Пористость мякиша, %	82	87	86
Прирост, % к контролю		+ 6,1	+ 4,9
Удельный объем хлеба, см ³ /г	3,70	4,11	4,02
Прирост, % к контролю		+11,1	+8,6
Формоустойчивость хлеба, (Н/D)	0,41	0,39	0,40
Прирост, % к контролю		-4,8	-2,4
Органолептическая оценка			
Внешний вид хлеба: форма	Правильная		
поверхность корки	Гладкая		
цвет корки	Светло-коричневый		
Состояние мякиша:	Хорошая		
цвет	Белый	Белый, более светлый	
эластичность	Средняя	Хорошая	
пористость:			
по крупности	Средняя	Мелкая	
по равномерности	Неравномерная	Равномерная	
по толщине стенок пор	Тонкостенная	Более тонкостенная	
липкость	Отсутствует		
Вкус	Свойственный данному изделию		
Запах	Свойственный данному изделию		
Комкуемость мякиша при разжевывании	Отсутствие	Отсутствие	
Крошковатость	Не крошащийся		

Удельный объем и пористость мякиша опытных образцов хлеба были выше по сравнению с контролем: Ксиланаза 1 обеспечивает увеличение удельного объема хлеба - на 11,1 %, Ксиланазы 2 - на 8,6 %, пористости мякиша - на 6,1 и 4,9 % соответственно. Добавление ферментных препаратов в оптимальных дозировках приводит к незначительному снижению формоустойчивости хлеба.

Полученные данные свидетельствуют о том, что отечественный комплексный ФП Ксиланаза 1 по сравнению с ФП зарубежного производства -

Ксиланазой 2 по технологическим свойствам также эффективен в производстве хлебобулочных изделий из пшеничной муки с удовлетворительно крепкой и хорошей клейковиной по качеству.

Заключение по разделу 3.2.2

Проведенные исследования показали:

- применение отечественного ФП Ксиланазы 1 при приготовлении хлеба из пшеничной муки с удовлетворительно крепкой и хорошей клейковиной по качеству оказывает положительное влияние на органолептические и физико-химические показатели качества хлеба;

- наибольший эффект при использовании муки с удовлетворительно крепкой и хорошей клейковиной по качеству достигается при дозировке Ксиланазы 1 в количестве 30 ppm (32 ед. КсА/кг), а Ксиланазы 2 в количестве 20 ppm (50,0 FXU/kg).

Технологические свойства отечественного ФП Ксиланазы 1, выявленные в процессе производства хлеба из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта с удовлетворительно крепкой и хорошей клейковиной по качеству аналогичны ФП зарубежного производства - Ксиланазе 2.

В результате проведенных исследований подтверждены данные о том, что ферментные препараты с эндо-ксиланазной активностью в оптимальных количествах улучшают качество хлеба, в том числе структуру мякиша (формируется более тонкостенная пористость).

Вероятно, это связано с действием эндо-ксиланаз на растворимые и нерастворимые пентозаны муки, что приводит к увеличению доли водорастворимой фракции пентозанов, обусловленное перераспределением влаги между структурными компонентами, в частности, группами некрахмальных полисахаридов и белков клейковины, что приводит к более полному образованию 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 способствует

повышению объема хлеба, а также улучшению структуры пористости и осветлению мякиша.

Повышенный расход ФП, очевидно, приводит к частичной деструкции клейковины, снижает формоустойчивость хлеба и упругость мякиша, отрицательно отражается на разжевываемости мякиша - он комкуется.

Незначительное различие в степени влияния на показатели качества хлеба при применении Ксиланазы 2 (ФП с моноактивностью - эндо-ксиланазной) и комплексного ФП - Ксиланазы 1, очевидно, обусловлены, наличием сопутствующей экзо-пептидазной активности, влияющей на степень гидролиза белков муки. По ряду показателей (эластичность теста, удельный объем и пористость мякиша) отечественный ФП превосходит зарубежный ФП.

Полученные результаты проведенных исследований свидетельствуют о целесообразности применения отечественного комплексного ФП Ксиланазы 1 для улучшения качества хлеба из пшеничной муки с удовлетворительно крепкой и крепкой клейковиной, а также для создания мультэнзимных композиций.

3.3 Исследование влияния ферментных препаратов с α - амилазной, эндо-ксиланазной 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

Использование инструментальных методов анализа обеспечивает объективную оценку влияния ферментных препаратов на биополимеры муки. В исследованиях использовали приборы Амилограф и Реоферментометр по методикам, описанным в разделе 2.2.2, изучали влияние ферментных препаратов Амилазы 1 и Амилазы 2 на хлебопекарные свойства пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта с разной автолитической активностью (проба муки 3 - с удовлетворительной и проба 2 - с пониженной). Дозировки ФП составили для

пробы муки 5 - 2 ppm, для пробы 2 - 4 ppm. В Приложении 8 и на рисунке 11 представлены полученные результаты.

Установлено (Рисунок 10), что при использовании муки с удовлетворительной автолитической активностью Амилаза 1 и Амилаза 2 снижают максимальную вязкость водно-мучной суспензии на 1,6 и 1,5 %; повышают газообразующую способность муки на 4,8 и 11,4 %; понижают коэффициент газодержания на 19,8 и 18,2 %; увеличивают максимальную высоту поднятия теста под нагрузкой (этот показатель коррелирует с объёмом хлеба) на 1,3 и 13,6 %; на 18 и 12 мин время достижения максимума газообразования соответственно. При использовании муки с пониженной автолитической активностью Амилаза 1 и Амилаза 2 снижают максимальную вязкость водно-мучной суспензии на 3,0 и 2,8 %; повышают газообразующую способность муки на 13,7 и 10,0 %; понижают коэффициент газодержания на 5,8 и 5,4 %; увеличивают максимальную высоту поднятия теста под нагрузкой (этот показатель коррелирует с объёмом хлеба) на 13,3 и 13,3 % и на 18 - 25 мин время достижения максимума газообразования соответственно. Наибольший улучшающий хлебопекарные свойства эффект достигается при использовании муки с пониженной автолитической активностью.

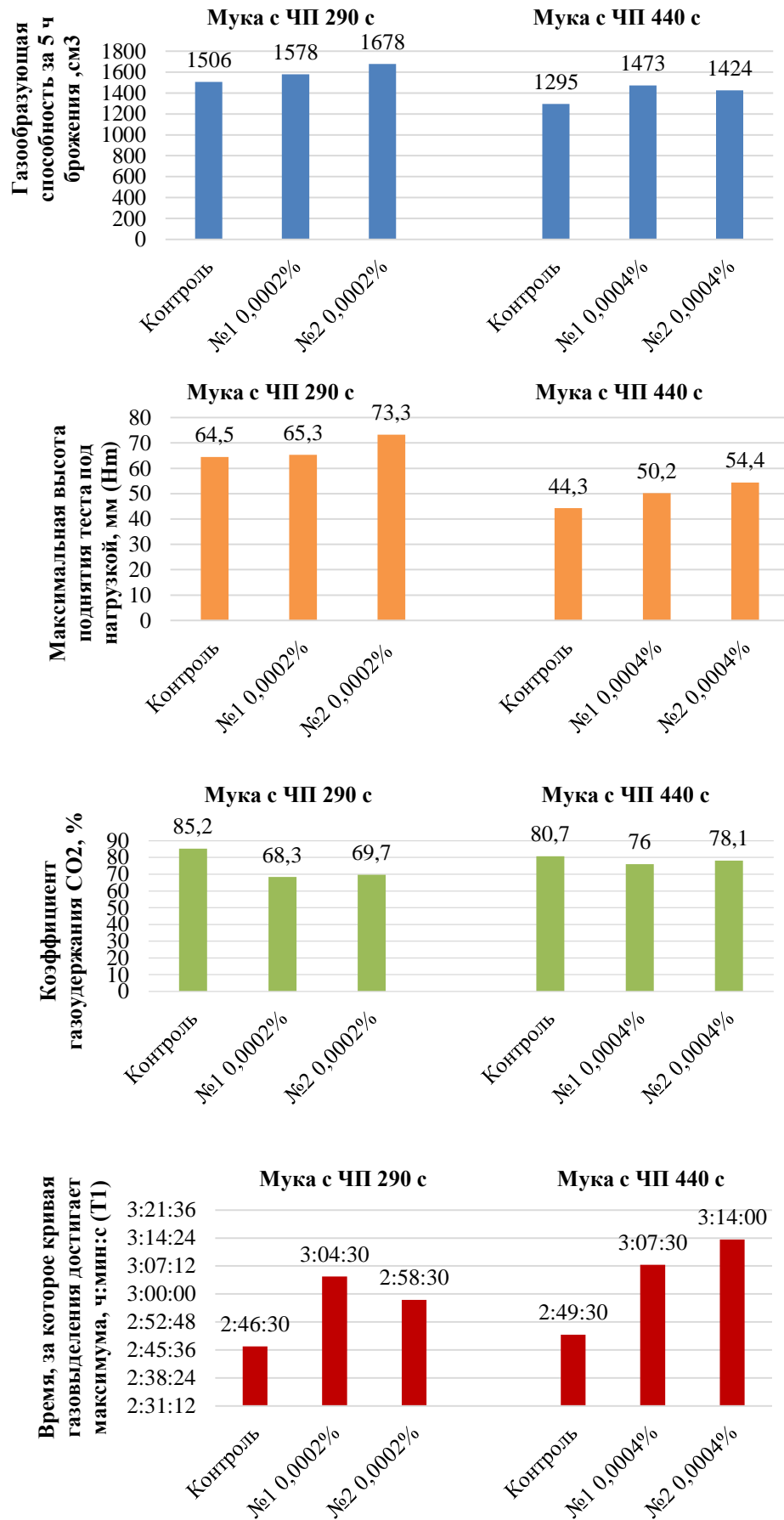


Рисунок 10- Влияние количества Амилазы 1 (№1) и Амилазы 2 (№2) на хлебопекарные свойства муки различного качества

Установленные 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, ускоряя при этом процесс брожения теста.

Следует отметить, что в сочетании с воздействием на крахмал теста в процессе выпечки применение данных ферментных препаратов заметно улучшают органолептические и физико-химические показатели качества хлеба, что подтверждают результаты исследований, изложенных в разделе 3.2.

Проведенные исследования свидетельствуют об эффективности применения Амилазы 1 в повышении автолитической активности пшеничной муки и его высокие технологические свойства в сравнении с зарубежным аналогом - Амилазой 2.

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 характеризует одно из основных хлебопекарных свойств пшеничной муки - способность теста из муки, воды и дрожжей образовывать определенное количество диоксида углерода. Сахарообразующая способность муки обусловлена действием амилолитических ферментов на крахмал и зависит от количества и активности этих ферментов и от атакуемости крахмала муки.

Сахарообразующую способность муки и содержание глюкозы, мальтозы и декстринов в хлебе из пшеничной хлебопекарной муки (проба 1) определяли методами, указанными в разделе 2.2.5.2. Амилазу 1 использовали в количестве 2 ppm.

Полученные данные приведены в таблице 14.

Таблица 14 - Влияние Амилазы 1 на сахарообразующую способность муки и содержание глюкозы, мальтозы и декстринов в мякише хлеба

Наименование показателя	Контроль без ФП	При расходе ФП 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

В результате проведенных исследований установлено, что Амилаза 1 повышает сахарообразующую способность муки на 12,5 %, что обусловлено повышением содержания в мякише хлеба мальтозы и декстринов, количество которых возрастает на 16,4 и 9,1 % соответственно.

При этом следует отметить, что согласно результатам исследований, приведенных в разделе 3.2, применение Амилазы 1 не приводит к комкуемости мякиша, а повышает его эластичность, объем хлеба и улучшает вкус и запах.

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

Известна важная роль собственных протеаз и эндо-ксилаз муки, а также внесенных ферментных препаратов с протеолитической и эндо-ксилазной активностями на свойства клейковины, реологические характеристики теста и качество хлеба из пшеничной муки [56, 81].

В данном разделе приведены результаты исследований определения влияния Ксиланазы 1, обладающего эндо-ксилазной и сопутствующей экзо-пептидазной активностью и Ксиланазы 2 с эндо-ксилазной активностью на качество и количество клейковины пшеничной хлебопекарной муки и теста.

Тесто замешивали по рецептуре, %: мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта - 100,0, дрожжи хлебопекарные прессованные - 3,0, соль пищевая - 1,5, вода питьевая - 55,75. В опытные пробы добавляли Ксиланазу 1 и Ксиланазу 2 в количествах 30 ppm и 20 ppm соответственно (раздел 3.2). Тесто замешивали из 200 г муки (проба 1), клейковину отмывали по ГОСТ 27839 из проб теста, отобранных в количестве 40 г сразу после замеса и через 2,5 ч брожения.

Полученные результаты приведены в таблице 15.

Таблица 15 - Влияние ферментных препаратов Ксиланазы 1 и Ксиланазы 2 на количество и качество клейковины

Наименование показателя	Контроль без ФП		Показатели проб с добавлением ФП			
	После замеса теста	через 2,5 ч брожения	Ксиланазы 1		Ксиланазы 2	
			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
ИДК, усл. ед прибора	50,0	30,0	50,0	20,0	50,0	25,0
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 количество и качество сырой клейковины, отмытой после замеса теста из контрольной пробы, проб с Ксиланазой 1 или Ксиланазой 2, различались незначительно и составляли: количество сырой клейковины - 27,8; 28,1 и 28,5 %, сухой клейковины - 8,7; 9,0 и 9,1 %, гидратационная способность - 166,7; 167,8 и 167,8 % соответственно.

После 2,5 ч брожения теста количество отмываемой сырой клейковины сократилось: у контроля на 17,2 %; проб с Ксиланазой 1 и Ксиланазой 2 - на 14,6 и 15,4 % соответственно, а количество сухой клейковины - на 17,2; 14,4 и 12,1 % соответственно. Гидратационная способность клейковины контрольной пробы и пробы с Ксиланазой 2 уменьшилась на 7,8 и 3,0 % соответственно, но возросла в пробе с Ксиланазой 1 на 4,0 %.

Снижение количества сырой и сухой клейковины в процессе брожения теста, очевидно, обусловлено пептизацией белков клейковины под воздействием кислот, образующихся в результате жизнедеятельности дрожжей и молочнокислых бактерий, а также вследствие гидролиза белков протеолитическими ферментами муки. В результате повышается количество растворимых белков, которые при отмывании клейковины удаляются с водой, и в результате снижается количество клейковины.

Снижение количества сырой клейковины в опытных пробах, по сравнению с контролем, в меньшей степени, очевидно, обусловлено действием эндо-ксиланаз Ксиланазы 1 и Ксиланазы 2, что согласуется с известными данными о том, что эндо-ксиланазы напрямую или опосредовано повышают прочность клейковины [12, 81].

Меньшее снижение количества сухой клейковины в пробе с Ксиланазами по сравнению с контролем соответствует меньшему снижению количества сырой клейковины. Помимо этого, степень понижения гидратационной способности клейковины, отмывой из теста с Ксиланазой 2 также ниже, чем гидратационная способность контрольной пробы.

Меньшее количество сухой клейковины пробы с Ксиланазой 1, по сравнению с количеством сухой клейковины пробы с Ксиланазой 2 можно объяснить большей степенью пептизации белков муки и повышением количества растворимых белков. Возможно, это является результатом интенсификации процесса кислотообразования за счет повышения содержания питательных веществ, необходимых для жизнедеятельности хлебопекарных дрожжей, -

низкомолекулярных пептидов, образующихся в результате действия экзопептидазы Ксиланазы 1.

Однако при меньшем содержании сухой клейковины в пробе теста с Ксиланазой 1, количество сырой клейковины из этой пробы практически одинаково с количеством сырой клейковины пробы с Ксиланазой 2. Очевидно, это обусловлено большей гидратационной способностью клейковины, отмытой из теста с Ксиланазой 1, по сравнению с гидратационной способностью клейковины, отмытой из теста с Ксиланазой 2.

Полученные результаты согласуются с данными научно-технической литературы: умеренный протеолиз белков муки ведёт к более полному формированию клейковины, увеличению её гидратации [81]. В повышении гидратационной способности клейковины, отмытой из пробы с Ксиланазой 1, возможно, имеет значение и β -глюканаза, способствующая повышению вязкости водно-мучных сред, гидролизующая водонерастворимые арабиноксиланы, уменьшая при этом их степень полимеризации и повышая содержание фракций средне- и низкомолекулярных арабиноксиланов. Вследствие этого высвобождается поглощенная нерастворимыми арабиноксиланами влага и происходит ее перераспределение между структурными компонентами теста, преимущественно между клейковинными белками и пентозанами, то есть дополнительная гидратация белков клейковины повышает ее растяжимость и улучшает упруго-эластичные свойства теста.

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

По растворимости белки муки делятся на четыре группы: водорастворимые (альбумины), солерастворимые (глобулины), щелочерастворимые (глютелины) и спирторастворимые (проламины). Наиболее высокую биологическую ценность имеют альбумины, так как в их составе все незаменимые аминокислоты содержатся почти в оптимальных соотношениях. Глобулины также характеризуются довольно хорошо сбалансированным аминокислотным составом,

хотя содержание некоторых незаменимых аминокислот у них по сравнению с альбуминами понижено. Щелочерастворимые белки характеризуются дефицитом лизина, триптофана и метионина. Самую низкую биологическую ценность по сравнению с другими белковыми фракциями имеют проламины. Они отличаются низким содержанием таких незаменимых аминокислот, как лизин, триптофан, метионин, и высокой концентрацией глутаминовой кислоты и пролина.

От фракционного состава белков муки зависят свойства теста и качество хлеба. В данном разделе приведены результаты определения влияния Ксиланазы 1 в сравнении с Ксиланазой 2 на фракционный состав белков пшеничной муки и теста в соответствии с установленными дозировками 30 ppm и 20 ppm соответственно (раздел 3.2).

Тесто готовили из 300 г муки по рецептуре, приведенной в разделе 3.3.3. После замеса тесто подвергали брожению в течение 60 мин при температуре 30 ± 2 °С, формовали тестовые заготовки в виде шара и помещали их в расстойный шкаф. Условия расстойки: температура - 36-38 °С, относительная влажность воздуха - 76-78 %, продолжительность - 53-55 мин. Пробы из теста отбирали в количестве 40 г сразу после замеса, после брожения теста и после расстойки тестовых заготовок.

Установлено что после замеса теста в контроле и пробах с Ксиланазой 1 или Ксиланазой 2 по сравнению с мукой количество альбуминов уменьшается на 22,0; 28,4 и 32,8 %, глобулинов - на 50,0; 46,5 и 47,0 % и проламинов - на 53,9; 48,9 и 47,2 %. При этом содержание глютелинов увеличивается на 56,7; 66,7 и 61,5 % соответственно.

Полученные результаты представлены на рисунке 11.

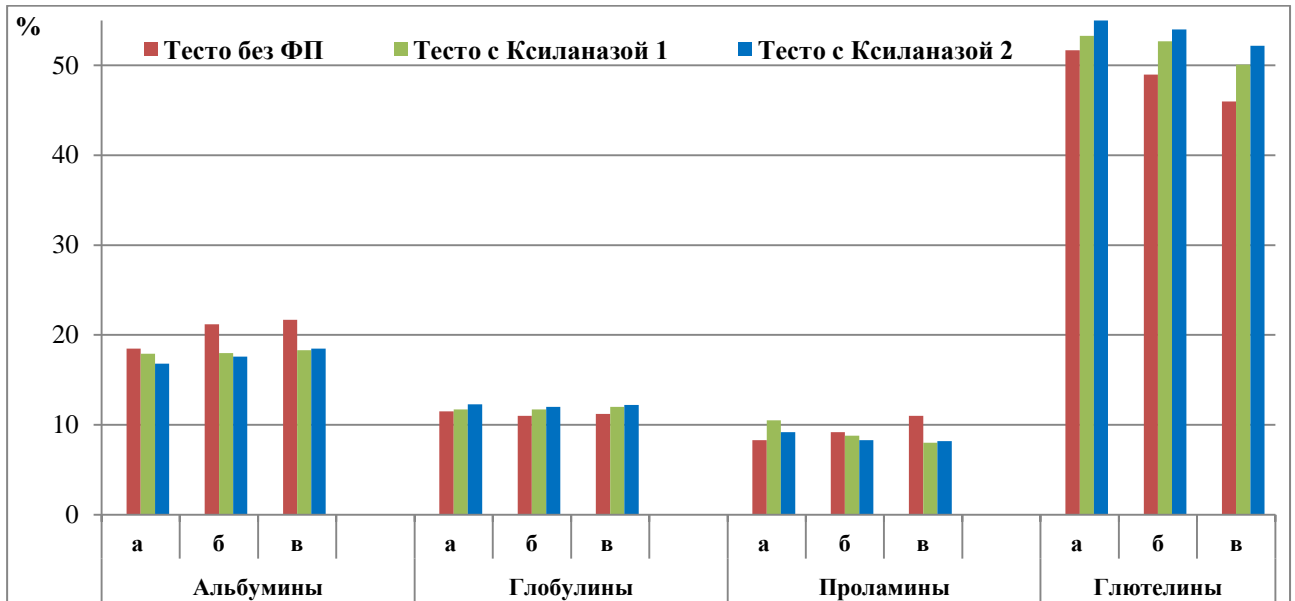


Рисунок 11 - Влияние ФП на содержание белковых фракций в тесте: а - тесто после замеса; б - тесто после брожения; в - тесто после расстойки тестовых заготовок

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, и проламинов с образованием глютелинов. При этом добавление Ксиланазы 1 или Ксиланазы 2 в разной степени влияет на изменение количества белковых фракций в тесте после замеса: в опытных пробах теста степень снижения количества альбуминов больше, а глобулинов и проламинов меньше, по сравнению с контролем, что согласуется с большим содержанием глютелинов в опытных пробах.

Установлено, что количество клейковинных белков - глиадина и глютелина, в опытных образцах с Ксиланазой 1 или Ксиланазой 2 больше по сравнению с контролем. Полученные результаты согласуются с данными о том, что эндоксиланазы способствуют лучшему формированию структуры клейковины [12]. Количество альбуминов после брожения теста и расстойки тестовых заготовок в контрольной пробе по сравнению с количеством альбуминов после замеса теста возрастает.

Количество проламинов в контроле в процессе тестоприготовления постепенно возрастает: после брожения - на 10,8 %, после расстойки - на 32,5 % по сравнению с их содержанием после замеса теста, а в опытных пробах с ФП напротив - снижается: в пробах с Ксиланазой 1 - на 7,3 и 15,8 %, в пробах с Ксиланазой 2- на 9,8 и 14,1 %.

Повышение доли проламинов 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 [81].

Во всех пробах в процессе приготовления теста происходит некоторое снижение количества глютелинов: в контрольной от 51,7 до 46,0 мг/г, в опытных пробах с Ксиланазой 1 - от 53,3 до 50,1 мг/г, Ксиланазой 2- от 55,0 до 52,2 мг/г. Также снижается сумма проламинов и глютелинов в контроле от 60, до 57,0 мг/г, в опытных пробах с Ксиланазой 1 - от 62,8 до 58,0 мг/г, Ксиланазой 2 - от 64,2 до 60,4 мг/г, что согласуется с известным фактом снижения количества клейковины в процессе брожения теста.

Содержание глобулинов на всех этапах тестоприготовления: после замеса, брожения теста и расстойки тестовых заготовок во всех пробах изменяется незначительно и составляет в контроле -11,5; 10,0 и 11,2 мг/г, в пробах с добавлением Ксиланазы 2 - 12,3; 12,0 и 12,2 мг/г, в пробах с добавлением Ксиланазы 1 - 12,2; 11,9 и 12,0 мг/г.

Заключение по разделу 3.4

Проведенные исследования показали, что при замесе и брожении теста из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта с рецептурными компонентами: хлебопекарными дрожжами и пищевой солью в количестве 3,0 и 1,5 % от массы муки соответственно, а также ФП с эндо - ксиланазной активностью или с комплексом ферментов (эндо-ксиланазой и сопутствующей экзо - пептидазой) в

разной степени влияют на агрегационное состояние молекул белка (количество и свойства клейковины, отмываемой из теста, и трансформацию белковых фракций муки).

Установили, что Ксиланаза 2 с эндо-ксиланазной и Ксиланаза 1 с эндо-ксиланазной и сопутствующей экзо-протеазной активностями снижают степень пептизации и повышают гидратационную способность клейковины в процессе замеса, брожения теста и расстойки тестовых заготовок. Показано, что количество глобулинов в процессе тестоприготовления почти не изменяется и добавление ФП не влияет на содержание этой фракции.

Степень воздействия Ксиланазы 1 с эндо-ксиланазной и сопутствующей экзо-протеазной активностями на свойства клейковины и фракционный состав белков отличается от влияния Ксиланазы 2 только с эндо-ксиланазной активностью. Ксиланаза 1 обеспечивает более высокую гидратационную способность клейковины, большее содержание проламинов после замеса теста и меньшее количество глютелинов после замеса, брожения теста и расстойки тестовых заготовок.

Предполагается, что экзо-пептидаза Ксиланазы 1 увеличивает содержание сильно гидратированного клейковинного белка, не выделяемого при отмывании клейковины. Высказанное предположение подтверждается результатами ранее проведенных выпечек хлеба: хлеб с Ксиланазой 1 по сравнению с хлебом с Ксиланазой 2 характеризуется высоким объёмом, мякиш - большей эластичностью и пористостью.

Впервые изучено влияние Ксиланазы 1 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 (глиаина и глютеина).

Впервые установлено, что при использовании ФП с указанными выше активностями не происходит существенного изменения содержания глобулинов, а трансформации подвергаются альбумины, проламины и глютелины.

3.5 Создание мультэнзимных композиций для улучшения качества хлебобулочных изделий

При разработке мультэнзимных композиций исследовали влияние совместного применения ФП с α -амилазной, эндо-ксилазной и сопутствующей экзо-пептидазной активностями на качество хлебобулочных изделий из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта с различными хлебопекарными свойствами.

Для этого проводили лабораторные выпечки хлебобулочных изделий, использовали пробы муки 1 и 6, ФП отечественного производства - Амилазу 1 с альфа-амилазной активностью и Ксиланазу 1 с эндо-ксилазной и сопутствующей экзо-пептидазной активностями. Для сравнения применяли ФП зарубежного производства - Амилазу 2 с альфа-амилазной активностью и Ксиланазу 2 с эндо-ксилазной активностью. Ферментные препараты отечественного и зарубежного производства использовали в количестве, соответствующем равным единицам альфа-амилазной и эндо-ксилазной активностей.

Тесто готовили из проб пшеничной хлебопекарной муки с удовлетворительной крепкой клейковиной и с удовлетворительной автолитической активностью (проба 1) и с низкой автолитической активностью (пробы 6) различными способами и по разным рецептурам: тесто без жира и сахара - ускоренным и опарным способами, тесто по рецептуре батона нарезного - ускоренным способом по рецептурам и параметрам, приведенным в разделе 2.2.3.

3.5.1 Исследование влияния совместного применения ферментных препаратов на качество хлебобулочных изделий из муки пшеничной хлебопекарной с удовлетворительной крепкой клейковиной и с удовлетворительной автолитической активностью

Изучено влияние ферментных препаратов отечественного производства Амилазы 1 и Ксиланазы 1 при совместном их применении на физико-химические показатели качества хлеба из муки пшеничной с удовлетворительной крепкой клейковиной и с удовлетворительной автолитической активностью (проба 1).

При этом использовали метод комбинированного равномер-ротатабельного планирования эксперимента. Изменяющимися параметрами являлись количество Амилазы 1 (X_1 , % от массы муки) и Ксиланазы 1 (X_2 , % от массы муки), пределы расхода - от 1 ppm до 1 ppm и от 10 ppm до 100 ppm соответственно. Тесто готовили по рецептурам хлеба без сахара и жира и батона нарезного из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта ускоренным способом по параметрам, приведенным в разделе 2.2.3.

Оптимизацию осуществляли по показателям качества хлеба: удельному объему хлеба, пористости, общей деформации сжатия, пластической деформации сжатия, упругой деформации сжатия мякиша, определенными методами, приведенными в разделе 2.2.4.

План двухфакторного эксперимента представлен в таблице 16.

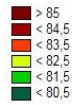
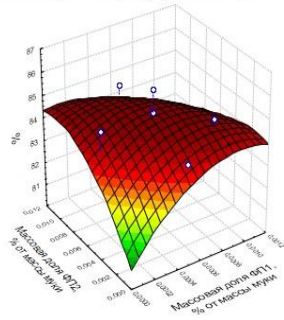
Таблица 16 - План двухфакторного эксперимента по определению влияния расхода Амилазы 1 (X_1) и Ксиланазы 1 (X_2) на качество хлеба из пшеничной муки

#	x1	x2	x3	x4	у эксп.
1	0.000231802	0.00231802			
2	0.000231802	0.00868198			
3	0.000868198	0.00231802			
4	0.000868198	0.00868198			
5	0.0001	0.0055			
6	0.001	0.0055			
7	0.00055	0.001			
8	0.00055	0.01			
9	0.00055	0.0055			
10	0.00055	0.0055			
11	0.00055	0.0055			
12	0.00055	0.0055			
13	0.00055	0.0055			

К.Г.В.

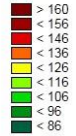
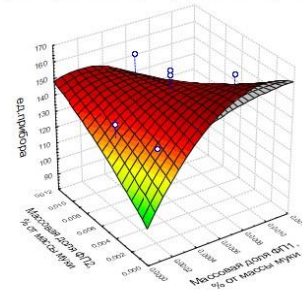
В результате математической обработки данных получили уравнения регрессии, адекватно описывающие зависимость пористости, удельного объема, общей деформации сжатия, пластической деформации сжатия, упругой деформации сжатия мякиша от массовой доли ФП. Графические зависимости представлены на рисунке 12 и 13.

Пористость
 $Z = 80,8333 + 7020,243 \cdot x + 734,568 \cdot y - 3,7037E6 \cdot x^2 - 4,9383E5 \cdot x \cdot y - 37037,0378 \cdot y^2$



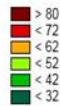
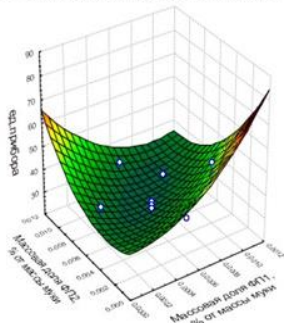
А

Общая деформация сжатия
 $Z = 102,8698 + 1,315E5 \cdot x + 4957,978 \cdot y - 6,9037E7 \cdot x^2 - 8,4198E6 \cdot x \cdot y - 1,0025E5 \cdot y^2$



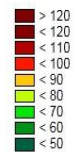
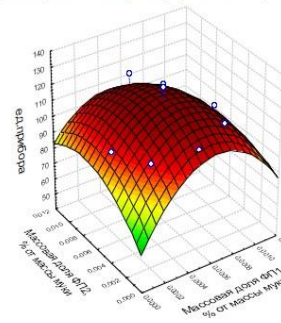
Б

Пластическая деформация сжатия
 $Z = 39,5061 - 992,9409 \cdot x - 2442,6554 \cdot y + 3,2235E7 \cdot x^2 - 5,2346E6 \cdot x \cdot y + 3,8407E5 \cdot y^2$



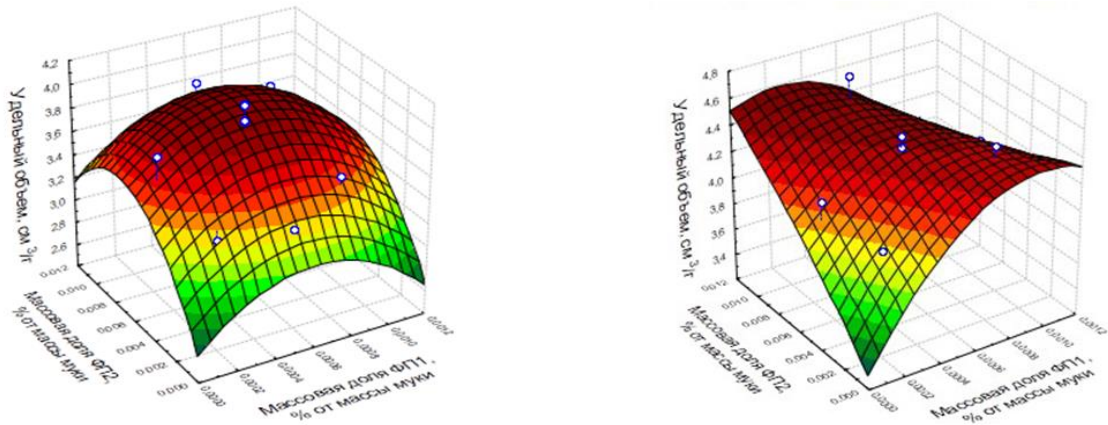
В

Упругая деформация сжатия
 $Z = 63,3637 + 1,325E5 \cdot x + 7400,6334 \cdot y - 1,0127E8 \cdot x^2 - 3,1852E6 \cdot x \cdot y - 4,8432E5 \cdot y^2$



Г

Рисунок 12 -Влияние количества Амилазы 1 и Ксиланазы 1 на пористость (А), общую деформацию сжатия (Б), пластическую деформацию сжатия (В), упругую деформацию сжатия (Г) мякиша хлеба, приготовленного по рецептуре батона нарезного из пшеничной муки с удовлетворительной крепкой клейковиной и с удовлетворительной автолитической активностью



$$Y1 = +2.71617 + 1425.93 \cdot x1 + 251.954 \cdot x2 - 1.2963e+06 \cdot x1^2 - 17654.3 \cdot x2^2$$

$$Y2 = +3.37112 + 2228.07 \cdot x1 + 102.222 \cdot x2 - 133333 \cdot x1 \cdot x2 - 1.14198e+06 \cdot x1^2$$

А Б

Рисунок 13 - Влияние количества Амилазы 1 и Ксиланазы 1 на удельный объем хлеба. А (Y1) - хлеб без сахара и жира, Б (Y2) - хлеб по рецептуре батона нарезного

По результатам решения полученных уравнений определены пределы количества ФП, обеспечивающие наибольший суммарный эффект повышения качества хлебобулочных изделий из муки пшеничной с удовлетворительной крепкой клейковиной и с удовлетворительной автолитической активностью, составляющие 2 - 4 ppm для Амилазы 1 и 30 - 50 ppm для Ксиланазы 1.

Следующим этапом работы явилось изучение влияния совместного применения ферментных препаратов Амилазы 1 и Ксиланазы 1 и совместного применения Амилазы 2 и Ксиланазы 2 на качество хлебобулочных изделий. Для этих целей использовали пробу муки пшеничной с удовлетворительной крепкой клейковиной и с удовлетворительной автолитической активностью (проба 1).

Ферментные препараты отечественного производства использовали в количествах, обеспечивающих наибольший улучшающий качество хлеба эффект, установленных в результате исследований, приведенных в разделе 3.2 и по результатам вышеприведенного двухфакторного эксперимента: Амилазы 1 - 2 ppm и Ксиланазы 1 - 30 ppm.

Ферментные препараты зарубежного производства использовали в количествах, обеспечивающих наибольший улучшающий качество хлеба эффект, установленных в разделе 3.2: Амилаза 2- 2 ppm и Ксиланазы 2 - 20 ppm.

Контрольные пробы теста готовили без ФП.

В таблице 16 представлены результаты исследования влияния совместного применения ферментных препаратов Амилазы 1 и Ксиланазы 1 или Амилазы 2 и Ксиланазы 2 на физико-химические и органолептические показатели качества хлеба без жира и сахара из муки пшеничной (проба 1) с удовлетворительной крепкой клейковиной и с удовлетворительной автолитической активностью при ускоренном способе приготовления теста.

Из данных, представленных в таблице 17, видно, что при совместном использовании ферментных препаратов Амилазы 1 и Ксиланазы 1 или Амилазы 2 и Ксиланазы 2 происходило увеличение удельного объема хлеба на 21,4 и 21,2 %, пористости мякиша - на 4,9 и 4,9 %, а также содержания альдегидов в мякише - на 10,8 и 9,6 % соответственно по сравнению с контролем. При этом формоустойчивость хлеба несколько снижалась (на 2,5 и 5,0 % соответственно).

Органолептический анализ показал, что образцы хлеба при совместном использовании ферментных препаратов Амилазы 1 и Ксиланазы 1 или Амилазы 2 и Ксиланазы 2 имели более эластичный мякиш, интенсивный цвет корки, выраженный вкус и запах и отличались отсутствием крошковатости мякиша изделий.

Изучали влияние совместного применения ферментных препаратов Амилазы 1 и Ксиланазы 1 и совместного применения Амилазы 2 и Ксиланазы 2 на физико-химические и органолептические показатели качества хлеба без жира и сахара из муки пшеничной (проба 1) с удовлетворительной крепкой клейковиной и с удовлетворительной автолитической активностью при опарном способе приготовления теста. Ферментные препараты вносили в тесто, поскольку при внесении их в опару существенно увеличится продолжительность их действия в процессе брожения опары и, соответственно, возрастет количество продуктов

гидролиза крахмала и некрахмальных полисахаридов. В результате может произойти заметное ухудшение реологических свойств опары и затем теста.

Таблица 17 - Влияние совместного применения ферментных препаратов Амилазы 1 и Ксиланазы 1 или Амилазы 2 и Ксиланазы 2 на показатели качества хлеба из муки пшеничной (проба 1) при ускоренном способе приготовления теста

Наименование показателей	Контроль без ФП	При совместном применении ферментных препаратов	
		Амилазы 1-2 ppm и Ксиланазы 1-30 ppm	Амилазы 2-2 ppm и Ксиланазы 2-20 ppm
Пористость мякиша, %	81	85	85
Прирост, % к контролю		+4,9	+4,9
Удельный объем хлеба, см ³ /г	3,64	4,42	4,41
Прирост, % к контролю		+21,4	+21,2
Формоустойчивость хлеба (Н/Д)	0,40	0,39	0,38
Прирост, % к контролю		-2,5	-5,0
Содержание альдегидов в мякише, мл 0,1 н р-ра йода на 100 г сухого в-ва	8,3	9,2	9,1
Прирост к контролю, %		+10,8	+9,6
Органолептическая оценка:			
Внешний вид: форма	Правильная		
поверхность	Без подрывов и трещин		
Цвет корки	Светло- желтый	Светло-коричневый	
Состояние мякиша: пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь		
промес	Без комочков и следов непромеса		
пористость	Неравномерная, средняя и крупная, с преобладанием средней	Неравномерная, средняя и мелкая	
эластичность	Хорошая	Более эластичный, нежный мякиш	
Вкус	Свойственный хлебу	Свойственный хлебу, более выраженный	
Запах	Свойственный хлебу	Свойственный хлебу, более выраженный	
Крошковатость мякиша	Крошащийся	Не крошащийся	
Комкуемость мякиша при разжевывании	Отсутствует		

Полученные результаты представлены в таблице 18.

Таблица 18 - Влияние совместного применения ферментных препаратов Амилазы 1 и Ксиланазы 1 или Амилазы 2 и Ксиланазы 2 на показатели качества хлеба из муки пшеничной (проба 1) при опарном способе приготовления теста

Наименование показателей	Контроль без ФП	При совместном применении ферментных препаратов	
		Амилазы 1-2 ppm и Ксиланазы 1-30 ppm	Амилазы 2-2 ppm и Ксиланазы 2-20 ppm
Пористость мякиша, %	82	84	84
Изменение к контролю, %	-	+2,4	+2,4
Удельный объем хлеба, см ³ /г	3,6	3,89	3,90
Изменение к контролю, %	-	+8,1	+8,3
Формоустойчивость (Н/Д)	0,38	0,36	0,35
Изменение к контролю, %	-	-5,3	-7,9
Содержание альдегидов в мякише, мл 0,1 н р-ра йода на 100 г сухого в-ва	10,2	11,4	11,2
Прирост, % к контролю	-	+11,7	+9,8
Органолептическая оценка:			
Внешний вид: форма	Правильная		
поверхность	Без подрывов и трещин		
Цвет корки	Желтый	Светло-коричневый	
Состояние мякиша: пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь		
промес	Без комочков и следов непромеса		
эластичность	Хорошая	Более эластичный, более нежный мякиш	
пористость	Неравномерная, средняя	Равномерная, мелкая	
Вкус	Свойственный хлебу	Свойственный хлебу, более выраженный	
Запах	Свойственный хлебу	Свойственный хлебу, более выраженный	
Крошковатость мякиша	Не крошащийся		
Комкуемость мякиша при разжевывании	Отсутствует		

Физико-химический анализ качества готовых изделий показал, что удельный объем хлеба, приготовленный с ферментными препаратами Амилазой 1 и Ксиланазой 1 или Амилазой 2 и Ксиланазой 2, увеличивается на 8,1 и 8,3 %, пористость мякиша - на 2,4 и 2,4 %, содержание альдегидов в мякише - на 11,7 и 9,8 %, формоустойчивость уменьшается на 5,3 и 7,9 % соответственно по сравнению с контролем.

Органолептическая оценка изделий свидетельствует, что при опарном способе приготовления теста мякиш опытных образцов хлеба более эластичный и

нежный, корка более интенсивного цвета, хлеб с более выраженным вкусом и запахом по сравнению с данными показателями контроля.

При приготовлении хлеба по рецептуре батона нарезного из муки пшеничной с удовлетворительной крепкой клейковиной и с удовлетворительной автолитической активностью (проба 1) при ускоренном способе приготовления теста совместное внесение ферментных препаратов Амилазы 1 и Ксиланазы 1 или Амилазы 2 и Ксиланазы 2 приводит к увеличению удельного объема хлеба на 14,9 и 13,9 %, пористости мякиша - на 3,6 и 3,9 %, содержанию альдегидов в мякише - на 9,8 и 9,8 %, и к незначительному снижению формоустойчивости хлеба - на 2,5 и 2,5 % по сравнению с контролем соответственно (таблица 19).

Результаты органолептического анализа свидетельствуют, что опытные образцы хлеба имеют более эластичный и нежный мякиш по сравнению с контрольным, более интенсивно окрашенную корку и выраженные вкус и запах.

Таким образом, проведенные исследования показали, что совместное применение ферментных препаратов Амилазы 1 и Ксиланазы 1 или Амилазы 2 и Ксиланазы 2 заметно улучшает свойства теста: физико-химические и органолептические показатели качества хлеба без сахара и жира и хлеба, приготовленного по рецептуре батона нарезного из муки пшеничной хлебопекарной с удовлетворительной крепкой клейковиной и с удовлетворительной автолитической активностью.

Следует отметить, что степень улучшения качества хлебобулочных изделий при совместном применении ферментных препаратов отечественного производства Амилазы 1 и Ксиланазы 1 и совместном применении Амилазы 2 и Ксиланазы 2 зарубежного производства была примерно одинакова.

Таблица 19 - Влияние совместного применения ферментных препаратов Амилазы 1 и Ксиланазы 1 или Амилазы 2 и Ксиланазы 2 на показатели качества хлеба по рецептуре батона нарезного из муки пшеничной (проба 1) при ускоренном способе приготовления теста

Наименование показателей	Контроль без ФП	При совместном применении ферментных препаратов	
		Амилазы 1-2 ppm и Ксиланазы 1-30 ppm	Амилазы 2-2 ppm и Ксиланазы 2-20 ppm
Пористость мякиша, %	84	87	87
Прирост, % к контролю		+3,6	+3,6
Удельный объем хлеба, см ³ /г	4,10	4,71	4,67
Прирост, % к контролю		+14,9	+13,9
Формоустойчивость хлеба (Н/Д)	0,40	0,39	0,39
Прирост, % к контролю		-2,5	-2,5
Содержание альдегидов, мл 0,1 н р-ра йода на 100 г сухого в-ва	12,3	13,9	13,8
Прирост, % к контролю		+13,0	+12,2
Органолептическая оценка:			
Внешний вид: форма	Правильная		
поверхность	Без подрывов и трещин		
Цвет корки	Желтый	Светло-коричневый	
Состояние мякиша: пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь		
промес	Без комочков и следов непромеса		
пористость	Неравномерная средняя	Равномерная, мелкая	
Вкус	Свойственный хлебу	Свойственный хлебу, более выраженный	
Запах	Свойственный хлебу	Свойственный хлебу, более выраженный	
Крошковатость мякиша	Не крошащийся		
Комкуемость мякиша при разжевывании	Отсутствует		

3.5.2 Исследование влияния совместного применения ферментных препаратов на качество хлебобулочных изделий из муки пшеничной хлебопекарной с удовлетворительной крепкой клейковиной и с пониженной автолитической активностью

Следующим этапом исследований явилось изучение влияния совместного применения ферментных препаратов Амилазы 1 и Ксиланазы 1 и совместного применения Амилазы 2 и Ксиланазы 2 на качество хлеба из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта с удовлетворительной крепкой клейковиной и с пониженной автолитической активностью (проба б).

При использовании данной пробы муки расход ферментных препаратов увеличили в соответствии с полученными результатами, приведенными в разделе 3.2. Увеличение расхода ФП обусловлено необходимостью повышения ферментативной активности муки с целью обеспечения соответствующего уровня биохимических, микробиологических и коллоидных процессов, протекающих при брожении теста, а также процессов при расстойке тестовых заготовок и в процессе выпечки хлеба.

Полученные результаты приведены в таблице 20.

Показано, что совместное применение ферментных препаратов Амилазы 1 и Ксиланазы 1 или Амилазы 2 и Ксиланазы 2 повышает качество хлеба: удельный объем хлеба возрастает на 31,6 и 31,9 %, пористость мякиша - на 10,5 и 9,2 %, формоустойчивость снижается на 9,1 % по сравнению с контролем соответственно.

Органолептическая оценка показала, что цвет корки опытных образцов с ферментными препаратами изменяется в зависимости от расхода - от желтого (контроль) до светло-коричневого цвета. Совместное применение ферментных препаратов повышает эластичность мякиша и исключает крошковатость мякиша.

Результаты исследований совместного применения ферментных препаратов Амилазы 1 и Ксиланазы 1 или Амилазы 2 и Ксиланазы 2 при приготовлении хлеба из муки с крепкой клейковиной и низкой автолитической активностью (проба б) при опарном способе приготовления теста приведены в таблице 21.

Таблица 20 - Влияние совместного применения ферментных препаратов Амилазы 1 и Ксиланазы 1 или Амилазы 2 и Ксиланазы 2 на показатели качества хлеба из муки пшеничной (проба 6) при ускоренном способе приготовления теста.

Наименование показателей	Контроль без ФП	При совместном применении ферментных препаратов	
		Амилазы 1-4 ppm и Ксиланазы 1-60 ppm	Амилазы 2-4 ppm и Ксиланазы 2-40 ppm
Влажность мякиша, %	42,2	42,1	42,3
Кислотность мякиша, град.	1,6	1,6	1,6
Пористость мякиша, %	76	84	83
Прирост, % к контролю	-	+10,5	+9,2
Удельный объем хлеба, г/см ³	3,38	4,45	4,46
Прирост, % к контролю	-	+31,6	+31,9
Формоустойчивость хлеба, (H/D)	0,44	0,38	0,38
Прирост, % к контролю	-	-9,1	-9,1
Органолептическая оценка:			
Внешний вид: форма	Правильная		
поверхность	Без подрывов и трещин		
Цвет корки	Желтый	Светло-коричневый	
Состояние мякиша: пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь		
цвет	Белый		
промес	Без комочков и следов непромеса		
эластичность	Плохая	Хорошая	
пористость	Неравномерная, средняя		
Вкус	Свойственный хлебу		
Запах	Свойственный хлебу		
Крошковатость мякиша	Крошащийся	Не крошащийся	
Комкуемость мякиша при разжевывании	Отсутствует		

Результаты физико-химического анализа качества хлеба показывают, что удельный объем хлеба при совместном внесении ферментных препаратов Амилазы 1 и Ксиланазы 1 или Амилазы 2 и Ксиланазы 2 увеличивается на 18,0 и 18,6 %, содержание альдегидов в мякише - на 13,3 и 13,0 % по сравнению с контролем, пористость мякиша возрастает на 6,5 и 6,5 %, формоустойчивость уменьшается на 4,8 и 4,8 % соответственно.

Таблица 21 - Влияние совместного применения ферментных препаратов Амилазы 1 и Ксиланазы 1 или Амилазы 2 и Ксиланазы 2 на показатели качества хлеба из муки пшеничной (проба 6) при опарном способе приготовления теста

Наименование показателей	Контроль без ФП	При совместном применении ферментных препаратов	
		Амилазы 1-4 ppm и Ксиланазы -60 ppm	Амилазы 2-4 ppm и Ксиланазы 2-40 ppm
Пористость мякиша, %	77	82	82
Изменение к контролю, %	-	+6,5	+6,5
Удельный объем хлеба, см ³ /г	3,22	3,80	3,82
Изменение к контролю, %	-	+18,0	+18,6
Формоустойчивость (Н/Д)	0,42	0,40	0,40
Изменение к контролю, %	-	-4,8	-4,8
Содержание альдегидов, мл 0,1 н р-ра йода на 100 г сухого в-ва	11,9	13,3	13,0
Органолептическая оценка:			
Внешний вид: форма	Правильная		
поверхность	Без подрывов и трещин		
Цвет корки	Желтый	Светло-коричневый	
Состояние мякиша: пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь		
промес	Без комочков и следов непромеса		
эластичность	Хорошая	Более эластичный, более нежный мякиш	
пористость	Неравномерная средняя	Равномерная, мелкая	
Вкус	Свойственный хлебу	Свойственный хлебу, более выраженный	
Запах	Свойственный хлебу	Свойственный хлебу, более выраженный	
Крошковатость мякиша	Не крошащийся		
Комкуемость мякиша при разжевывании	Отсутствует		

Анализ органолептических показателей качества показывает, что мякиш опытных образцов хлеба при опарном способе приготовления теста, как и при ускоренном, характеризуется большей эластичностью, интенсивностью цвета корки и выраженным вкусом и запахом по сравнению контролем.

Результаты, представленные в таблице 22, свидетельствуют, что совместное применение ферментных препаратов Амилазы 1 и Ксиланазы 1 или Амилазы 2 и Ксиланазы 2 при приготовлении хлеба по рецептуре батона нарезного при ускоренном способе приготовления теста улучшает показатели качества изделий: удельный объем хлеба возрастает на 19,2 и 18,6 %, пористость мякиша - на 6,4 и 6,4 %, содержание альдегидов в мякише - на 11,7 и 13,3 %, но при этом несколько

снижается формоустойчивость хлеба - на 4,7 и 7,0 % соответственно, по сравнению с контролем.

Таблица 22 - Влияние совместного применения ферментных препаратов Амилазы 1 и Ксиланазы 1 или Амилазы 2 и Ксиланазы 2 на показатели качества хлеба, приготовленного по рецептуре батона нарезного из муки пшеничной (проба 6) при ускоренном способе приготовления теста.

Наименование показателей	Контроль без ФП	При совместном применении ферментных препаратов	
		Амилазы 1-4 ррп и Ксиланазы -60 ррп	Амилазы 2-4 ррп и Ксиланазы 2-40 ррп
Пористость мякиша, %	78	83	83
Прирост, % к контролю	-	+6,4	+6,4
Удельный объем хлеба, см ³ /г	3,50	4,17	4,16
Прирост, % к контролю	-	+19,2	+18,6
Формоустойчивость хлеба (Н/Д)	0,43	0,41	0,40
Прирост, % к контролю		-4,7	-7,0
Содержание альдегидов, мл 0,1 н р-ра йода на 100 г сухого в-ва	12,0	13,4	13,5
Прирост, % к контролю		+11,7	+12,5
Органолептическая оценка:			
Внешний вид: форма	Правильная		
поверхность	Без подрывов и трещин		
Цвет корки	Желтый	Светло-коричневый	
Состояние мякиша: пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь		
промес	Без комочков и следов непромеса		
пористость	Неравномерная средняя	Равномерная, мелкая	
Вкус	Свойственный хлебу	Свойственный хлебу, более выраженный	
Запах	Свойственный хлебу	Свойственный хлебу, более выраженный	
Крошковатость мякиша	Не крошащийся		
Комкуемость мякиша при разжевывании	Отсутствует		

Анализ органолептических показателей качества образцов хлеба, приготовленных по рецептуре батона нарезного, как и при опарном и ускоренном способах, свидетельствует о том, что опытные образцы имеют более эластичный мякиш, более интенсивный цвет корки, более выраженные вкус и запах по сравнению с контролем.

Проведенные исследования показали, что совместное применение ферментных препаратов Амилазы 1 и Ксиланазы 1 или Амилазы 2 и Ксиланазы 2 заметно улучшает физико-химические и органолептические показатели качества хлеба, приготовленного без сахара и жира при ускоренном и опарном способах тестоприготовления и хлеба, приготовленного по рецептуре батона нарезного ускоренным способом из муки пшеничной с низкой автолитической активностью.

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о том, что совместное применение ферментных препаратов Амилазы 1 и Ксиланазы 1 и совместное применение Амилазы 2 и Ксиланазы 2 в равной степени улучшают физико-химические и органолептические показатели качества хлеба из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта с пониженной автолитической активностью.

Заключение по разделу 3.5

В результате проведенных исследований установлено, что совместное применение ферментных препаратов Амилазы 1 и Ксиланазы 1 и совместное применение Амилазы 2 и Ксиланазы 2 улучшает качество хлебобулочных изделий из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта с удовлетворительной крепкой клейковиной и с удовлетворительной автолитической активностью и с низкой автолитической активностью (увеличиваются удельный объем, пористость, содержание альдегидов, эластичность мякиша, интенсифицируются вкус и запах хлеба). Степень улучшающего эффекта зависит от хлебопекарных свойств муки и дозировки ферментных препаратов.

Амилаза 1 и Амилаза 2 с α - амилазной активностью, воздействуя на углеводный комплекс муки и способствуя образованию декстринов различной молекулярной массы и мальтозы, интенсифицируют процесс газообразования в тесте и обуславливают улучшение качества хлебобулочных изделий.

Ксиланаза 1и Ксиланаза 3 в результате действия эндо-ксиланаз на растворимые и нерастворимые пентозаны муки увеличивают долю водорастворимой фракции пентозанов. В результате происходит перераспределение влаги между структурными компонентами муки, в частности,

группами некрахмальных полисахаридов и белков клейковины, что приводит к образованию более совершенной пространственной структуры клейковины.

Помимо этого, гидролиз некрахмальных полисахаридов муки в процессе брожения теста способствует накоплению дополнительного количества сахаров, необходимых для жизнедеятельности хлебопекарных дрожжей и молочнокислых бактерий, что также способствует повышению интенсивности газообразования в тесте и, следовательно, увеличению объема и формоустойчивости хлеба, а также улучшению структуры пористости и осветлению мякиша.

За счет синергизма действия ферментных препаратов с α -амилазной и эндо-ксилазной активностями при производстве хлебобулочных изделий достигается максимальная эффективность их применения.

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 определены оптимальные дозировки и 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 мультэнзимной композиции для увеличения срока сохранения свежести хлебобулочных изделий

Свежесть хлебобулочных изделий является одним из важнейших показателей качества и во многом определяет уровень потребительского спроса, и, соответственно, технико-экономические показатели хлебопекарных и торговых предприятий.

При хранении хлебобулочных изделий ухудшаются потребительские и вкусовые свойства. Изменение качества изделий при хранении - результат сложных физико-химических, коллоидных и биохимических процессов [13]. Потеря свежести вызвана в первую очередь изменениями, происходящими в углеводах при хранении изделий. Клейстеризованный в процессе выпечки

крахмал с течением времени выделяет поглощенную им влагу и переходит из аморфного в кристаллическое состояние. Крахмальные зерна при этом значительно уплотняются и уменьшаются в объеме с образованием воздушных прослоек. Мякиш хлебобулочных изделий становится крошковатым. А изменение состояния влаги играет значительную роль в черствении хлебобулочных изделий. [13, 118, 144, 169].

Включение ферментных препаратов в рецептуру хлебобулочных изделий может значительно увеличить срок сохранения свежести их. Исследованию воздействия различных видов ФП на сохранение свежести хлебобулочных изделий в процессе хранения посвящено множество работ как в России, так и за рубежом. Наиболее эффективными в этом отношении признаны амилолитические ферментные препараты [170], катализирующие реакции гидролиза крахмала. Особое место среди амилолитических ферментов занимает мальтогенная амилаза, обеспечивающая заметное снижение степени черствения хлеба.

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

Результаты исследований, приведенные в разделе 3.5. свидетельствуют о том, что применение композиций Амилазы 1 и Ксиланазы 1, а также Амилазы 2 и Ксиланазы 2, способствует улучшению органолептических и физико-химических свойств мякиша хлеба из пшеничной муки. Вследствие этого можно предположить, что при хранении хлеб, приготовленный с данными ферментными препаратами, будет черстветь с меньшей скоростью, по сравнению с контролем.

В связи с указанным целесообразно разработать МЭК, обеспечивающую не только улучшение качества, но и снижение степени черствости мякиша хлебобулочных изделий при хранении.

Для создания данной МЭК использовали ФП отечественного производства, входящие в состав МЭК-1, способствующие улучшению качества хлебобулочных изделий, и мальтогенную амилазу, обеспечивающую повышение степени сохранения свежести. В связи с отсутствием промышленной выработки

отечественного ФП, обладающего мальтогенной активностью, применяли зарубежный препарат.

О сохранении свежести хлебобулочных изделий судили по показателям общей деформации мякиша, определяемым на приборе структурометр СТ - 2, по методике, описанной в разделе 2.2.4.

Количество Амилазы 1 и Ксиланазы 1, входящее в МЭК -1, оставалось неизменным (2 ppm и 30 ppm соответственно), а количество мальтогенной амилазы варьировали с целью определения оптимальной дозировки, обеспечивающей сохранение свежести хлебобулочных изделий. Мальтогенную амилазу добавляли в количестве 20, 30, 40, 50, 60 ppm (по рекомендациям производителя).

При этом совместное применение Амилазы 1, Ксиланазы 1 и мальтогенной амилазы сравнивали с аналогичной композицией ферментных препаратов зарубежного производства - Амилазой 2, Ксиланазой 2 и мальтогенной амилазой. Для этого проводили лабораторные выпечки подового хлеба по рецептуре и параметрам, приведенным в разделе 2.2.3. однофазным и опарным способами из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта (пробы 1 и 5). Анализ качества хлеба проводили по методам, указанным в разделе 2.2.4.

Полученные результаты приведены в Приложении 9.

Результаты исследований показали, что используемые композиции влияют на качество хлеба. Степень влияния совместного применения Амилазы 1, Ксиланазы 1 и мальтогенной амилазы или Амилазы 2, Ксиланазы 2 и мальтогенной амилазы на физико-химические и органолептические показатели качества хлеба зависит от количества ФП мальтогенной амилазы. С повышением количества мальтогенной амилазы от 20 до 60 ppm возрастает пористость мякиша на 6,3-8,9% и 6,3-8,9%, удельный объём хлеба - на 20,9-22,0 % и 21,2-21,8 %, деформация сжатия - на 26,7-53,3 % и 28,6-54,3 %, деформация упругости - на 31,8-63,4 % и 35,4-62,2% соответственно, по сравнению с контролем.

Органолептический анализ качества хлеба показал, что контроль и опытные образцы хлеба имели правильную форму, гладкую корку без подрывов и трещин.

Образцы хлеба с мальтогенной амилазой в количестве от 20 до 50 ppm характеризовались пропеченным светлым мякишем с равномерной развитой тонкостенной пористостью и не комкующимся при разжевывании. При увеличении количества мальтогенной амилазы до 60 ppm мякиш при надавливании на него заминался и комковался при разжевывании.

Обобщая данные физико-химического и органолептического анализов качества готовых изделий, определили оптимальный расход мальтогенной амилазы (50 ppm) при изготовлении хлеба из муки пшеничной высшего сорта с удовлетворительно крепкой клейковиной с композициями, содержащими ферментные препараты Амилазу 1 и Ксиланазу 1 или Амилазу 2 и Ксиланазу 2.

Исследовали влияние совместного применения Амилазы 1, Ксиланазы 1 и мальтогенной амилазы в количестве 50 ppm, а также Амилазы 2, Ксиланазы 2 и мальтогенной амилазы в том же количестве на органолептические и физико-химические показатели качества изделий из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта с удовлетворительной крепкой клейковиной, приготовленного опарным способом, при хранении в течение 120 ч. Ферментные препараты вносили в тесто. Полученные результаты представлены в Приложении 10.

Из данных, представленных в Приложении 10, видно, что при совместном внесении ферментных препаратов Амилазы 1, Ксиланазы 1 и мальтогенной амилазы или Фунгамила Амилазы 2, Ксиланазы 2 и мальтогенной амилазы, пористость мякиша повышается на 5,0 и 5,0 %, деформация сжатия - на 55,5 и 57,2 %, деформация упругости - на 63,6 и 64,7 % соответственно.

Через 72 ч хранения показатели качества хлеба изменились: влажность мякиша контроля уменьшилась на 3,7 %, деформация сжатия - на 21,8 % и деформация упругости - на 20,5 %. При этом уровень снижения показателей качества образцов, приготовленных с ферментными препаратами Амилазой 1, Ксиланазой 1 и мальтогенной амилазой или Амилазой 2, Ксиланазой 2 и мальтогенной амилазой, по сравнению с контролем был ниже: влажность мякиша уменьшилась на 1,9 и 2,1 %, деформация сжатия - на 16,4 и 16,8 %, деформация упругости - на 18,7 и 17,9 % соответственно.

После 120 ч (рисунок 14) хранения изменение качества хлеба стало более заметным. По сравнению с показателями образцов, хранившихся 24 ч, влажность контроля снизилась на 6,4 %, деформация сжатия - на 35,5 %, деформация упругости - на 37,5 %; влажность хлеба при совместном применении ферментных препаратов Амилазы 1, Ксиланазы 1 и мальтогенной амилазы или Амилазы 2, Ксиланазы 2 и мальтогенной амилазы снизилась в меньшей степени - на 4,0 и 4,2 %, деформация сжатия - на 26,9 и 28,9 %, деформация упругости - на 29,9 и 31,7 % соответственно. При этом влажность мякиша опытных образцов была выше, чем у контроля, на 2,0 и 1,5 %, деформация сжатия - на 76,1 и 73,2 %, деформация упругости - на 83,6 и 80,0 % соответственно.

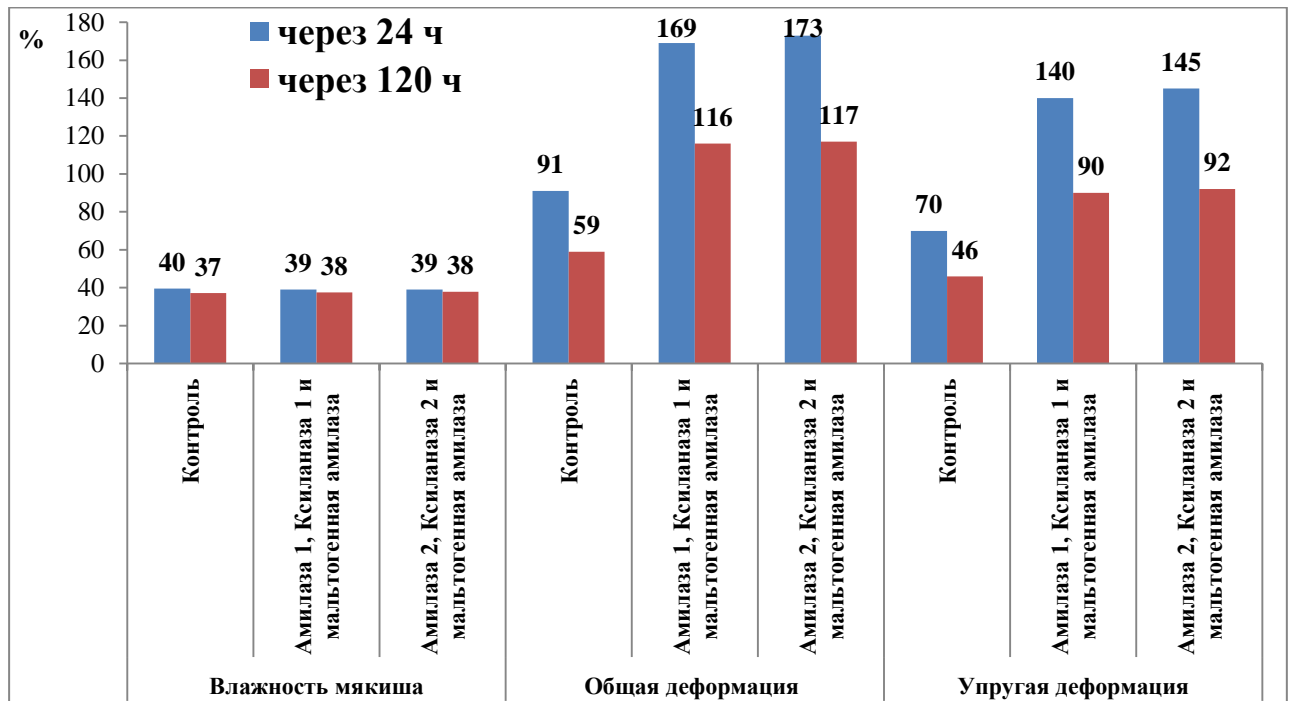


Рисунок 14 - Влияние совместного применения ферментных препаратов на влажность и свойства мякиша хлеба в процессе хранения

Органолептический анализ качества хлеба показал, что контроль и опытные образцы имели правильную форму, гладкую корку без подрывов и трещин. При этом опытные образцы хлеба по сравнению с контролем характеризовались более светлым мякишем, мелкой пористостью и интенсивно окрашенной коркой.

Результаты исследования влияния совместного применения ферментных препаратов на физико-химические показатели качества хлеба, приготовленного по рецептуре батона нарезного опарным способом из муки пшеничной

хлебопекарной высшего сорта (проба 5), представлены в приложении 12 и на рисунках 4-6.

Из данных, представленных в Приложении 11, видно, что совместное применение ферментных препаратов Амилазы 1, Ксиланазы 1 и мальтогенной амилазы или Амилазы 2, Ксиланазы 2 и мальтогенной амилазы способствует улучшению качества хлеба: пористость мякиша повышается на 3,7 и 3,7 %, удельный объем хлеба - на 21,9 и 22,5 %, формоустойчивость - на 8,9 и 8,9 %, деформация сжатия - на 89,9 и 90,1 %, деформация упругости - на 100,0 и 107,1 % соответственно.

Через 96 ч хранения хлеба показатели качества мякиша у контроля изменились: влажность уменьшилась на 4,8 %, пористость - на 1,2 %, деформация сжатия - на 29,7 % и деформация упругости - на 27,1 %. Но уровень снижения показателей мякиша при совместном применении ферментных препаратов Амилазы 1, Ксиланазы 1 и мальтогенной амилазы или Амилазы 2, Ксиланазы 2 и мальтогенной амилазы по сравнению с контролем был ниже: влажность уменьшилась на 2,8 и 2,8 %, деформация сжатия - на 23,6 и 23,7 %, деформация упругости - на 24,3 и 26,2 % соответственно, пористость осталась неизменной.

Через 120 ч хранения изменение показателей качества хлеба стало более заметным. По сравнению с показателями образцов, хранившихся 24 ч, влажность контроля снизилась еще на 6,0 %, пористость мякиша - на 2,4 %, деформация сжатия - на 35,2 %, деформация упругости - на 34,3 %; влажность мякиша хлеба при совместном применении ферментных препаратов Амилазы 1, Ксиланазы 1 и мальтогенной амилазы или Амилазы 2, Ксиланазы 2 и мальтогенной амилазы снизилась в меньшей степени - на 3,8 и 3,8 % соответственно, деформация сжатия - на 31,4 и 32,4 %, деформация упругости - на 35,7 и 36,6 %, пористость не изменилась. При этом влажность мякиша образцов хлеба с ферментными препаратами Амилазы 1, Ксиланазы 1 и мальтогенной амилазы или Амилазы 2, Ксиланазы 2 и мальтогенной амилазы была выше, чем у контроля, на 1,0 и 1,3 %, пористость - на 6,3 и 6,3 %, деформация сжатия - на 96,6 и 98,3 %, деформация упругости - на 95,7 и 100 % соответственно.

Для сравнительной органолептической оценки образцов в процессе хранения: вкуса, запаха, мягкости при надавливании, эластичности и крошковатости мякиша, разработали систему дескрипторов. Показатели оценивали по пятибалльной шкале, каждый балл этой шкалы количественно выражает определенный уровень качества: балл 5 - отличный, 4 - хороший, 3 - удовлетворительный, 2 - недостаточно удовлетворительный, 1 - неудовлетворительный.

В таблице 23 представлена характеристика балловой оценки качества пшеничного хлеба.

Таблица 23 - Характеристика балловой оценки качества хлебобулочных изделий.

Показатель	Уровень качества, балл				
	5	4	3	2	1
Эластичность мякиша	Очень эластичный	Эластичный	Удовлетворительно эластичный	Недостаточно эластичный	Неэластичный
Крошковатость мякиша	Некрошится	Слегка крошится	Заметно крошится	Сильно крошится	Чрезмерно крошится
Мягкость при надавливании	Очень мягкий	Мягкий	Удовлетворительно мягкий	Недостаточно мягкий	Твердый
Вкус	Приятный, интенсивно выраженный, характерный для данного вида изделий	Приятный, выраженный, характерный для данного вида изделий	Слабовыраженный, характерный для данного вида изделий	Невыраженный для данного изделия, слегка кислый, слегка тестовый	Неприятный, несвойственный для данного вида изделий, резко кислый, пересоленный, посторонний
Запах	Приятный, интенсивно выраженный, характерный для данного вида изделий	Приятный, выраженный, характерный для данного вида изделий	Слабовыраженный, характерный для данного вида изделий	Невыраженный, слегка посторонний	Неприятный, посторонний, кисловатый

Полученные результаты отражены на рисунке 16: исследованиями установлено, что контрольный и опытные образцы имеют правильную форму, гладкую корку без подрывов и трещин, пропеченный светлый мякиш с равномерной развитой тонкостенной пористостью. Хлеб, приготовленный с ферментными препаратами Амилазы 1, Ксиланазы 1 и мальтогенной амилазы или Амилазы 2, Ксиланазы 2 и мальтогенной амилазы по сравнению с контролем характеризовался интенсивно окрашенной коркой и мякишем с мелкой равномерной пористостью.

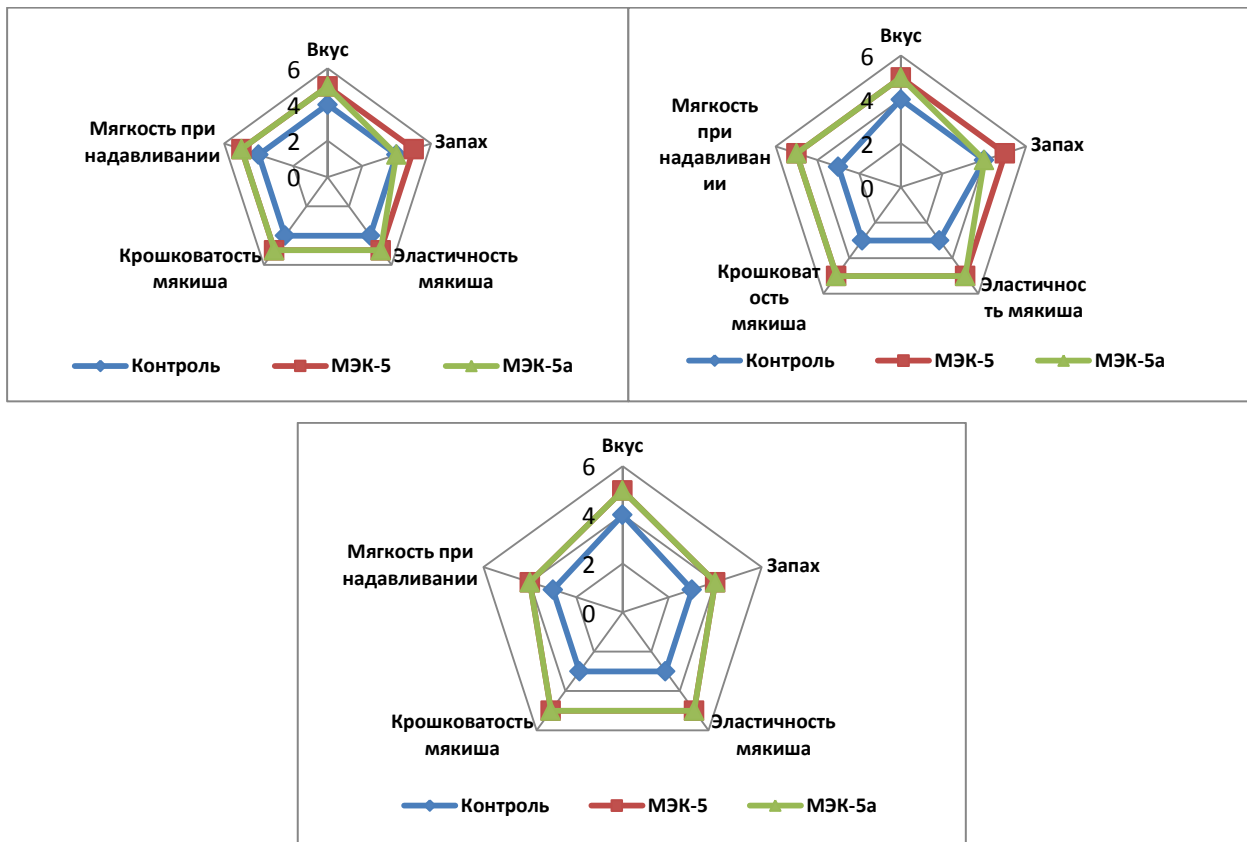


Рисунок 15 - Влияние совместного применения ферментных препаратов Амилазы 1, Ксиланазы 1 и мальтогенной амилазы (МЭК-5) или Амилазы 2, Ксиланазы 2 и мальтогенной амилазы (МЭК-5а) на органолептические показатели хлеба, приготовленного по рецептуре батона нарезного, через 24, 96 и 120 ч после выпечки

Из рисунка 15 видно, что опытные образцы хлеба через 24 ч после выпечки по органолептическим показателям качества превосходили контроль: по мягкости при надавливании на изделие контрольный образец хлеба получил 3 балла, образцы при совместном применении ферментных препаратов Амилазы 1,

Ксиланазы 1 и мальтогенной амилазы или Амилазы 2, Ксиланазы 2 и мальтогенной амилазы - по 5 баллов; по степени выраженности вкуса контроль получил 4 балла, опытные образцы - по 5 баллов; по интенсивности запаха контроль - 4 балла, образец хлеба с ферментными препаратами Амилазой 1, Ксиланазой 1 и мальтогенной амилазой - 5 баллов, образец хлеба с ферментными препаратами Амилазой 2, Ксиланазой 2 и мальтогенной амилазой - 4 балла; по эластичности мякиша контроль - 4 балла, опытные образцы - по 5 баллов; по крошковатости мякиша контроль - 4 балла, опытные образцы - по 5 баллов.

Образцы хлеба с ферментными препаратами Амилазой 1, Ксиланазой 1 и мальтогенной амилазой или Амилазой 2, Ксиланазой 2 и мальтогенной амилазой через 96 и 120ч после выпечки по органолептическим показателям качества также превосходили контроль: по мягкости при надавливании на изделие контрольный образец хлеба получил 3 и 3 балла, образцы хлеба с ферментными препаратами Амилазой 1, Ксиланазой 1 и мальтогенной амилазой - 5 и 4 баллов и Амилазой 2, Ксиланазой 2 и мальтогенной амилазой,- 5 и 4 баллов; по степени выраженности вкуса контроль получил 4 и 4 балла, опытные образцы - по 5 и 5 баллов; по интенсивности запаха контроль - 4 и 3 балла, образец хлеба с ферментными препаратами Амилазой 1, Ксиланазой 1 и мальтогенной амилазой - 5 и 4 баллов, образец хлеба с Амилазой 2, Ксиланазой 2 и мальтогенной амилазой - 4 и 4 балла; по эластичности мякиша контроль - 3 и 3 балла, опытные образцы - по 5 и 5 баллов; по крошковатости мякиша контроль - 3 и 3 балла, опытные образцы - по 5 и 5 баллов соответственно.

Результаты анализов показали, что совместное применение ферментных препаратов Амилазы 1, Ксиланазы 1 и мальтогенной амилазы или Амилазы 2, Ксиланазы 2 и мальтогенной амилазы существенно улучшает физико-химические и органолептические показатели качества хлеба, приготовленного по рецептуре батона нарезного, и способствуют сохранению его свежести в течение 120 ч.

Полученные данные свидетельствуют о высокой технологической эффективности композиции на базе отечественных ФП в улучшении органолептических, физико-химических показателей качества и структурно-

механических свойств мякиша хлебобулочных изделий из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта.

Исследовали влияние совместного применения ферментных препаратов Амилазы 1, Ксиланазы 1 и мальтогенной амилазы или Амилазы 2, Ксиланазы 2 и мальтогенной амилазы и продолжительности брожения опары 120 и 210 мин на качество хлеба, приготовленного по рецептуре батона нарезного из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта. Полученные результаты приведены в Приложении 12.

Установили, что при приготовлении теста на опаре, продолжительностью брожения которой составила 120 мин, совместное применение ферментных препаратов Амилазы 1, Ксиланазы 1 и мальтогенной амилазы или Амилазы 2, Ксиланазы 2 и мальтогенной амилазы по сравнению с контролем способствует увеличению пористости мякиша на 4,7 и 6,1 %, удельного объема хлеба - на 20,0 и 20,0 %, формоустойчивости - на 4,6 и 4,6 %, деформации сжатия мякиша - на 48,7 и 47,9 %, упругости - на 55,2 и 60,9 % соответственно.

При брожении опары в течение 210 мин степень улучшения физико-химических показателей ниже: удельный объем образцов, приготовленных с ферментными препаратами Амилазой 1, Ксиланазой 1 и мальтогенной амилазой или Амилазой 2, Ксиланазой 2 и мальтогенной амилазой возрастает только на 9,8 и 9,8 %, пористость мякиша - на 2,4 и 2,4 %, формоустойчивость хлеба на 4,3 и 2,1 % соответственно по сравнению с контролем.

Таким образом, степень улучшения физико-химических и органолептических показателей качества хлеба с ферментными препаратами Амилазой 1, Ксиланазой 1 и мальтогенной амилазой или Амилазой 2, Ксиланазой 2 и мальтогенной амилазой зависит от продолжительности брожения опары. При увеличении продолжительности брожения опары до 210 мин, по сравнению с опарой продолжительностью брожения 120 мин, у образцов с ферментными препаратами Амилазой 1, Ксиланазой 1 и мальтогенной амилазой или Амилазой 2, Ксиланазой 2 и мальтогенной амилазой возрастает удельный объем на 7,1 и 7,1

%, деформация сжатия - на 57,4 и 2,8 %, упругости - на 17,8 и 5,7 % соответственно, запах и вкус становятся более выраженными.

При брожении опары в течение 120 мин и приготовлении теста при совместном применении ферментных препаратов Амилазы 1, Ксиланазы 1 и мальтогенной амилазы или Амилазы 2, Ксиланазы 2 и мальтогенной амилазы обеспечиваются более высокие органолептические показатели: большая эластичность мякиша, более выраженный вкус и запах, а также отсутствует крошковатость по сравнению с характеристиками контроля. Однако при брожении опары в течение 210 мин указанные показатели качества не только лучше, чем у контроля, но и лучше, по сравнению с опытными образцами хлеба, приготовленного с использованием опары, продолжительность брожения которой составляла 120 мин.

Заключение по разделу 3.6

На основании проведенных исследований установлено, что при приготовлении хлебобулочных изделий совместное применение ферментных препаратов Амилазы 1, Ксиланазы 1 и мальтогенной амилазы или Амилазы 2, Ксиланазы 2 и мальтогенной амилазы на пятые сутки (120 ч) обеспечивает более высокие физико-химические и органолептические показатели качества хлеба по сравнению с контролем: способствует повышению удельного объема и формоустойчивости хлеба, пористости мякиша и его структурно-механических свойств и улучшению вкуса и запаха хлеба. При этом наиболее выраженный вкус и запах хлеба обеспечивает выработка изделий с ферментными препаратами Амилазой 1, Ксиланазой 1 и мальтогенной амилазой.

Воздействие амилолитических ферментных препаратов на крахмал способствует увеличению сахаров в тесте, интенсифицирует брожение, повышает газообразование на этапе окончательной расстойки и на ранних стадиях выпечки тестовых заготовок, что приводит к увеличению объема хлеба и улучшению текстуры мякиша. В результате действия α -амилазы в процессе брожения и выпечки происходит изменение структуры и свойств крахмала, а также накопление низкомолекулярных декстринов, что влияет на реологические и

структурно-механические свойства теста [135]. Бактериальная мальтогенная амилаза гидролизует крахмал до мальтозы и мальтоолигосахаридов, воздействует преимущественно на внешние ветви амилопектина, укорачивая их, но не нарушая целостность крахмальных зерен и не разрывая связи между ними. Таким образом, достигается замедление ретроградации амилопектина при минимальном негативном воздействии на реологические свойства теста [7, 113, 124, 146]. Высокая эффективность мальтогенной амилазы объясняется ее способностью гидролизовать крахмал с получением мальтоолигосахаридов со степенью полимеризации 2-7, которые обладают способностью замедлять кристаллизацию крахмала [100, 102, 135]. Вероятно, именно они имеют наиболее подходящие размеры, чтобы удерживать молекулы воды вокруг молекул крахмала и тем самым замедлять процесс черствения.

Доказанная технологическая эффективность совместного применения ферментных препаратов Амилазы 1, Ксиланазы 1 и мальтогенной амилазы или Амилазы 2, Ксиланазы 2 и мальтогенной амилазы обусловлена составом и количеством используемых ФП. Синергетическое действие компонентов композиций (амилаз, эндо-ксиланазы, эндо-пептидазы и др.) в процессе приготовления теста и в начальный период выпечки хлеба проявляется в комплексной модификации полимеров муки (белков, крахмала, некрахмальных полисахаридов). В результате чего достигается улучшение физико-химических и органолептических показателей качества и увеличение срока сохранения свежести хлебобулочных изделий.

Полученные данные свидетельствуют о том, что технологическая эффективность отечественных ферментных препаратов не ниже технологической эффективности ферментных препаратов зарубежного производства и даже несколько выше: по удельному объему изделий, пористости мякиша, цвету, вкусу и запаху, а также по влиянию на сохранение свежести изделий.

Таким образом, установлены оптимальные дозировки ферментных препаратов для мультэнзимной композиции МЭК-5, состоящей из ферментных препаратов отечественного производства - Амилазы 1 с α -амилазной

активностью, Ксиланазы 1 с эндо-ксиланазной и сопутствующей экзо-пептидазной активностями и мальтогенной амилазы зарубежного производства и МЭК-5а, состоящей из ферментных препаратов только зарубежного производства - Амилазы 2 с α -амилазной активностью, Ксиланазы 2 с эндо-ксиланазной активностью и мальтогенной амилазы.

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

Исследовали влияние МЭК-1 и МЭК-5 на степень черствости хлебобулочных изделий при хранении. При этом МЭК-1 и МЭК-5 сравнивали с аналогичной композицией ферментных препаратов зарубежного производства - МЭК-1а и МЭК-5а. В качестве контролей использовали образцы, приготовленные без ферментных препаратов и хлебобулочные изделия, приготовленные с МЭК-1.

Для этого проводили лабораторные выпечки хлебобулочных изделий по рецептуре батона нарезного в соответствии с параметрами, приведенным в разделе 2.2.3, опарным способом из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта с удовлетворительно крепкой клейковиной и удовлетворительной автолитической активностью (проба 1). После выпечки образцы оставляли для остывания, затем упаковывали в полиэтиленовые пакеты, которые закрывали клипсами, и закладывали в термостат на хранение при температуре 23 ± 2 °С в течение 120 ч. Через 24, 48, 72, 96, 120 ч после выпечки определяли скорость черствения мякиша по методике «Оценка степени черствости хлебобулочных изделий СТП–1703», указанной в разделе 2.2.5.4.

Показатели средних значений усилия нагружения на инденторе (F_{cp}), полученные при исследовании мякиша образцов хлебобулочных изделий, приведены на рисунке 16, показатели ΔF мякиша (разница усилий нагружения) образцов хлеба – на рисунке 17 и 18, показатель степени черствости - на рисунке 19.

Из рисунка 16 видно, что усилие нагружения на пробы через 24 ч хранения образцов, приготовленных с МЭК-1 и МЭК-1а было меньше на 32,8 и 30,0 % соответственно по сравнению с показателем контрольной пробы; у проб с МЭК-5

и МЭК-5а усилие нагружения было меньше на 13,2 и 17,0 % по сравнению с аналогичным показателем проб с МЭК-1, МЭК-1а и на 41,6 и 41,9 % соответственно по сравнению с контролем.

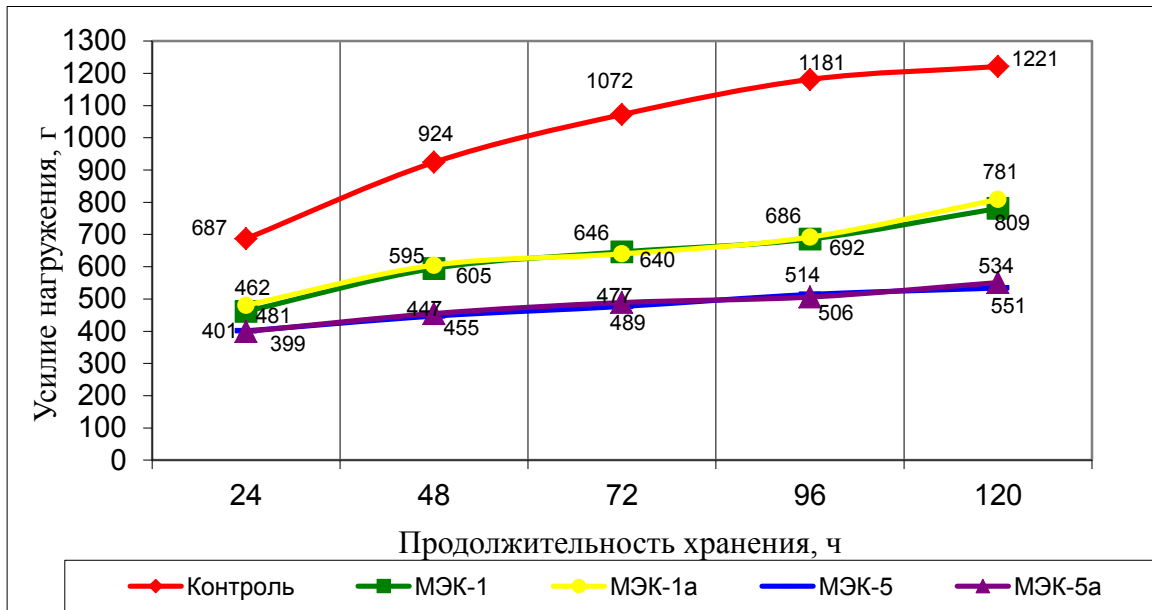


Рисунок 13 – Влияние МЭК на усилие нагружения на инденторе при деформации мякиша образцов хлебобулочных изделий при хранении

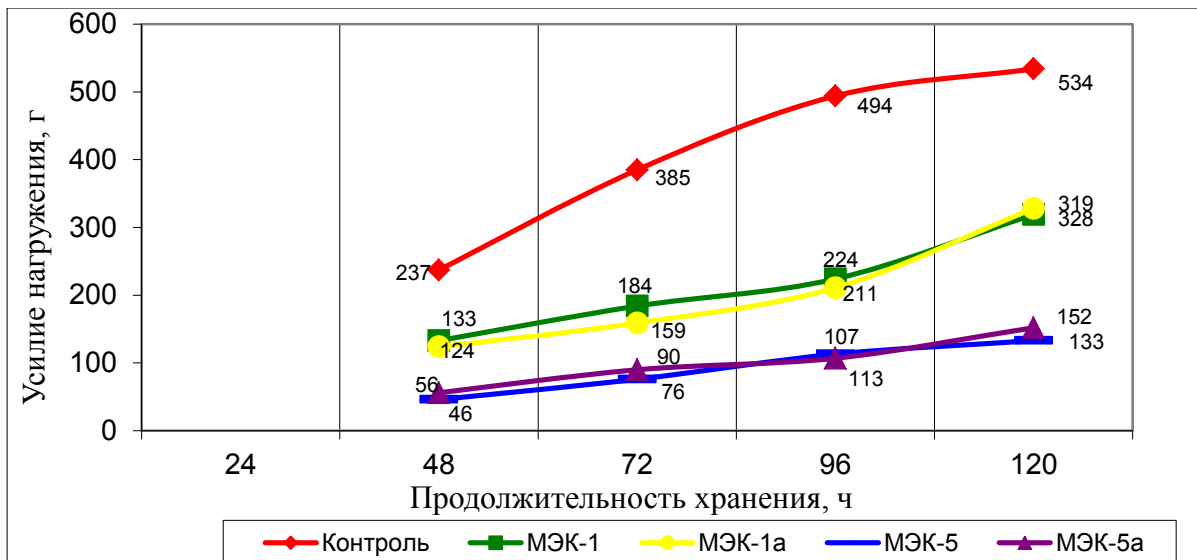


Рисунок 17 – Влияние МЭК на показатель ΔF мякиша хлебобулочных изделий при хранении

Усилие нагружения на пробы через 120 ч хранения образцов, приготовленных с МЭК-1 и МЭК-1а, было меньше на 36,0 и 33,7 % соответственно, по сравнению с показателем контрольной пробы; у проб с МЭК-5 и МЭК-5а усилие нагружения было меньше на 31,6 и 31,9 % по сравнению с

аналогичным показателем проб с МЭК-1, МЭК-1а и на 56,3 и 54,9 % соответственно, по сравнению с контролем.

Разница между показателем усилия нагружения через 24 ч хранения хлебобулочных изделий и показателем усилия нагружения через 48 ч контрольного образца (рисунок 17) составляла 237 г, образцов с МЭК-1, МЭК-1а, МЭК-5 и МЭК-5а была ниже по сравнению с контролем на 43,9; 47,7; 80,6 и 76,4 % соответственно.

Разница между показателем усилия нагружения через 24 ч измерения и показателем усилия нагружения через 120 ч контрольной пробы составляла 234 г; у проб, приготовленных с МЭК-1 и МЭК-1а - была меньше на 40,2 и 38,6 % соответственно по сравнению с показателем контрольной пробы (534 г); у проб с МЭК-5 и МЭК-5а-была меньше на 75,0 и 71,5 % соответственно по сравнению с показателем контрольной пробы (534 г) и на 58,3 и 53,7 %, по сравнению с аналогичным показателем проб с МЭК-1, МЭК-1а соответственно.

Показатели ΔF мякиша образцов хлебобулочных изделий через каждые 24 ч хранения приведены на рисунке 18.

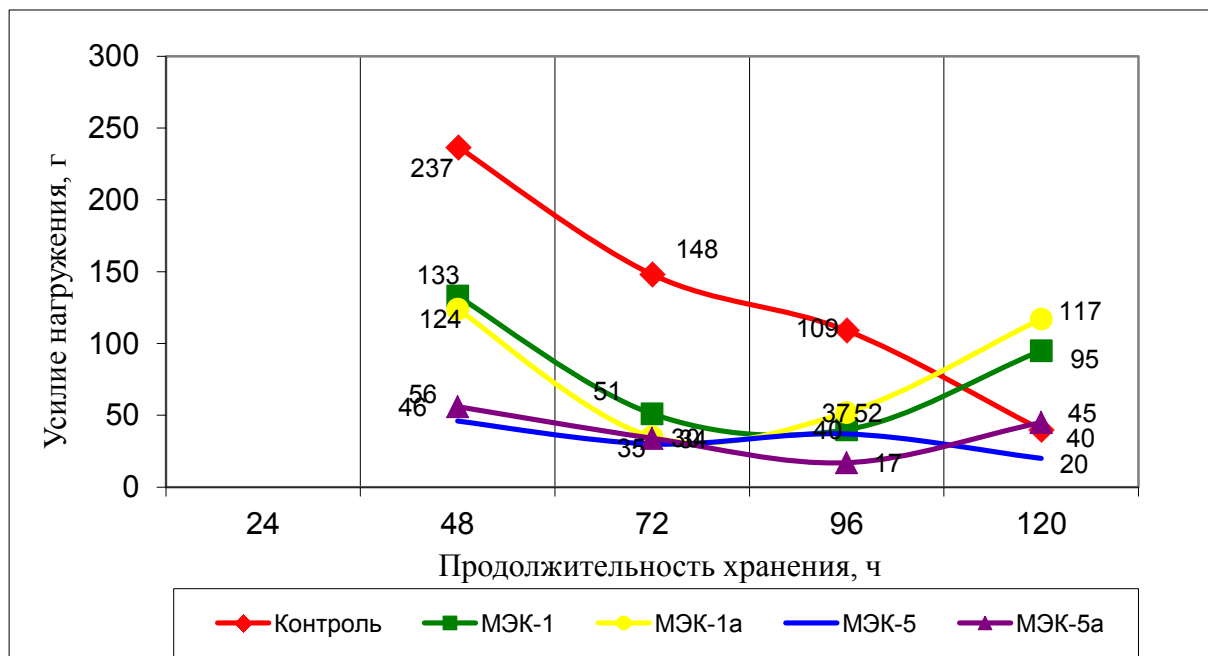


Рисунок 18 – Влияние МЭК на показатель ΔF через каждые 24 ч хранения хлебобулочных изделий при хранении

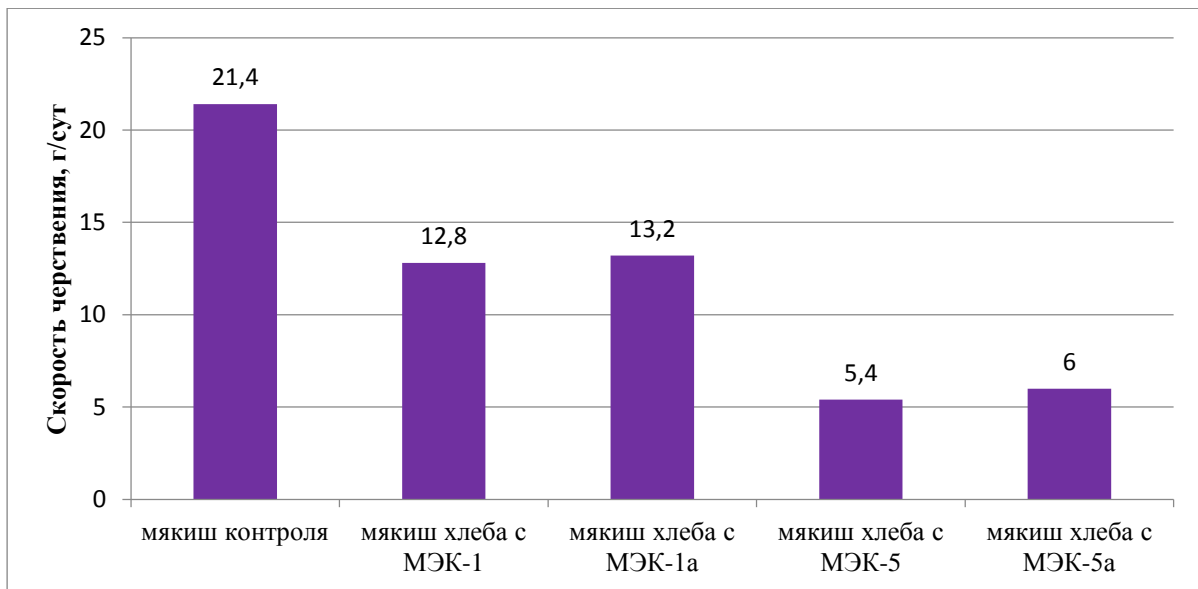


Рисунок 19– Влияние МЭК на скорость черствения мякиша хлебобулочных изделий после хранения в течение 120 ч

Установлено, что показатель ΔF через каждые 24 ч хранения хлебобулочных изделий контрольной пробы и опытных образцов изменялся по-разному.

Оценка полученных данных (рисунок 19) показала, что мякиш хлебобулочных изделий с МЭК-1, МЭК-1а, МЭК-5 и с МЭК-5а характеризуется меньшей скоростью черствения через 120 ч хранения по сравнению с контролем.

Образцы хлеба с МЭК-5 и МЭК-5а отличались наименьшей скоростью черствения. Следовательно, использование данных мультэнзимных композиций будет способствовать большему замедлению черствения и увеличению срока годности продукции. Также следует отметить, что образцы хлеба, приготовленные с использованием ФП отечественного производства (МЭК-1 и МЭК-5) характеризуются скоростью черствения аналогичной образцам хлеба на основе МЭК, включающей только зарубежные ФП.

Таким образом, проведенные исследования подтвердили эффективность использования всех разработанных мультэнзимных композиций для замедления черствения и увеличения сроков годности. При этом наибольшей эффективностью отличались 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 ферментных препаратов, 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 (Приложение 13). Разработаны рекомендации по применению мультэнзимных добавок в хлебопечении (Приложение 14).

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 (0,0032 % на 100 кг муки), муки с пониженной автолитической активностью (ЧП более 300 с) - 64 ppm (0,0064 % на 100 кг муки).

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 (0,0082 % на 100 кг муки).

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 - промышленную апробацию разработанных МЭК-1, МЭК-1а, проводили на ООО «Институт хлеба» при выпечке батонов нарезных массой 0,4 кг из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта. Изделия готовили по рецептуре и технологическим параметрам, приведенным в акте производственных испытаний от 11.04.2019 г. (Приложение 15).

Исследовали влияние МЭК-1, включающую ферментные препараты отечественного производства Амилазу 1 с α -амилазной активностью в количестве 0,0002 % от массы муки и Ксиланазу 1 с эндо-ксиланазной и сопутствующей экзо-протеазной активностями в количестве 0,003 % от массы муки, и МЭК-1а, включающую ферментные препараты зарубежного производства аналогичные отечественным - Амилазу 2 в количестве 0,0002 % от массы муки и Ксиланазу 2 в количестве 0,002 % от массы муки.

Проведенные испытания показали эффективность применения в хлебопекарной промышленности разработанных МЭК-1, МЭК-1а. Использование этих добавок в производстве батона нарезного способствовало улучшению физико-химических и органолептических показателей качества изделия.

Опытно - промышленную апробацию разработанных МЭК-5, МЭК-5а проводили на ООО «Экохлеб» при выпечке батонов нарезных массой 0,4 кг из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта. Изделия готовили по рецептуре и технологическим параметрам, приведенным в акте производственных испытаний от 16.08.2018 г. (Приложение 16).

Исследовали влияние МЭК-5, включающую ферментные препараты отечественного производства с α -амилазной активностью (Амилазу 1 в количестве 0,0002 % от массы муки), эндо-ксиланазной и сопутствующей экзо-протеазной активностями (Ксиланазу 1 в количестве 0,003 % от массы муки) и мальтогенную амилазу зарубежного производства (мальтогенную амилазу в

количестве 0,005 % от массы муки), и МЭК-5а, содержащую мальтогенную амилазу и аналогичные отечественным ферментным препаратам (Амилазу 2 в количестве 0,0002 % и Ксиланазу 2 в количестве 0,002 % от массы муки) зарубежного производства.

Проведенные испытания показали эффективность применения в хлебопекарной промышленности разработанных МЭК-5, МЭК-5а. Использование МЭК-5 МЭК-5а в производстве батона нарезного способствовало улучшению физико-химических показателей качества батона: прирост удельного объема по сравнению с контролем составил 21,2 и 15,1 %, прирост пористости мякиша - 2,4 и 2,4 %, прирост деформации сжатия мякиша - 83,1 и 62,9 % и упругости - 94,1 и 70,6 % соответственно. По органолептическим показателям опытные образцы отличались отсутствием крошковатости, хорошей эластичностью мякиша, более выраженным вкусом и запахом.

Экономический эффект - конечный экономический результат, являющийся абсолютным показателем в денежных единицах, характеризующий доход, полученный от реализации изделий и расходами на ее производство. Производили расчет экономической эффективности по себестоимости продукции на единицу продукции, а также в объеме расчетного года.

Экономический эффект от производства МЭК-1 рассчитывался, исходя из расчета стоимости единицы продукции и объема продукции, выработанной за определенный период (расчетный год). Производили вычисления стоимости сырья на 1 тонну готовой продукции.

Предполагается, что МЭК-1 будет производиться в НИИХП, а при формировании спроса и увеличении объемов производства на опытно-промышленном производстве, в том числе в других субъектах Федерации.

В таблице 24 представлены рецептуры МЭК-1 и МЭК-1а, в таблице 25 - стоимость сырья на 1 тонну МЭК.

Таблица 24 - РецепттураМЭК

Наименование сырья	Количество сырья, кг
Амилоризин	0,0002
Протозим	0,003
Фунгамил 2500	0,0002
Пентопан моно	0,002

Таблица 25 - Стоимость сырья на 1 тонну МЭК

Наименование сырья	Цена, руб/кг	Норма расхода, кг/т	Стоимость, руб.
Амилоризин	1800	6,25	111500
Протозим	2800	93,75	2625000
Итого для МЭК-1	-	-	2736500
Фунгамил 2500	2900	9,1	263900
Пентопан моно	4200	90,9	3817800
Итого для МЭК-1а	-	-	4081700

Экономический эффект достигается за счет получения прибыли и составит 829248,96 руб. на 1 т в первый год.

Таблица 26 -Прибыль от продукции

Статьи калькуляции	МЭК-1	МЭК-1а
	Сумма, руб.	Сумма, руб.
Сырьё и материалы	2736500	4081700
Зарплата основного произв. рабочего	312480	-
Соц. отчисления	406224	-
Всего прямые расходы	3455204	-
Всего расходы	4146245	-
Выручка	4975493,76	-
Прибыль	829248,96	-

Учитывая конкурентоспособность данного продукта по сравнению с импортным аналогом компании Novozymes по цене, а также существенные риски, связанные с политической ситуацией и необходимостью импортозамещения будет получен также социальный эффект у потребителей - хлебопекарных предприятий в форме снижения затрат на производство хлебобулочных изделий.

3 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 (5,0 ед.АС/кг) и 4 ppm (10,0 ед.АС/кг)), 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 (32 ед.АС/кг), 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 Ксиланазы 1 на содержание белковых фракций в тесте из муки пшеничной хлебопекарной приводит к увеличению содержания клейковинных белков (глиадин и глютеин) 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.

4 Список используемой литературы

1. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 г. № 1364-р // Собр. Законодательства РФ. 2016. № 28. Ст. 4758.
2. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации, утв. Указом Президента Российской Федерации № 20 от 21 января 2020 года / Собрание законодательства РФ, 2020. Электронный ресурс: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425>.
3. Кретович В.Л. Ферментные препараты в пищевой промышленности / В.Л. Кретович, В.Л. Яровенко - М.: Пищевая промышленность, 1975. - 535с.
4. Поландова Р.Д. Технологические рекомендации по улучшению качества хлебобулочных изделий из муки с пониженными хлебопекарными свойствами / Р.Д. Поландова, Г.Ф. Дремучева, О.Е. Карчевская и др. - М: Изд-во ООО «Вторая типография», 2010. - 98 с.
5. Поландова Р.Д. Применение новых ферментных препаратов в хлебопекарном производстве / Р.Д. Поландова, И.В. Матвеева - Обзорная информация - М.: ЦНИИТЭИ Минхлебопродуктов СССР, 1988 - С. 1-28.
6. Поландова Р.Д. К вопросу механизма действия хлебопекарных улучшителей / Р.Д. Поландова, Б.Уайтхэст, А.А. Атаев // Хлебопечение России. - 1999. - №1. - С.13-15.
7. Поландова Р.Д. Применение пищевых добавок в хлебопечении. / Р.Д. Поландова - Хлебопечение России. -1996. - № 1. - С. 10-12.
8. Матвеева И.В. Ферментные препараты для хлебопекарной отрасли: новые технологии и перспективы применения / И.В. Матвеева // Хлебопечение России. - 2003. - № 4. - С. 24-27.
9. Матвеева И.В. Пищевые добавки и хлебопекарные улучшители в производстве мучных изделий / И.В. Матвеева, И.Г. Белявская. - М., 2001. -115 с.
10. Матвеева И.В. Ферментные препараты: безопасность, инновационные применения, защита окружающей среды / И.В. Матвеева, В.Ю. Мартынов // Пищевые ингредиенты. - 2010. - № 2. - С. 24-28.

11. Дремучева Г.Ф. Разработка ассортимента хлебобулочных изделий с комплексными улучшителями. / Г.Ф. Дремучева // Хлебопечение России. - 1996. - № 1.- С.13-14.
12. Пищевые ингредиенты в производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий / Монография. - М.: ДеЛи-плюс, 2013. - 527 с.
13. Пучкова Л.И. Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий. Часть 1. Технология хлеба / Л.И. Пучкова, Р.Д. Поландова, И.В. Матвеева. - СПб.: ГИОРД, 2005. - 559. с.
14. Пищевые ингредиенты в продуктах питания: от науки к технологиям / под ред. В.А Тутельяна, А.П. Нечаева, М.Г. Балыхина. 2-е изд., испр. и доп. - М.: МГУПП, 2021. - 664 с.
15. Кондратьева И. Использование ферментных препаратов на мукомольных заводах / И. Кондратьева // Хлебопродукты. - 2002. - № 6. - С. 26-28.
16. Степычева Н. В. Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий. Ч. 1. Основы технологии хлебопекарного производства / Н. В. Степычева. - Иваново: ГОУ ВПО Иван. гос. хим-технол. ун-т., 2005. - 152 с.
17. Angelo Samir Melim Miguel, Tathiana Souza Martins-Meyer, Érika Veríssimo da Costa Figueiredo, Bianca Waruar Paulo Lobo and Gisela Maria Dellamora-Ortiz. / Enzymes in Bakery: Current and Future Trends // Food Industry. - 2013. - DOI: 10.5772/53168.
18. Van Oort M. Enzymes in bread making / M. van Oort // Enzymes in Food Technology / Ed. by R. J. Whitehurst, M. Van Oort. - 2nd ed. - Chichester : Wiley-Blackwell, 2009. - P. 103-143.
19. Римарева Л.В. Ферментные препараты и биокаталитические процессы в пищевой промышленности /Л.В. Римарева, Е.М. Серба, Е.Н. Соколова, Ю.А. Борщева, Н.И. Игнатова // Вопросы питания. Том 86. - 2017. - № 5. - С. 63-74.
20. Нечаев А.П. Пищевая химия: Учебник для студентов вузов, обучающихся по направлениям: 552400 «Технология продуктов питания»/ А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова. - 2-е издание, переработанное и исправленное. - СПб.: ГИОРД, 2003.- 640 с.

21. Попов М.В. Технологические решения производства пшеничной муки целевого назначения для хлебобулочных и мучных кондитерских изделий: дисс. канд. тех. наук: 05.18.01 / Попов Михаил Владимирович. - Москва: Моск. гос. ун-т пищ. пр-в.: 2008. - 171 с.
22. Sanz Penella J. M. Effect of wheat bran and enzyme addition on dough functional performance and phytic acid levels in bread / J. M. Sanz Penella, C. Collar, M. Haros // *Journal of Cereal Science*. - 2008. - V. 48. - № 3. - P. 715-721.
23. Stauffer C. Enzymes used in Bakery Production. 2. Applications of Enzymes / C. Stauffer // *Technical Bulletin American Institute of Baking, Research Department*. - 1994. - V. 16. - № 5. - P. 1-8.
24. Van Dam H.V. Yeast and enzymes in bread-making / H.V. Van Dam, J.D. Hille // *Cereal Foods World*. - 1992. - V. 37. - № 3. - P. 245-252.
25. Wheat flour constituents: How they impact bread quality, and how to impact their functionality / H. Goesaert [et. al] // *Trends in Food Science and Technology*. - 2005. - Vol. 16. - № 1-3. - P. 12-30.
26. Нечаев А.П. Пищевые ингредиенты в производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий / А. П. Нечаев [и др.]. - М.: Дели плюс. - 2013. - 527 с.
27. Codina G.G. & Leahu, A. The improvement of the quality of wheat flour with a lower content of alpha-amylase through the addition of different enzymatic products. *Lucrari Stiintifice Ser. Agron.* - 2009. - V.52. - P. 629-635.
28. Goesaert H. Antifirming Effects of Starch Degrading Enzymes in Bread Crumb / H. Goesaert, P. Leman, A. Bijttebier, J.A. Delcour // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. - 2009. - V. 57(6). - P. 2346-2355.
29. Ahmad Z. Xylanolytic modification in wheat flour and its effect on dough rheological characteristics and bread quality attributes / Z. Ahmad, M.S. Butt, A. Ahmed, N. Khalid // *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*. - 2013. - V. 56(6). - P. 723-729.
30. Sanz-Penella J.M. Impact of α -Amylase During Breadmaking on In Vitro Kinetics of Starch Hydrolysis and Glycaemic Index of Enriched Bread with Bran. / J.M Sanz-Penella, J.M. Laparra, M. Haros // *Plant Foods for Human Nutrition*. - 2014. - V. 69(3). - P. 216-221.

31. Ait Kaki El-Hadef El-Okki A., Gagaoua M., Bourekoua H., Hafid K., Bennamoun L., Djekrif- Dakhmouche S., El-Hadef El-Okki M. & Meraihi Z. Improving Bread Quality with the Application of a Newly Purified Thermostable α -Amylase from *Rhizopusoryzae* FSIS4. *Foods*. - 2017. - V. 6(1).
32. Tester R. F. Starch - composition, fine structure and architecture / R. F. Tester, J. Karkalas, X. Qi // *Journal of Cereal Science*. - Vol. 39 (2004). - № 2. - P. 151-165.
33. Электронный ресурс [<http://www.abercade.ru/research/analysis/1988.html>].
34. Williams T. Functional Ingredients / T. Williams, G. Pullen // *Technology of Breadmaking* / Ed. by S. P. Cauvain, L. S. Young. - 2nd ed. - Berlin : Springer, 2007. - P. 51-91.
35. Лукин Н.Д. Исследование действия амилолитических ферментов на нативный крахмал различных видов в гетерогенной среде / Лукин Н.Д., Бородина З.М., Папахин А.А., Шаталова О.В., Кривандин А.В. // *Достижения науки и техники АПК*. - 2013. - № 10. - С. 62-64.
36. Капрельянц Л.В. Использование ферментов в хлебопечении / Л.В. Капрельянц - *Харчова наука і технологія*. - 2009. - № 1(6). - С. 34-38.
37. Lagrain B. Impact of thermostable amylases during breadmaking on wheat bread crumb structure and texture / B. Lagrain, P. Leman, H. Goesaert & J.A. Delcour // *FoodRes. Int.* -2008.- V. 41. - P. 819-827.
38. Sahnoun M., Naili B., Elgharbi F., Kammoun R., Gabsi K. & Bejar S. Effect of *Aspergillus oryzae* CBS 819.72 α -amylase on rheological dough properties and bread quality. *Biologia*. - 2013. - V. 68(5).
39. Белибова Ю.А. Разработка способов регулирования свойств и обогащения пшеничной муки на стадии ее производства: Дисс....канд. техн. наук. - Москва. - 2008. - 176 с.
40. Братерский Ф.Д. Ферменты зерна / Ф.Д. Братерский. -М.: Колос.- 1994.- 196 с.
41. Bijttebier A. Temperature impacts the multiple attack action of amylases / A. Bijttebier, H. Goesaert, J.A. Delcour // *Biomacromolecules*. - V. 8 (2007). - № 3. - P. 765-772.
42. Wursch P. Inhibition of amylopectin retrogradation by partial beta amylolysis / P. Wursch, D. Gumy // *Carbohydrate Research*. - Vol. 256 (1994). - № 1. - P. 129-137.

43. Yoshida C. Effect of the water soluble fraction on the viscoelasticity of wheat gluten. / C.Yoshida, G. Danno // *Agricultural and biological chemistry*- 1989. - V 53 - № 1. - P. 121-128.
44. Горячева А.Ф. Сохранение свежести хлеба. / А.Ф. Горячева, Р.В. Кузьминский. - М. : Легкая и пищевая промышленность, 1983. - 240 с.
45. Грачева И.М. Технология ферментных препаратов / И.М. Грачева, А.Ю. Кривова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Элевар 2000. - 512 с.
46. Properties and applications of starch-converting enzymes of the α -amylase family / M.J.E.C. van der Maarel [et. al] // *Journal of Biotechnology*. - Vol. 94 (2002). - № 2. - P. 137-155.
47. Pateras I.M.C. Bread spoilage and staling / I.M.C. Pateras // *Technology of Breadmaking* / Ed. by S. P. Cauvain, L. S. Young. - 2nd ed. - Berlin: Springer, 2007. - P. 275-298.
48. Hug-Iten S. Staling of Bread: Role of Amylose and Amylopectin and Influence of Starch-Degrading Enzymes / S. Hug-Iten, F. Escher & B. Conde-Petit // *Cereal Chemistry Journal*. - 2003. - 80(6), P. 654-661.
49. Calvin O. Starch and modified starch in bread making: A review / O. Calvin // *African Journal of Food Science*. -2016. - 10(12). - P. 344-351.
50. Goesaert H. Enzymes in Breadmaking. In *Bakery Products* / H.Goesaert, K. Gebruers, C.M. Courtin, K. Brijs & J.A Delcour // Blackwell Publishing: Oxford, UK. - 2007. - P. 337-364.
51. He L. Functional expression of a novel α -amylase from Antarctic psychrotolerant fungus for baking industry and its magnetic immobilization / L.He, Y. Mao, L. Zhang, H. Wang, S.A. Alias, B. Gao & D. Wei // *BMC Biotechnology*. - 2017. - 17(1).
52. Grewal N. Structure of Waxy Maize Starch Hydrolyzed by Maltogenic α -Amylase in Relation to Its Retrogradation / N. Grewal, J. Faubion, G. Feng, R.C. Kaufman, J.D. Wilson & Y.C. Shi // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. - 2015. - 63(16).
53. Bueno M.M. Microbial Enzymes as Substitutes of Chemical Additives in Baking Wheat Flour-Part I: Individual Effects of Nine Enzymes on Flour Dough Rheology / M.M. Bueno, R.C.S. Thys & R.C. Rodrigues // *Food and Bioprocess Technology*. - 2016. - 9(12). - P. 2012-2023.

54. Sanz-Penella J.M. Impact of α -Amylase During Breadmaking on In Vitro Kinetics of Starch Hydrolysis and Glycaemic Index of Enriched Bread with Bran / J.M. Sanz-Penella, J.M. Laparra & M. Haros // Plant Foods for Human Nutrition. - 2014. - 69(3). P. - 216-221.
55. Шлеленко Л.А. Разработка комплексных улучшителей для интенсивной технологии хлебобулочных изделий из пшеничной муки: Дисс....канд. техн. наук. - Москва. - 2001. - 176 с.
56. Бровкин С.И. Применение цитолитических ферментных препаратов в хлебопечении / С.И. Бровкин. - М. - Пищепромиздат. - 1959.- 205 с.
57. Enzymes in Industry: Production and Applications / Ed. by W. Aehle. - 3rd ed., completely rev. - Weinheim: Wiley-VCH, 2007. - 508 p.
58. Defloor I. Impact of maltodextrins and antistaling enzymes on the differential scanning calorimetry staling endotherm of baked bread doughs. / I.Defloor, A. Delcour/ Journal of Agricultural and Food Chemistry.-1999.- 47.- № 2. - 739 p.
59. Duran E. Mechanisms of alpha-amylase action as bread anti-staling agents. / E. Duran, B.Barber, C.Benedito de Barber - Cereals 96: Source and Future Civilization: 10-th Int. Cereal and Bread Congress, Porto Carras (Chalkidiki), June 9-12, 1996: Book Abstract - Porto Carras (Chalkidiki).- 1996.- 133 p.
60. Martin M.L. A mechanism of bread firming. II. Role of starch hydrolyzing enzymes. / M.L Martin., R.C Hosenev. -Cereal chemistry, 1991. - № 5. - V.68. -P. 503-507.
61. Hebeda R. E. Use of intermediate temperature stability enzymes for retarding staling in baked goods / R. E. Hebeda, L. K. Bowles, W. M. Teague // Cereal Foods World. - Vol. 36 (1991). - P. 619-624.
62. Effects of mutant thermostable β -amylases on rheological properties of wheat dough and bread / T. Maeda [et. al] - Cereal Chemistry. - Vol. 80 (2003). - № 6. - P. 722-727.
63. Колупаева Т.Г. Ферментные препараты для сохранения свежести хлебобулочных изделий / Т.Г. Колупаева, И.В. Матвеева //Хлебопечение России. - 2001. - № 1. - С. 25-27.
64. Колупаева Т. Сохранение свежести хлеба и снижение крошковатости с применением препарата «НОВАМИЛ Л» / Т. Колупаева, И. Матвеева, Н. Ланшин, Е. Матвеева // Хлебопродукты, 2008. - № 3. - С. 46-47.

65. Enzymes in Breadmaking / H. Goesart [et. al] - Bakery Products : Science and Technology / Ed. by Y. H. Hui. - Oxford: Blackwell Publishing, 2006. - P. 337-364.
66. Hopek M. Comparison of the effects of microbial amylases and scalded flour / M. Hopek, R. Ziobro, B. Achremowicz // ACTA Scientiarum Polonorum - Technologia Alimentaria. - Vol. 5 (2006). - № 1. - P. 97-106.
67. Nagarajan D.R. Purification and characterization of a maltooligosaccharide-forming β -amylase from a new *Bacillus subtilis* KCC103 / D.R. Nagarajan, G. Rajagopalan, C. Krishnan // Applied Microbiology and Biotechnology. - Vol. 73 (2006). - № 3. - P. 591-597.
68. Броварец Т.В. Применение глюкоамилазных ферментных препаратов в хлебопечении. / Т.В. Броварец, И.А. Попадич, Л.И. Пучкова /Обзорная информация. -М.: ЦНИИТЭИ Пищепром. - 1970. - 19 с.
69. Кузьминский Р.В Комплексное применение улучшителей качества хлеба./ Р.В. Кузьминский. Т.И. Шкваркина, И.А. Попадич - М.: ЦНИИТЭИ Минхлебопродуктов СССР. - 1984. - вып. 12. - 20 с.
70. Матвеева И.В. Концепция и технологические решение применения хлебопекарных улучшителей / И.В. Матвеева // Пищевая промышленность. - 2005. - № 5. - С. 20-23.
71. Ройтер И.М. Справочник по хлебопекарному производству/ И.М. Ройтер.- М., Пищевая промышленность, 1972. - 45 с.
72. Козьмина Н.П. Биохимия хлебопечения./ Н.П. Козьмина -М., Пищевая промышленность, 1978. - 265 с.
73. Gray J. A. Bread staling: Molecular basis and control / J. A. Gray, J. N. Bemiller - Comprehensive Reviews in Food Science and Safety. - Vol. 2 (2003). - № 1. - P. 1-21.
74. Si J.Q. Synergistic Effect of Enzymes for Breadbaking. / J.Q. Si // Encyclopedia of Bioprocess Technology. February. - 1999. - 256 p.
75. Outtrup H. Properties and application of a thermostable maltogenic amilase produced by a strain of *Bacillus* modified by recombinant DNA techniques. / H.Outtrup, B.E. Norman // Starch. - 1984.- v.36. - P. 405.

76. Матвеева И.В. Биотехнологические решения для замороженных полуфабрикатов и хлебобулочных изделий/ И.В. Матвеева, Д. Гаццола, С. Страхан // Хлебопродукты. - 2011. - № 9. - С. 30-32.
77. Экспертиза хлеба и хлебобулочных изделий. Качество и безопасность : Учеб.-справ. пособие / А.С. Романов [и др.]; Под общ. ред. В.М. Позняковского. - 2-е изд., испр. - Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2007. -С. 278.
78. Harada O. Effects of commercial hydrolytic enzyme additives on Canadian short process bread properties and processing characteristics / O. Harada, E.D. Lysenko, K.R. Preston // Cereal Chemistry. - Vol. 77 (2000). - № 1. - P. 70-76.
79. Melim Miguel A.S. Enzymes in Bakery: Current and Future Trends / A.S. Melim Miguel, T. Souza, E.V. Costa Figueiredo, B.W. Paulo Lobo & G. Maria // Food Industry. - 2013. - P. 287-321.
80. Heredia-Sandoval N. Microbial Proteases in Baked Goods: Modification of Gluten and Effects on Immunogenicity and Product Quality / N. Heredia-Sandoval, M. Valencia-Tapia, A. Calderón de la Barca & A. Islas-Rubio // Foods. -2016. - 5(3), 59.
81. Чижова К.Н. Белок клейковины и его преобразования в процессе хлебопечения / К.Н. Чижова // М.: Пищевая промышленность, 1979. - 135 с.
82. Michael G. Proteolysis in sourdough fermentations: mechanisms and potential for improved bread quality / Michael G. et al // Trends in Food Science & Technology. - 2008. - vol. 19. - № 10. - P. 513-521.
83. Van Oort M. Enzymes in bread making / M. van Oort // Enzymes in Food Technology, second ed. Chichester, Wiley-Blackwell. - 2010. - P. 103-143.
84. Халафян А.А. Statistica 6. Статистический анализ данных/ А.А. Халафян. - Ульяновск: Из-во "Бином-Пресс", 2007. - 505 с.
85. Handbook of Proteolytic Enzymes / 3rd Edition from Alan Barrett, Neil Rawlings, J. Woessner // Academic Press. - 2012. - 4104 p.
86. Жмурина С.В. Ферментные препараты протеолитического действия и хлебопекарные свойства муки / С.В. Жмурина, В.Н. Красильникова, М.Н. Куткина - Хлебопечение России. - 2000. - № 6. - С. 28-29.
87. Салманова Л.С. Цитолитические ферменты в пищевой промышленности / Л.С. Салманова // М., Легкая и пищевая промышленность. - 1982.- 208 с.

88. Si J.Q. New Developments of Enzymes for the Baking Industry / J.Q. Si // In the Proceeding of VI Meeting on industrial applications of Enzymes, Barcelona, November 29-30, - 1995. - P. 125-135.
89. Stauffer C. Enzymes used in Bakery Production. .Fundamentals of Enzymes / C.Stauffer // Technical Bulletin American Institute of Baking. Research Department. - 1994. - XVI № 4. - P. 1-6.
90. Stauffer C. The New Enzyme operatives. / C.Stauffer // Baking and Snack.- 1997. - V. 19. № 7.- P. 50-54.
91. Goesaert H. Wheat flour constituents: How they impact bread quality, and how to impact their functionality / Goesaert H. et. al. // Trends in Food Science and Technology. - 2005. - vol. 16. - № 1-3. - P. 12-30.
92. Pakhnenko E.P. Water-Insoluble Pentosans of Wheat Composition and some physical properties / E.P Pakhnenko, W. Bushuk // Cereal Chemistry. Am.assoc. of Cer.Chem. - 2005 - c. 158.
93. Caballero P.A. Improvement of dough rheology, bread quality and bread shelf-life by enzymes combination / P.A. Caballero, M. Gomez, C.M. Rosell // Journal of Food Engineering. - 2007. - V. 81(1). - P. 42-53.
94. Ganzle M.G. Proteolysis in sourdough fermentations: mechanisms and potential for improved bread quality / M.G. Ganzle, J. Loponen, M. Gobbetti // Trends in Food Science & Technology. - 2008. - V. 19 (10). - P. 513-521.
95. Van Oort M. Pentosans and pentosanases in bread making. / M. Van Oort., F.Van Straaten, C.Laane // International Food Ingredients. - 1995. - № 2. - P.23-27.
96. Ferrero C. Hydrocolloids in wheat breadmaking: A concise review / C. Ferrero // Food Hydrocolloids. - V. 68. - 2017. - P. 15-22.
97. Matsushita K. Interactions between gliadin adsorbed to the air-water interface and pectin added to the aqueous phase / K. Matsushita, I. Shinya // Journal of Cereal Science. - V. 79. - 2018. - P. 201-203.
98. Butt M.S. Xylanases and their applications in baking industry / M.S. Butt, M. Tahir-Nadeem, Z. Ahmad and M.T. Sultan // Food Technol. Biotechnol. - 2008. - V. 46 (1). - P. 22-31.

99. Hardt N.A. Wheat dough rheology at low water contents and the influence of xylanases / N.A. Hardt, R.M. Boom & A.J. van der Goot // Food Research International. - 2014. - V. 66, P. 478-484.
100. Yegin S.A Novel extremophilic xylanase produced on wheat bran from *Aureobasidium pullulans* NRRL Y-2311-1: Effects on dough rheology and bread quality / S. Yegin, B. Altinel & K. Tuluk // Food Hydrocolloids. - 2018. - 81. - P. 389-397.
101. Sharma S. Bioprocess development for production of a process-apt xylanase with multifaceted application potential / S. Sharma, V. Sharma, N. Parushi & B.K Bajaj // SN Applied Sciences. - 2020. - V. 2(4). - P. 1-15.
102. Driss D. Improvement of Breadmaking Quality by Xylanase GH11 from *Penicillium occitanis* Pol6 / D. Driss, F. Bhiri, M. Siela, S. Bessess, S. Chaabouni & R. Ghorbel // Journal of Texture Studies. - 2012. - V. 44(1). - P. 75-84.
103. Cunha C.C.Q.B Improvement of bread making quality by supplementation with a recombinant xylanase produced by *Pichia pastoris* / C.C.Q.B. Cunha, A.R. Gama, L.C. Cintra, L.A.M. Bataus & C.J. Ulhoa // PLoS ONE. - 2018. - V. 13(2).
104. Черных В.Я. Лабораторный практикум по реологии сырья, полуфабрикатов и готовых изделий хлебопекарного и кондитерского производства / В.Я. Черных, А.С. Максимов - М.: ИК МГУПП, 2004. - 163 с.
105. Both J. Micronized whole wheat flour and xylanase application: dough properties and bread quality / J. Both, B. Biduski, M. Gómez, T.E. Bertolin, M.T. Friedrich & L.C. Gutkoski // Journal of Food Science and Technology. -2020. - V. 58. - P. 3902-3912.
106. Callejo M.J. Influencia de las enzimas en la evolution del pan durante suconservación / M.J. Callejo // Alimentaria: Revista de tecnología e higiene de los alimentos.-1997.- № 287.-P.45-50.
107. Autio K. Effects of cell wall components on the functionality of wheat gluten / K. Autio // Biotechnol Adv. - 2009. - V. 24, P. 633-635.
108. Информационные материалы фирмы Novozymes, США - 2017. <http://www.novozymes.com/en/solutions/food-and-beverages/baking/doughimprovement>.

109. Информационные материалы фирмы Enzeco, США - 2017. <http://www.enzyme.development.com/applications/baking>.
110. Информационные материалы фирмы Danisco A/S, Дания - 2017. <http://www.danisco.com/productrange/food-enzymes/bakery-enzymes>.
111. Мартыненко Н.С. Применение ЦелловиридинаГ20х для повышения качества пшеничного хлеба / Н.С. Мартыненко, Т.Г. Кичаева. И.И. Синякина и др. - ЦНИИТЭИ хлебопродуктов: Информ. сборник,- 1994.- вып.5.- С.24-27.
112. Sahi S.S. Quality Control / S.S. Sahi, K. Little // Bakery Products : Science and Technology / Ed. by Y. H. Hui. - Oxford : Blackwell Publishing, 2006. - P. 319-336.
113. Autio K. Effects of purified endo-beta-xylanase and endo-beta-glucanase on the structural and baking characteristics of rye doughs / K. Autio, H. Harkonen, T. Parkkonen, T. Frigard, K. Poutanen et al. // Lebensmittel-Wissenschaft und -Technology, 1996. - V. 29. - P. 18-27.
114. Blaszcak W. Structural changes in the wheat dough and bread with the addition of alpha-amylase / W. Blaszcak, J.Sadowska, C.M. Rosell and J. Formal // European Food Research and Technology, 2004. - V. 219 (4). - P. 348-354.
115. Dodge T. Production of industrial enzymes / edited by R. J Whitehurst and M. van Oort // Enzymes in Food technology. - 2010. - Wiley-Blackwell. P. 44-58.
116. Courtin C. M. Arabinoxylans and endoxyianases in wheat flour bread-making / C. M. Courtin and J. A. Delcour // Journal of Cereal Science. - 2002. - V. 35. - P. 225-243.
117. Виноградова А.А. Лабораторный практикум по общей технологии пищевых производств / А.А. Виноградова, Г.М. Мелькина, Л.А. Фомичева - М.: Агропромиздат, 1991. - 335 с.
118. Schoch T.I. Die Starke in Backerei-Erzeugnissen / T.I. Schoch // Baker's Digest, - 1965. - 39. - N 2. - P. 48.
119. Kim H.J. Effects of Combined α -Amylase and Endo-Xylanase Treatments on the Properties of Fresh and Frozen Doughs and Final Breads / H.J. Kim & S.H. Yoo // Polymers. -2020. - 12(6), 1349.
120. Зиновьева М.Е. Влияние мультэнзимной композиции на качество батона из пшеничной муки / М.Е. Зиновьева, В.С. Гамаюрова, К.Л. Шнайдер // Вестник технологического университета - 2016. - Т.19. - № 16. - С. 121-123.

121. Toni Acoski Influence of the enzyme complex in additive composition on bread yield in breadmaking process / Toni Acoski¹, Marija Stanojeska // Journal of Hygienic Engineering and Design. - 2011. - P. 243-246.
122. Липецкая Г.Л. Свойства мультиэнзимных композиций для хлебопекарного производства/ Г.Л. Липецкая, Р.Ю. Павлюк., Е.Л. Ведерникова // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. - 1981. - № 1. - С. 33-35.
123. Поландова Р.Д. Применение комплексных хлебопекарных улучшителей./ Р.Д. Поландова, Т.И. Шкваркина и др.. - Обзорная информация. -М.: ЦНИИТЭпищепром.. - 1986. - 32 с.
124. Поландова Р.Д. Проблемы промышленного производства комплексных хлебопекарных улучшителей. / Р.Д. Поландова, Т.П. Турчанинова, Б. Увайтхест - Хлебопечение России, 1998. - № 3. - С.25-27.
125. Ribotta P.D. Frozen dough in Bakery Products: Science and Technology, edited by Y.H. Hui. -Ames (USA) Blackwell Publishing / P.D. Ribotta, A.E. Leon, M.C. Anon. - 2006. -P. 381-390.
126. Китиссу П. Использование ферментов в технологии быстрозамороженных тестовых полуфабрикатов / П. Китиссу, А. Андреев // Хлебопродукты. - 2009. - N 4. - С. 52-53.
127. Selomulyo V.O. Frozen bread dough: Effect of freezing storage and dough improvers / V.O. Selomulyo, W. Zhou // Journal of Cereal Science. -2007. - № 45. -P. 1-17.
128. Горячева А.Ф. Улучшители качества хлеба / А.Ф. Горячева, В.С. Семенова, Т.И. Шкваркина // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. - 1975. - № 1. - С. 7-9.
129. Шлеленко Л.А. Влияние мультиэнзимных композиций на свойства теста и качество пшеничного хлеба / Л.А. Шлеленко, Р.Д. Поландова, Г.Ф. Дремучева // Хлебопечение России. - 2001. - № 1. - С.22-24.
130. Степычева Н.В. Использование амилолитических ферментных препаратов для замедления ретроградации крахмала / Н.В. Степычева, П.Н. Кучеренко // Известия вузов. Химия и химическая технология. - 2013. - Т. 56 № 8. - С. 3–10.

131. Courtin C. M. The use of two endoxyanases with different substrate selectivity provides insight into the role of endoxyanases in bread making / C.M. Courtin, A.S. Roelants and J. A. Delcour // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. - 2001. - V. 47, P. 1870-1877.
132. Dubdal L. Lipases in Baking: New approaches to a mechanistic understanding / L. Dubdal, J.Q. Si, A. Ehasson - *Proceeding of the European symposium on Enzymes in grain process.*- Dec.2-4.- 1996.- Noordwijkerhout, Holland - P 12-17.
133. Si J.Q. New Enzymes for the Baking Industry / J. Q. Si // *Food Technical Europe*. - 1996. - V. 3. - P. 60-64.
134. Si J.Q. Synergistic effects of enzymes for breadmaking improvements of dough rheology and crumb texture/ J. Q. Si // *Cereals 96: Source and Future Civilization: 10-th Int. Cereal and Bread Congress, Porto Carras (Chalkidiki), June 9-12, 1996: Book Abstract - Porto Carras (Chalkidiki).*- 1996 .- P.26.
135. Серeda А.С. Влияние нового комплексного ферментного препарата на качество хлеба из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта / А.С. Серeda [и др.] // *Хлебопродукты*. - 2016. - № 12. - С. 39-41.
136. Цурикова Н.В. Опыт-промышленная апробация нового комплексного ферментного препарата в производстве батончиков нарезных / Н.В. Цурикова, Е.И. Курбатова, А.С. Серeda, Е.В. Костылева, И.А. Великорецкая [и др.] // *Пищевая промышленность*. - 2017. - № 10. - С. 13-15.
137. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства: Учебник. - 9-е изд.; перераб. и доп./Под общ. ред. Пучковой Л.И. - СПб: Профессия. - 2002. - 416с.
138. Matveeva I. Enzymes in backing technology / I. Matveeva, B. Guillermo, G. Gazzola // *Katalog ferment preparatov «Novozymes»*, *Food Technical*. - 2015.- P.150.
139. Hilhorst R. Baking performance, rheology and chemical composition of wheat dough and gluten affect by xylanase and oxidative enzymes. / R Hilhorst, B. Dunnewind, R. Orsel // *Food Science*. - 1999. - № 5 - P.808-813.
140. Пшеница и оценка ее качества. Пер. с англ. Под ред. Козьминой Н.П., Любарского Л.Н. М.: Издательство «Колос», 1968. - 496 с.
141. Кретович В.Л. Биохимия растений. - М.: Высшая школа, 1986. - 503 с.

142. Cauvain S.P. Breadmaking. Improving quality / S.P. Cauvain // Woodhead Publishing, 2nd ed., 2012. - 832 p.
143. Chaudhary N. Relationship of molecular weight distribution profile of unreduced gluten protein extracts with quality characteristics of bread / N. Chaudhary, P. Dangi, B.S. Khatkar // Food Chemistry. - 2016. - V. 210, № 1. - P. 325-331.
144. Persaud J.N. Dynamic Rheological Properties of Bread Crumb. I. Effects of Storage Time, Temperature, and Position in the Loaf / J.N. Persaud, J.M. Faubion, J.G. Ponte // Cereal Chem., - 1990. - V. 67. - N 1. - P. 92.
145. ГОСТ Р 52189-2003. Мука пшеничная. Общие технические условия. - М.: Госстандарт России, 2005. - 7 с.
146. ГОСТ Р 54731-2011. Дрожжи хлебопекарные прессованные. Технические условия. - М.: Стандартинформ, 2013. - 11 с.
147. ГОСТ Р 51574-2018 Соль пищевая. Общие технические условия. - М.: Стандартинформ, 2018. - 8 с.
148. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», М.: Минздрав России, 2001.
149. ГОСТ 33222-2015 Сахар белый. Технические условия. - М.: Стандартинформ, 2015. - 15 с.
150. ГОСТ 1129-2013 Масло подсолнечное. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. - 16 с.
151. ГОСТ 27558-87 Мука и отруби. Метод определения цвета, запаха, вкуса и хруста. М.: Стандартинформ, 2007. - 4 с.
152. ГОСТ 9404-88 Мука и отруби. Метод определения влажности. - М.: Стандартинформ, 2007. - 4 с.
153. ГОСТ 26361-2013 Мука. Метод определения белизны. - М.: Стандартинформ, 2014. - 12 с.
154. ГОСТ 27839-2013 Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины. - М.: Стандартинформ, 2014. - 17 с.
155. ГОСТ 27676-88 Зерно и продукты его переработки. Метод определения числа падения. - М.: Стандартинформ, 2009. - 4 с.

156. ГОСТ 27493-87 Мука и отруби. Метод определения кислотности по болтушке. - М.: Стандартиформ, 2007. - 3 с.
157. Корячкина С.Я. Методы исследования свойств сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Методы исследования свойств растительного сырья / С.Я. Корячкина, Н.А. Березина, Е.В. Хмелева. - Орел: ФГОУ ВПО «Госунiversитет-УНПК». - 2011. - 297 с.
158. ГОСТ ISO 5530-1-2013 Мука пшеничная. Физические характеристики теста. Часть 1. Определение водопоглощения и реологических свойств с применением фаринографа. - М.: Стандартиформ, 2014. - 11 с.
159. ГОСТ ISO 7973-2013 Зерно и зернопродукты. Определение вязкости с применением амилографа. -М.: Стандартиформ, 2014. - 12 с.
160. ГОСТ Р 54330-2011 Ферментные препараты для пищевой промышленности. Методы определения амилолитической активности. -М.: Стандартиформ, 2013. - 15 с.
161. ГОСТ Р 55302-2012 Ферментные препараты для пищевой промышленности. Методы определения ксиленазной активности. -М.: Стандартиформ, 2013. - 17 с.
162. Чиждова К.Н. Технологический контроль хлебопекарного производства / К.Н. Чиждова, Т.Н. Шкравкина, Н.В. Запенина. -М.: Пищевая промышленность, 1975.- 479 с.
- 163.ГОСТ 5670-96 Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности. - Минск: Междгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1996. - 5 с.
164. ГОСТ 5667-65Хлеб и хлебобулочные изделия. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий. - М.: Стандартиформ, 2006. - 5 с.
165. ГОСТ 27669-88 Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба. - М.: Стандартиформ, 2007. - 9 с.
166. ГОСТ 21094-75 Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности. - М.: Стандартиформ, 2016. - 3 с.

167. ГОСТ 5669-96 Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости. - Минск: Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1996. - 2 с.
168. Пучкова Л.И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства. 4-е изд., перераб. и доп. / Л.И. Пучкова - СПб.: ГИОРД, 2004. - 264 с.
169. Leman P. Carbohydrate Polymers / P. Leman, H. Goesaert, G.E. Vandeputte, B. Lagrain, J.A Delcour. - 2005. - V. 62. - N 3. - P. 205.
170. Bowles L.K. Amylolytic enzymes. Baked Good Freshness: Technology, Evaluation and Inhibition of Staling. / L.K. Bowles. New York: Marcel Dekker. - 1996. - P. 105.
171. Трегубов Н.Н., Трегубова М.М. Технохимический контроль крахмалопаточного производства. - М.: Пищевая промышленность, 1974. 216 с.

5 Приложения



**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Международная научно-практическая молодежная конференция,
посвященная памяти Р.Д. Поландовой

**ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО:
ИННОВАЦИОННЫЕ ИДЕИ, НАУЧНЫЙ
ПОИСК, КРЕАТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ**

ДИПЛОМ
2 СТЕПЕНИ

Награждается
Усобо́й Мари́не
Владимировне

за участие в конференции с докладом
на тему:

Влияние параметров технологического
МКЖ-1 и МКЖ-5 на качество и
степень созревания свежести
батонов маезных из пшеничной
хлебопекарной муки высшего сорта

Директор
ФГАНУ НИИХП



Костюченко М.Н.

Москва, ФГАНУ НИИХП
5 июня 2019



**Влияние количества Амилазы 1 на качество хлеба из муки пшеничной
хлебопекарной высшего сорта (проба 1) при ускоренном способе приготовления
теста**

Наименование показателей	Контроль без ФП	С добавлением ФП в количестве, ppm (ед. АС/ кг)							
		1 (2,5)	2 (5,0)	3 (7,5)	4 (10,0)	5 (12,5)	6 (15,0)	7 (17,5)	8 (20,0)
Влажность мякиша, %	42,2	42,1	42,2	42,2	42,1	42,1	42,2	42,2	42,2
Пористость мякиша, %	80	81	82	82	83	83	83	83	82
Изменение к контролю, %	-	+1,3	+2,5	+2,5	+3,8	+3,8	+3,8	+3,8	+2,5
Кислотность мякиша, град	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7
Удельный объем хлеба, см ³ /г	3,32	3,49	3,99	3,90	3,85	3,76	3,71	3,66	3,63
Изменение к контролю, %	-	+5,1	+20,2	+17,5	+16,0	+13,3	+11,7	+10,2	+9,3
Формоустойчивость хлеба (Н/Д)	0,41	0,40	0,40	0,39	0,38	0,38	0,36	0,36	0,35
Изменение к контролю, %	-	-2,4	-2,4	-4,9	-7,3	-7,3	-12,2	-12,2	-14,6
Органолептическая оценка:									
Внешний вид хлеба: форма	Правильная								
поверхность	Без подрывов и трещин								
Цвет корки	Желтый	Светло-коричневый				Коричневый			
Состояние мякиша: пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь								
цвет	Белый								
промес	Без комочков и следов непромеса								
эластичность	Средняя	Хорошая					Средняя		
Пористость мякиша	Неравномерная, средняя								
Вкус	Свойственный хлебу	Свойственный хлебу, более выраженный							
Запах	Свойственный хлебу	Свойственный хлебу, более выраженный							
Крошковатость мякиша	Слегка крошащийся	Не крошащийся							
Комкуемость мякиша при разжевывании	Отсутствует							Слегка комкуется	

Приложение 3

Влияние количества Амилазы 1 на качество хлеба из муки пшеничной высшего сорта (проба 2) при ускоренном способе приготовления теста

Наименование показателей	Контроль без ФП	С добавлением ФП в количестве, ppm (ед. АС/ кг)				
		2 (5,0)	3 (7,5)	4 (10,0)	5 (12,5)	6 (15,0)
Влажность мякиша, %	42,4	42,3	42,3	42,2	42,3	42,3
Пористость мякиша, %	77	78	79	80	80	80
Изменение к контролю, %	-	+1,3	+2,6	+3,9	+3,9	+3,9
Кислотность мякиша, град	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Удельный объем хлеба, см ³ /г	3,05	3,19	3,41	3,57	3,55	3,48
Изменение к контролю, %	-	+4,5	+11,8	+17,0	+16,4	+14,1
Формоустойчивость хлеба (Н/Д)	0,52	0,52	0,51	0,50	0,49	0,49
Изменение к контролю, %	-	0	-1,9	-3,8	-5,2	-5,8
Органолептическая оценка:						
Внешний вид: форма	Правильная					
поверхность	Без подрывов и трещин					
Цвет корки	Желтый	Светло-коричневый			Коричневый	
Состояние мякиша: пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь					
цвет	Белый					
промес	Без комочков и следов непромеса					
эластичность	Плохая	Средняя	Хорошая			Средняя
Пористость	Неравномерная, средняя					
Вкус	Свойственный хлебу					
Запах	Свойственный хлебу					
Крошковатость мякиша	Крошащийся			Не крошащийся		
Комкуемость мякиша при разжевывании	Отсутствует					

Влияние количества Амилаза 2 на качество хлеба из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта (проба 1) при ускоренном способе приготовления теста

Наименование показателей	Контроль без ФП	С добавлением ФП в количестве, ppm (FAU/kg)								
		1 (2,5)	2 (5,0)	3 (7,5)	4 (10,0)	5 (12,5)	6 (15,0)	7 (17,5)	8 (20,0)	
Влажность мякиша, %	42,0	42,1	42,2	42,1	42,2	42,1	42,1	42,1	42,0	
Пористость мякиша, %	81	82	82	82	83	83	83	83	83	
Изменение к контролю, %	-	+1,2	+1,2	+1,2	+1,2	+2,5	+2,5	+2,5	+2,5	
Кислотность мякиша, град	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	
Удельный объем хлеба, см ³ /г	3,32	3,51	3,96	3,89	3,83	3,79	3,74	3,63	3,61	
Изменение к контролю, %	-	+5,7	+19,3	+17,2	+15,4	+14,2	+12,7	+9,3	+8,7	
Формоустойчивость хлеба (Н/Д)	0,42	0,41	0,40	0,39	0,38	0,38	0,37	0,36	0,35	
Изменение к контролю, %	-	-2,4	-4,8	-7,1	-9,5	-9,5	-11,9	-14,3	-16,7	
Органолептическая оценка:										
Внешний вид: форма	Правильная									
поверхность	Без подрывов и трещин									
Цвет корки	Желтый	Светло-коричневый				Коричневый				
Состояние мякиша: пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь									
цвет	Белый									
промес	Без комочков и следов непромеса									
эластичность	Средняя	Хорошая					Средняя			
Пористость	Неравномерная, средняя									
Вкус	Свойственный хлебу	Свойственный хлебу, более выраженный								
Запах	Свойственный хлебу	Свойственный хлебу, более выраженный								
Крошковатость мякиша	Слегка крошащийся	Не крошащийся								
Комкуемость мякиша при разжевывании	Отсутствует									

Приложение 5

Влияние количества Амилаза 2 на качество хлеба из муки пшеничной высшего сорта (проба 2) при ускоренном способе приготовления теста

Наименование показателей	Контроль без ФП	С добавлением ФП в количестве, ppm (FAU/kg)				
		2 (5,0)	3 (7,5)	4 (10,0)	5 (12,5)	6 (15,0)
Влажность мякиша, %	42,1	42,2	42,3	42,2	42,2	42,3
Пористость мякиша, %	76	77	78	79	79	79
Изменение к контролю, %	-	+1,3	+1,3	+3,9	+3,9	+3,9
Кислотность мякиша, град	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Удельный объем хлеба, см ³ /г	3,10	3,27	3,43	3,66	3,60	3,50
Изменение к контролю, %	-	+5,5	+10,6	+18,1	+16,1	+12,9
Формоустойчивость (Н/Д)	0,52	0,51	0,50	0,50	0,49	0,48
Изменение к контролю, %	-	-1,9	-3,8	-3,8	-5,8	-7,7
Органолептическая оценка:						
Внешний вид: форма	Правильная					
поверхность	Без подрывов и трещин					
Цвет корки	Желтый	Светло-коричневый			Коричневый	
Состояние мякиша: пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь					
цвет	Белый					
промес	Без комочков и следов непромеса					
эластичность	Плохая	Средняя	Хорошая		Средняя	
Пористость	Неравномерная, средняя					
Вкус	Свойственный хлебу					
Запах	Свойственный хлебу					
Крошковатость мякиша	Крошащийся			Не крошащийся		
Комкуемость мякиша при разжевывании	Отсутствует					

Приложение 6

Влияние количества Ксиланазы 1 на показатели качества хлеба из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта (проба 1) при ускоренном способе приготовления теста

Наименование показателей	Контроль без ФП	С добавлением ФП в количестве, ppm					
		5	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0
Влажность мякиша, %	42,5	42,4	42,5	42,5	42,4	42,4	42,5
Кислотность мякиша, град.	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Пористость мякиша, %	82	84	85	86	86	87	87
Прирост, % к контролю		+2,4	+3,6	+4,8	+4,8	+6,0	+6,0
Удельный объем хлеба, см ³ /г	3,87	4,00	4,26	4,32	4,36	4,39	4,24
Прирост, % к контролю		+3,4	+7,5	+11,6	+12,0	+13,4	+9,5
Формоустойчивость (Н/Д)	0,42	0,42	0,41	0,40	0,38	0,38	0,37
Прирост, % к контролю		-	-2,4	-4,8	-9,5	-9,5	-11,9
Органолептическая оценка:							
Внешний вид: форма	Правильная						
поверхность корки	Гладкая						
Состояние мякиша							
цвет	Белый, по мере увеличения количества ФП более светлый						
эластичность	Хорошая						Средняя
пористость:							
по крупности	Средняя	Средняя	Средняя	Мелкая	Мелкая	Средняя	Средняя
по равномерности	Неравномерная	Неравномерная	Неравномерная	Более равномерная	Более равномерная	Более равномерная	Неравномерная
по толщине стенок пор	Для образцов с ФП в количестве 20 - 50 ppm - более тонкостенная						
липкость	Отсутствует						
Вкус	Свойственный хлебу						
Запах	Свойственный хлебу						
Комкуемость мякиша при разжевывании	Отсутствует						Слегка комкуется
Крошковатость	Не крошащийся						

Приложение 7

Влияние количества Ксиланазы 2 на показатели качества хлеба из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта (проба 1) при ускоренном способе приготовления теста

Наименование показателей	Контроль без ФП	С добавлением ФП в количестве, ppm				
		10	20	30	0,004	0,005
Влажность мякиша, %	41,1	41,0	41,1	41,0	40,9	41,0
Кислотность мякиша, град	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
Удельный объем хлеба, см ³ /г	3,90	4,19	4,26	4,29	4,30	4,28
Прирост к контролю, %		+7,4	+ 9,2	+10,0	+ 10,3	+9,7
Формоустойчивость, Н/Д	0,41	0,40	0,39	0,38	0,38	0,37
Прирост к контролю, %		-2,4	-4,8	-7,3	-7,3	-9,7
Пористость мякиша, %	82	84	86	86	86	87
Прирост к контролю, %		+2,4	+ 4,9	+4,9	+ 4,9	+6,1
Внешний вид: форма	Правильная					
поверхность корки	Гладкая					
Состояние мякиша: цвет	Белый, по мере увеличения количества ФП более светлый					
эластичность	Эластичный	Более эластичный			Эластичный	
Пористость: по крупности	Средняя	Средняя	Мелкая			
по равномерности	Неравномерная	Равномерная			Неравномерная	
по толщине стенок	Для образцов с ФП в количестве 20 - 40 ppm - более тонкостенная					
Вкус	Свойственный хлебу					
Запах	Свойственный хлебу					
Крошковатость	Не крошащийся					
Комкуемость при разжевывании	Отсутствует				Слегка комкуется	

Приложение 8

Влияние Амилазы 1 и Амилазы 2 на показатели качества муки, определенные на амилографе и реоферментометре

Наименование показателей	Показатели муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта					
	Проба 3			Проба 2		
	Контроль без ФП	При добавлении ФП		Контроль	При добавлении ФП	
Амилазы 1		Амилазы 2	Амилазы 1		Амилазы 2	
Максимальная вязкость суспензии, усл.ед. (по амилографу)	612	622	603	1133	1099	1101
Температура начала клейстеризации суспензии, °С (по амилографу)	62,8	62,8	62,9	61,3	62,7	62,8
Температура достижения максимальной вязкости, °С (по амилографу)	77,9	77,0	77,5	89,5	89,0	89,1
Газообразующая способность за 5 ч брожения, см ³	1506	1578	1678	1295	1473	1424
Объем потерянного СО ₂ мл	218	504	514	310	439	421
Объем удержанного СО ₂ (см ³)	1288	1074	1164	985	1034	1003
Коэффициент газодержания СО ₂ , %	85,2	68,3	69,7	80,7	76,0	78,1
Максимальное значение на кривой газовыделения, мм (Н'м)	68,6	67,0	70,3	65,5	65,1	64,1
Время, необходимое для образования пор в тесте, при котором тесто начинает выделять СО ₂ (Тх)	1ч 03мин 00 с	1ч 01мин 30 с	1ч 06мин 00 с	1 ч 01 мин 30 с		1 ч 01 мин 00 с
Максимальная высота поднятия теста под нагрузкой, мм (Нм)	64,5	65,3	73,3	44,3	50,2	50,4
Высота поднятия теста в конце проведения анализа, мм (h)	49,7	56,5	57,7	37,7	44,5	41,4
Относительное снижение высоты поднятия теста в конце процедуры анализа от максимального значения, выраженного в, % (Нм - h) / Нм	22,9	13,5	21,3	14,9	11,4	11,8
Время, за которое кривая газовыделения достигает максимума, (Т1)	2 ч 46мин 30 с	3 ч 04мин 30 с	2ч 58 мин 30 с	2 ч 49 мин 30 с	3 ч 07 мин 30 с	3 ч 14 мин 00 с
Период относительной устойчивости максимальной высоты подъема теста, за которое кривая газовыделения достигает максимума (Δ Т2 = Т2 - Т'2)	2ч 15 мин 00 с	2 ч 24мин 00 с	2ч 15 мин 00 с	2 ч 21 мин 00 с	-	
Время, после которого снижается максимальная высота поднятия теста (Т2)	4 ч 10 мин 30 с	4 ч 24 мин 00 с	4 ч 12 мин 00 с	4 ч 18 мин 00 с	-	
Время, после которого снижается максимальная высота 2-ого поднятия теста (Т'1)	1ч 36мин 00 с	1ч 43мин 30 с	1ч 37мин 30 с	2 ч 06 мин 00 с	2 ч 18 мин 00 с	2 ч 19 мин 30 с

Приложение 9

Влияние количества мальтогенной амилазы при совместном применении Амилазы 1, Ксиланазы 1 и мальтогенной амилазы или Амилазы 2, Ксиланазы 2 и мальтогенной амилазы на качество хлеба при однофазном способе приготовления теста (проба1)

Наименование показателей	Контроль без ФП	Показатели качества хлеба при совместном применении ферментных препаратов									
		Мальто-генная амилаза									
		20 ppm		30 ppm		40 ppm		50 ppm		60 ppm	
		Амилаза1 Ксиланаза 1	Амилаза2 Ксиланаза 2	Амилаза1 Ксиланаза 1	Амилаза2 Ксиланаза 2	Амилаза1 Ксиланаза 1	Амилаза2 Ксиланаза 2	Амилаза1 Ксиланаза 1	Амилаза2 Ксиланаза 2	Амилаза1 Ксиланаза 1	Амилаза2 Ксиланаза 2
Влажность мякиша, %	42,2	42,0	42,2	42,3	42,1	42,2	42,1	42,3	42,0	42,0	42,3
Пористость мякиша, %	79	84	84	85	85	85	86	86	86	86	86
Изменение к контролю, %	-	+6,3	+6,3	+7,6	+7,6	+7,6	+8,9	+8,9	+8,9	+8,9	+8,9
Кислотность мякиша, град	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5
Удельный объем хлеба, см ³ /г	3,49	4,22	4,23	4,22	4,23	4,24	4,24	4,26	4,25	4,25	4,24
Изменение к контролю, %		+20,9	+21,2	+20,9	+21,2	+21,5	+21,5	+22,0	+21,8	+21,8	+21,5
Структурно-механические свойства мякиша, ед. пенетromетра:											
ΔН сж.	105	133	135	140	139	149	150	161	162	160	162
Прирост к контролю, %	-	+26,7	+28,6	+33,3	+32,4	41,9	+42,9	+53,3	+54,3	+52,4	+54,3
ΔН упр.	82	108	111	116	115	124	125	134	133	126	129
Прирост к контролю, %	-	+31,8	+35,4	+41,5	+40,2	+51,2	+52,4	+63,4	+62,2	+53,7	+57,3
ΔН пл.	23	25	24	24	24	25	25	27	28	34	33
Органолептическая оценка:											

Наименование показателей	Контроль без ФП	Показатели качества хлеба при совместном применении ферментных препаратов									
		Мальто-генная амилаза									
		20 ppm		30 ppm		40 ppm		50 ppm		60 ppm	
		Амилаза1 Ксиланаза 1	Амилаза2 Ксиланаза 2	Амилаза1 Ксиланаза 1	Амилаза2 Ксиланаза 2	Амилаза1 Ксиланаза 1	Амилаза2 Ксиланаза 2	Амилаза1 Ксиланаза 1	Амилаза2 Ксиланаза 2	Амилаза1 Ксиланаза 1	Амилаза2 Ксиланаза 2
Внешний вид: форма		Правильная									
поверхность корки		Без подрывов и трещин									
цвет корки	Желтый	Светло-коричневый									
Состояние мякиша: цвет	Светлый	Более светлый									
пропеченность		Пропеченный, не влажный на ощупь									
эластичность	Средняя	Хорошая								Плохая	
пористость	Мелкая и средняя, неравномерная	Мелкая, равномерная									
промес		Без комочков и следов непромеса									
Вкус	Свойственный хлебу	Свойственный хлебу, более выраженный									
Комкуемость мякиша при разжевывании		Не комкуется								Слегка комкуется	
Крошковатость мякиша	Слегка крошится	Не крошащийся									
Запах	Свойственный хлебу	Свойственный хлебу, более выраженный									

Приложение 10

Влияние совместного применения Амилазы 1, Ксиланазы 1 и мальтогенной амилазы или Амилазы 2, Ксиланазы 2 и мальтогенной амилазы на физико-химические и органолептические показатели качества хлеба при опарном способе приготовления теста (проба 1)

Наименование показателей	Контроль без ФП	Показатели качества хлеба при совместном применении ферментных препаратов после хранения в течение, ч	
		Амилаза 1 Ксиланаза 1 мальтогенная амилаза	Амилаза 2 Ксиланаза 2 мальтогенная амилаза
через 24 ч			
Влажность мякиша, %	42,4	42,2	42,1
Пористость мякиша, %	82	86	86
Изменение к контролю, %	-	+4,9	+4,9
Удельный объем хлеба, см ³ /г	3,50	4,33	4,36
Изменение к контролю, %	-	+23,7	+24,6
Формойстойчивость хлеба, Н/Д	0,40	0,42	0,42
Изменение к контролю, %	-	+5,0	+5,0
Структурно-механические свойства мякиша, ед. пенетрометра:			
ΔН сж.	110	171	173
Прирост к контролю, %	-	+55,5	+57,2
ΔН упр.	88	144	145
Прирост к контролю, %	-	+63,6	+64,7
ΔН пл.	22	27	28
Органолептическая оценка:			
Внешний вид: форма	Правильная		
поверхность	Без подрывов и трещин		
Цвет корки	Желтый	Светло-коричневый	
Состояние мякиша: пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь		
промес	Без комочков и следов непромеса		
эластичность	Хорошая	Более эластичный, более нежный мякиш	
пористость	Неравномерная редняя	Равномерная, мелкая	
Вкус	Свойственный хлебу	Свойственный хлебу, более выраженный	
Запах	Свойственный хлебу	Свойственный хлебу, более выраженный	
Крошковатость мякиша	Не крошащийся		
Комкуемость мякиша при разжевывании	Отсутствует		
Через 72 ч			
Влажность мякиша, %	40,9	41,4	41,2
Структурно-механические свойства мякиша, ед. пенетрометра:			
ΔН сж.	86	143	144
Прирост к контролю, %	-	+66,3	+67,4
ΔН упр.	70	117	119
Прирост к контролю, %	-	+67,1	+70,0
ΔН пл.	16	26	25

Наименование показателей	Контроль без ФП	Показатели качества хлеба при совместном применении ферментных препаратов после хранения в течение, ч	
		Амилаза 1 Ксиланаза 1 мальтогенная амилаза	Амилаза 2 Ксиланаза 2 мальтогенная амилаза
Органолептическая оценка:			
Внешний вид: форма	Правильная		
поверхность	Без подрывов и трещин		
Цвет корки	Желтый	Светло-коричневый	
Состояние мякиша: пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь		
промес	Без комочков и следов непромеса		
эластичность	Хорошая	Более эластичный, более нежный мякиш	
пористость	Неравномерная средняя	Равномерная, мелкая	
Вкус	Свойственный хлебу	Свойственный хлебу, более выраженный	
Запах	Свойственный хлебу	Свойственный хлебу, более выраженный	
Крошковатость мякиша	Не крошащийся		
Комкуемость мякиша при разжевывании	Отсутствует		
через 120 ч			
Влажность мякиша, %	39,7	40,5	40,3
Структурно-механические свойства мякиша, ед. пенетromетра:			
ΔН сж.	71	125	123
Прирост к контролю, %		+76,1	+73,2
ΔН упр.	55	101	99
Прирост к контролю, %		+83,6	+80,0
ΔН пл.	16	24	24
Органолептическая оценка:			
Внешний вид: форма	Правильная		
поверхность	Без подрывов и трещин		
Цвет корки	Желтый	Светло-коричневый	
Состояние мякиша: пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь		
промес	Без комочков и следов непромеса		
эластичность	Хорошая	Более эластичный, более нежный мякиш	
пористость	Неравномерная средняя	Равномерная, мелкая	
Вкус	Свойственный хлебу	Свойственный хлебу, более выраженный	
Запах	Свойственный хлебу	Свойственный хлебу, более выраженный	
Крошковатость мякиша	Не крошащийся		
Комкуемость мякиша при разжевывании	Отсутствует		

Приложение 11

Влияние совместного применения ферментных препаратов Амилазы 1, Ксиланазы 1 и мальтогенной амилазы или Амилазы 2, Ксиланазы 2 и мальтогенной амилазы на физико-химические и органолептические показатели качества хлеба, приготовленного по рецептуре батона нарезного опарным способом при хранении (проба 5)

Наименование показателей	Контроль без ФП	Показатели качества хлеба при совместном применении ферментных препаратов после хранения в течение, ч	
		Амилаза 1 Ксиланаза 1 мальтогенная амилаза	Амилаза 2 Ксиланаза 2 мальтогенная амилаза
через 24 ч			
Влажность мякиша, %	39,5	39,0	39,1
Пористость мякиша, %	82	85	85
Прирост к контролю, %	-	+3,7	+3,7
Кислотность мякиша, град	1,5	1,6	1,6
Удельный объем хлеба, г/см ³	3,20	3,90	3,92
Прирост к контролю, %	-	+21,9	+22,5
Прирост к контролю, %	-	+8,9	+8,9
Формоустойчивость хлеба, Н/Д	0,45	0,49	0,49
Прирост к контролю, %	-	+8,9	+8,9
Структурно-механические св-ва мякиша, ед. пенетрометра:			
ΔН сж.	91	169	173
Прирост к контролю, %	-	+89,9	+90,1
ΔН упр.	70	140	145
Прирост к контролю, %	-	+100,0	+107,1
ΔН пл.	21	29	28
через 96 ч			
Влажность мякиша, %	37,6	37,9	38,0
Пористость мякиша, %	81	85	85
Прирост к контролю, %	-	+4,9	+4,9
Структурно-механические св-ва мякиша, ед. пенетрометра:			
ΔН сж.	64	129	132
Прирост к контролю, %	-	+101,6	+106,3
ΔН упр.	51	106	107
Прирост к контролю, %	-	+107,8	+109,8
ΔН пл.	13	23	25
через 120 ч			
Влажность мякиша, %	37,1	37,5	37,6
Пористость мякиша, %	80	85	85
Прирост к контролю, %	-	+6,3	+6,3
Структурно-механические св-ва мякиша, ед. пенетрометра:			
ΔН сж.	59	116	117
Прирост к контролю, %	-	+96,6	+98,3
ΔН упр.	46	90	92
Прирост к контролю, %	-	+95,7	+100,0
ΔН пл.	13	26	25

Приложение 12

Влияние совместного применения ферментных препаратов Амилазы 1, Ксиланазы 1 и мальтогенной амилазы или Амилазы 2, Ксиланазы 2 и мальтогенной амилазы и продолжительности брожения опары на качество хлеба по рецептуре батона нарезного (проба 5)

Наименование показателей	Показатели качества хлеба при совместном применении ферментных препаратов при брожении опары в течение, мин					
	120			210		
	Контроль без ФП	Амилаза 2 Ксиланазы 2 мальтогенная амилаза	Амилаза 1 Ксиланазы 1 мальтогенная амилаза	Контроль без ФП	Амилаза 2 Ксиланазы 2 мальтогенная амилаза	Амилаза 1 Ксиланазы 1 мальтогенная амилаза
Влажность мякиша, %	39,6	39,6	39,4	39,7	39,8	39,7
Пористость мякиша, %/ прирост к контролю, %	82/-	86/+4,7	87/+6,1	85/-	87/+2,4	87/+2,4
Кислотность мякиша, град	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4
Удельный объем хлеба, г/см ³ / прирост к контролю, %	3,5/-	4,2/+20,0	4,2/+20,0	4,1/-	4,5/+9,8	4,5/+9,8
Формоустойчивость хлеба, (Н/Д)/ прирост к контролю, %	0,47/-	0,49/+4,3	0,49/+4,3	0,47/-	0,49/+4,3	0,48/+2,1
Структурно-механические свойства мякиша, ед. пенетromетра						
ΔН сж./ прирост к контролю, %	119,0/-	177,0/+48,7	176,0/+47,9	181,0/-	190,0/+5,0	181,0/0
ΔН упр./ прирост к контролю, %	87,0/-	135,0/+55,2	140,0/+60,9	148,0/-	159,0/+7,4	148,0/0
ΔН пл.	32,0	42,0	36,0	33,0	31,0	33,0
Внешний вид: форма	Правильная					
цвет корки	Желтый	Желтый	Светло-коричневый	Желтый	Желтый	Светло-коричневый


Состояние мякиша:						
Цвет	Светлый	Более светлый	Более светлый	Светлый	Более светлый	Более светлый
Эластичность	Эластичный	Более эластичный, более нежный	Более эластичный	Эластичный	Более эластичный, чем у контроля и образца при брожении опары 120 мин	Более эластичный, чем у контроля и образца при брожении опары 120 мин
Пористость:						
по крупности	Средняя и мелкая, преобладает мелкая					
по равномерности	Не равномерная					
Вкус	Свойственный хлебу					
		более выраженный		более выраженный, чем у контроля при брожении опары 120 мин		
Запах	Свойственный хлебу	Свойственный хлебу, более выраженный, чем у контроля	Свойственный хлебу, более выраженный, чем у контроля и образца с Амилазой 2, Ксиланазой 2 и мальтогенной амилазой при брожении опары 120 мин	Свойственный хлебу, более выраженный, чем у контроля при брожении опары 120 мин	Свойственный хлебу, более выраженный, чем у контроля при брожении опары 120 и 210 мин и образца при брожении опары 120 мин	Свойственный хлебу, более выраженный, чем у контроля при брожении опары 120 и 210 мин, образца при брожении опары 120 мин и образца с Амилазой 2, Ксиланазой 2 и мальтогенной амилазой при брожении опары 120 и 210 мин
Комкуемость мякиша при разжевывании	Комкуется	Не комкуется	Не комкуется	Не комкуется	Не комкуется	Не комкуется
Крошковатость мякиша	Слегка крошащийся	Не крошащийся	Не крошащийся	Не крошащийся	Не крошащийся	Не крошащийся

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»
(ФГАНУ НИИХП)

ОКП 92 9199

Группа С 09
(ОКС 07.100.30)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ФГАНУ
«Научно-исследовательский институт
хлебопекарной промышленности»



М.Н. Костюченко

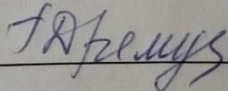
« 2020 г.

**МУЛЬТЭНЗИМНЫЕ КОМПОЗИЦИИ
МЭК-1 И МЭК-5 ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ
ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ**

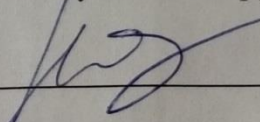
**Технические условия
ТУ 9291-005-05747152-2020**

Дата введения в действие – _____

Разработано
ФГАНУ НИИХП
Ведущий научный сотрудник

 Дремучева Г.Ф.

Старший научный сотрудник

 Носова М.В.

УТВЕРЖДАЮ
 Директор ФГАНУ НИИ
 хлебопекарной промышленности

 М.Н. Костюченко
 «4» декабря 2019 г.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ МУЛЬТЭНЗИМНЫХ КОМПОЗИЦИЙ МЭК-1 И МЭК-5 ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

В ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности» разработаны мультэнзимные композиции МЭК-1 и МЭК-5 для повышения качества и увеличения срока сохранения свежести хлебобулочных изделий из пшеничной муки. В лабораторных и производственных условиях определено влияние МЭК на свойства теста, органолептические и физико-химические показатели качества изделий, приготовленных по различным рецептурам и с использованием муки разного хлебопекарного достоинства. Установлено, что использование МЭК увеличивает газообразующую способность теста, интенсифицирует процесс брожения и кислотонакопления, повышает удельный объема хлеба и пористость мякиша, снижает его крошковатость, улучшает вкус и запах, придает более выраженный цвет изделий.

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

МЭК-5 предназначена для улучшения качества и увеличения срока сохранения свежести хлебобулочных изделий (в упакованном виде).

Рекомендуемый расход МЭК-1 при переработке муки пшеничной хлебопекарной со средними хлебопекарными свойствами (ЧП – до 300 с) – 32 ppm (0,0032 % на 100 кг муки), муки с пониженной автолитической активностью (ЧП более 300 с) – 64 ppm (0,0064 % на 100 кг муки). Рекомендуемый расход МЭК-5 при переработке муки пшеничной хлебопекарной со средними хлебопекарными свойствами – 82 ppm (0,0082 % на 100 кг муки).

При порционном замесе теста МЭК-1 и МЭК-5 дозируют в порошкообразном виде в смеси с мукой при соотношении 1:10 или в виде раствора (соотношение препарат : вода 1:20 – 1:50), температура воды от 25 °С до 32 °С. Возможно предварительное приготовление смеси МЭК с мукой или водного раствора, который рекомендуется использовать в течение не более 8 ч.

При непрерывных способах приготовления теста МЭК-1 можно вносить через технологические растворы сахара-песка и дрожжевой суспензии, МЭК-5 – через раствор сахара. Растворы следует использовать в течение не более 8 ч.

Следует избегать прямого контакта с препаратами или их вдыхания. При случайном попадании на кожу или в глаза необходимо немедленно промыть эти места водой.

МЭК-1 и МЭК-5 следует хранить в сухом помещении при постоянной температуре. Оптимальная температура хранения, при которой препараты хорошо сохраняют свою активность в течение 1 года - не более +25 °С.

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.

Утверждаю

Генеральный директор

ООО «Институт хлеба»

Гиносян А.С.

«



АКТ

выработки батонов нарезных из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта с МЭК-1

Мы, нижеподписавшиеся, главный технолог ООО «Институт хлеба» Новоселова О.А., начальник ИПТЛ ООО «Институт хлеба» Можаяв С.В., ведущий научный сотрудник отдела отраслевой экспертизы ФГАНУ НИИХП Дремучева Г.Ф., старший научный сотрудник ФГАНУ НИИХП Носова М.В. составили настоящий акт в том, что 11.04.2019 г. были проведены производственные выпечки батонов нарезных из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта с МЭК-1, разработанным в рамках НИР № 0593-2014-0016 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».

Показатели качества используемой муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта: массовая доля влаги – 14,1 %, белизна – 55,0 ед.приб. РЗ-БПЛ, количество сырой клейковины – 27,0 %, качество клейковины – 55 ед.приб. ИДК, I группа качества, число падения – 320 с.

Способ тестоприготовления – безопасный. Тесто замешивали в деже вместимостью 330 л на тестомесильной машине Прима Р в течение 10 мин и

оставляли на брожение в течение 40 мин. Затем на тестоделительной машине Восход ТД-2 тесто делили на куски массой 0,45 кг, после округляли на тестоокруглительной машине Восход ТО-4 и подвергали предварительной расстойке в течение 7 мин. Округленные куски теста формовали батанообразной формы на тестоформирующей машине Восход ТЗ-4М и направляли в шкаф окончательной расстойки РШВ. Изделия выпекали в тоннельной печи ПХС-25М при температуре 220 °С в течение 22 мин.

Рецептура и режим приготовления теста приведены в табл. 1.

Контрольную пробу теста готовили без МЭК-1, опытные - с МЭК-1 в количестве 0,0032 % от массы муки.

Таблица 1 – Рецепт и параметры приготовления теста

Наименование сырья и параметров процесса	Количество сырья и параметры приготовления полуфабрикатов хлебопекарного производства	
	контроль	МЭК-1
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, кг	100,0	100,0
Дрожжи хлебопекарные прессованные, кг	2,0	2,0
Соль пищевая, кг	1,5	1,5
Вода питьевая, кг	По расчету	По расчету
Сахар-песок, кг	4,0	4,0
Масло подсолнечное нерафинированное, кг	2,97	2,97
МЭК-1	-	0,0032
Влажность, %	42,5	42,3
Температура начальная, °С	29,1	29,3
Продолжительность брожения, мин	40	40
Кислотность конечная, град	1,6	1,7

Часть батонов после выпечки и остывания в течение двух часов не упаковывали, часть батонов упаковывали в полипропиленовые пакеты,

горловину пакетов скрепляли клипсой. Изделия в упакованном виде хранили 96 ч при комнатной температуре.

Анализ неупакованных батонов по органолептическим и физико-химическим показателям проводили через 24 ч после выпечки.

Органолептические показатели батона - внешний вид: форму, поверхность, цвет; состояние мякиша: пропеченность, промес, пористость; вкус, запах определяли по ГОСТ 27844-88.

Влажность мякиша определяли по ГОСТ 21094-75, удельный объем и формоустойчивость хлеба – по ГОСТ 27669-88, кислотность мякиша – по ГОСТ 5670-96, пористость мякиша – по ГОСТ 5669-96, структурно-механические свойства мякиша - на приборе пенетромтр АП-4/1 по методике, приведенной в руководстве Пучкова, Л.И. «Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства» (Л.И. Пучкова–4-е изд., перераб. и доп. –СПб.:ГИОРД, 2004.-264 с.).

Через 96 ч после выпечки оценивали степень черствости упакованных батонов по методике «Оценка степени черствости хлебобулочных изделий СТП-1703».

Методика «Оценка степени черствости хлебобулочных изделий СТП-1703» основана на определении усилия нагружения индентора «Цилиндр Ø 36» диаметром 36 мм (с округленной кромкой) при его внедрении в ломоть хлеба толщиной 25 мм на глубину 6,25 мм (со скоростью движения 1 мм/с при начальном усилии касания 5 г) и установлении конечного усилия нагружения на инденторе, а затем осуществляется реверсивное его движение до усилия 5 г. Показатель конечного усилия нагружения на инденторе, отражающий какое усилие необходимо приложить для внедрения индентора в мякиш образца на глубину 6,25 мм, принят за показатель мягкости мякиша.

Показатели усилия нагружения индентора определяли в трех точках ломтя каждого батона. В результате получали диаграммы изменения усилия нагружения на инденторе при деформировании мякиша. Обработка данных

диаграмм усилий нагружения на инденторе позволила получить среднее значение усилия нагружения (табл.3).

Показатели качества неупакованных батонов через 24 ч хранения приведены в табл. 2.

Таблица 2 - Показатели качества неупакованных батонов нарезных из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта через 24 ч после выпечки

Наименование показателей	Показатели после хранения, в течение, ч	
	Контроля	Батона с МЭК-1
	через 24 ч	
Влажность мякиша, %	41,7	41,5
Пористость мякиша, %	81	82
Прирост к контролю, %	-	+1,2
Кислотность мякиша, град	1,3	1,3
Удельный объем хлеба, г/см ³	3,6	4,0
Прирост к контролю, %	-	+11,1
Формоустойчивость хлеба, (Н/Д)	0,54	0,53
Прирост к контролю, %	-	-1,8
Структурно-механические св-ва мякиша, ед. пенетрометра:		
ΔН сж.	85	125
Прирост к контролю, %	-	+47,0
ΔН упр.	62	97
Прирост к контролю, %	-	+56,4
ΔН пл.	23	28
Внешний вид: форма поверхность цвет	Продолговато-овальная, правильная С косыми надрезами, без крупных трещин и подрывов Светло-желтый	
Состояние мякиша: пропеченность промес пористость	Пропеченный, не влажный на ощупь Без комочков и следов непромеса Развитая, без пустот и уплотнений	
Вкус	Свойственный данному виду изделий, без постороннего привкуса	Свойственный данному виду изделий, более выраженный
Запах	Свойственный данному виду изделий, без постороннего запаха	Свойственный данному виду изделий, более выраженный

Из данных Табл. 2 видно, что МЭК-1 повышает качество батонов: по сравнению с контролем удельный объем батонов возрастает на 11,1 %,

деформация сжатия мякиша – на 47,0 % и упругости – на 56,4 %, но несколько снижается формоустойчивость батонов - на 1,8 %. Батоны с МЭК-1 обладают более мелкой пористостью мякиша, более выраженным вкусом и запахом.

Показатели средних значений усилия нагружения на инденторе в каждой из трех точек, полученные при исследовании мякиша батонов, хранившихся в упакованном виде в течение 96 ч, приведены в табл. 3 и на рис. 1-3.

Таблица 3 – Влажность мякиша и среднее значение усилия нагружения индентора при внедрении в ломоть батона

Наименование показателей	Показатели после хранения в течение 96 ч	
	ломтя	
	контроля	батона с МЭК-1
Влажность мякиша, %	40,0	40,8
Прирост к контролю, %	-	+2,0
Среднее значение усилия нагружения на инденторе (через 96 ч), г	1577	1201
Прирост к контролю, %	-	-23,7

Данные Табл. 3 и рис. 1-3 показывают, что через 96 ч хранения влажность мякиша контроля уменьшилась на 4,1 % по сравнению с этим показателем образца, хранившегося 24 ч, влажность мякиша батона с МЭК-1 снизилась в меньшей степени - на 1,7 %. При этом влажность мякиша образца с МЭК-1 была выше, чем у контроля, на 2,0 %. Усилие нагружения индентора при внедрении в мякиш контроля было больше на 23,8 % по сравнению с этим показателем опытного образца.

Таким образом, более мягким являлся мякиш батона с МЭК-1.

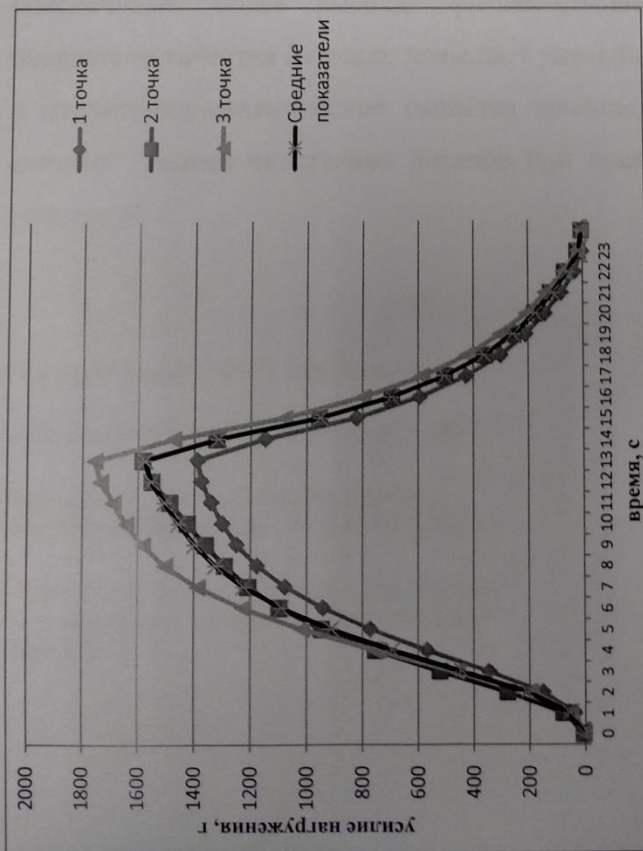


Рисунок 1 - Динамика усилия нагрузки в трех точках мякши контроля и среднее значение.

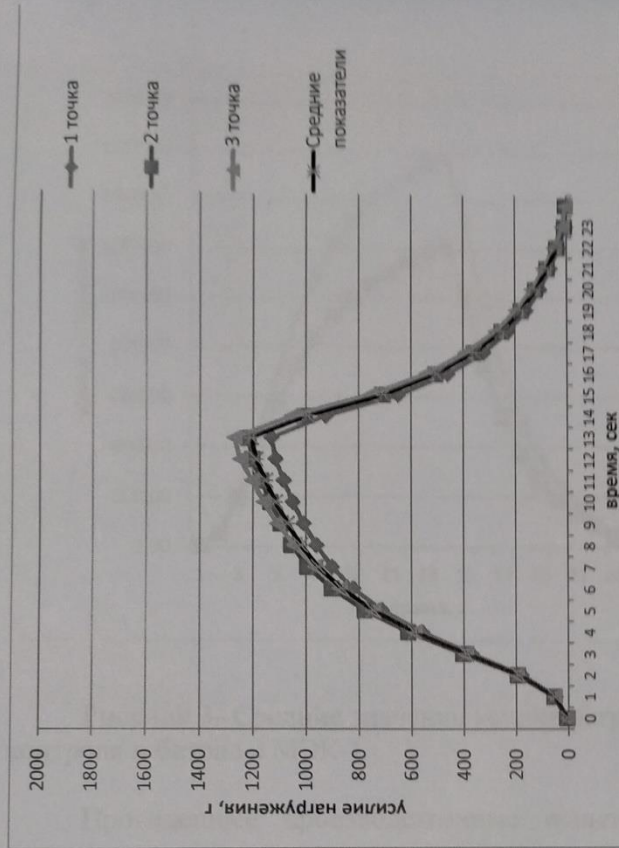


Рисунок 2 - Динамика усилия нагрузки в трех точках мякши батона с МЭК-1 и среднее значение

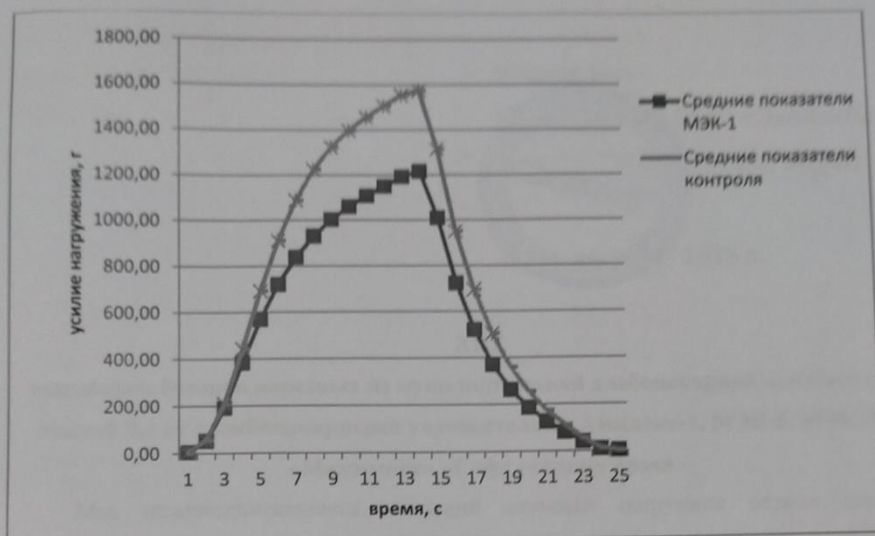


Рисунок 3- Средние значения усилия нагружения в трех точках мякиша контроля и батона с МЭК-1

Проведенные производственные испытания показали, что МЭК-1 обеспечивает более высокие физико-химические и органолептические показатели качества батонов: повышает удельный объем изделий, пористость и структурно-механические свойства мякиша, улучшает вкус и запах и снижает степень черствения батонов при хранении в упакованном виде в течение 96 ч.

Главный технолог ООО «Институт хлеба»

Начальник ИПТЛ ООО «Институт хлеба»

Ведущий научный сотрудник отдела
отраслевой экспертизы ФГАНУ НИИХП

Старший научный сотрудник направления
биохимических исследований ФГАНУ
НИИХП

О.А. Новоселова

С.В. Можая

Г.Ф. Дремучева

М.В. Носова

Утверждаю

Управляющий ООО «ЭкоХлеб»

Д.В. Мороз



«28» августа 2018 г.

АКТ

**выработки батонов нарезных из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта
массой 0,4 кг с хлебопекарными улучшителями Амилокс-1, МЭК-5, МЭК-5а, и
«Мажимикс» «Софт сэндвич брэд»**

Мы, нижеподписавшиеся, ведущий научный сотрудник отдела отраслевой экспертизы ФГАНУ НИИХП Дремучева Г.Ф., старший научный сотрудник направления биохимических исследований ФГАНУ НИИХП Носова М.В., инженер по качеству ООО «ЭкоХлеб» Корепанова Ю.А., Руководитель технологической службы ООО «ЭкоХлеб» Филатова Т.П. составили настоящий акт в том, что 16 августа 2018 г. были проведены производственные выпечки батонов нарезных из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта массой 0,4 кг с хлебопекарными улучшителями «Амилокс-1», «МЭК-5», «МЭК-5а» производства ФГАНУ НИИХП и «Мажимикс» «Софт сэндвич брэд» производства ООО «САФ - НЕВА» г. Санкт-Петербург.

Показатели качества используемой муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта: массовая доля влаги – 14,3 %, белизна – 55,8 ед.приб. РЗ-БПЛ, количество сырой клейковины – 25,0 %, качество клейковины – 60 ед.приб. ИДК I группа качества, число падения – 290 с.

Рецептура и режим приготовления теста приведены в табл. 1. Способ тестоприготовления – опарный. Контрольную пробу теста готовили без добавления хлебопекарных улучшителей, опытные - с хлебопекарными улучшителями в количестве, рекомендуемом производителями улучшителей. Замес опары и теста осуществляли на автоматизированной линии «Diosna». Замес опары проводили на высокоскоростных тестомесильных машинах в течение 280 с и оставляли на брожение в течение 90 мин. В выброженную опару добавляли оставшееся количество муки, воды, соль, дополнительное сырье и замешивали тесто в течение 300 с. Разделку теста осуществляли на тестоделительных, тестоокруглительных машинах фирмы WERNER&PFLEIDERER. После разделки тестовые заготовки направляли в шкаф предварительной расстойки на 12

мин при температуре 26-29 °С и относительной влажности 55-58 %. Далее тестовые заготовки проходили весовой терминал, после чего заготовки нормированной массы раскатывали в жгуты на раскаточных машинах и отправляли в шкаф окончательной расстойки. Продолжительность окончательной расстойки составляла 57 мин при температуре 38±1 °С и относительной влажности 75±5 %. Батоны выпекали в увлажненной пекарной камере при температуре 210-250 °С в течение 20±1 мин.

Таблица 1 – Рецептура и параметры приготовления теста

Наименование сырья и параметров процесса	Количество сырья и параметры приготовления полуфабрикатов хлебопекарного производства					
	опары	теста с добавлением				
		Контроль (без улучшителей)	Амилокса -1	МЭК-5	МЭК-5а	«Мажимикса» «Софт сэндвич брэд»
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, кг	50	50	50	50	50	50
Дрожжи хлебопекарные прессованные, кг	1,24	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
Соль поваренная пищевая, кг	-	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Вода питьевая, кг	26	По расчету	По расчету	По расчету	По расчету	По расчету
Сахар белый, кг	-	4,64	4,64	4,64	4,64	4,64
Масло подсолнечное нерафинированное, кг	-	3,36	3,36	3,36	3,36	3,36
Хлебопекарный улучшитель, кг	-	-	0,1	0,05	0,05	0,2
Влажность, %	43	41	40	40	39	40
Температура начальная, °С	30	31	31	31	31	31
Продолжительность брожения, мин	90	12	12	12	12	12
Кислотность конечная, град	-	2,4	2,2	2,4	2,2	2,2

Батоны после выпечки направляли на остывание в течение 2-х ч. Охлажденные батоны упаковывали в полипропиленовые пакеты, горловину пакетов скрепляли клипсой. Изделия в упакованном виде хранили 24, 96 и 120 ч при комнатной температуре.

Полученные результаты приведены в табл. 2 – 4.

Таблица 2 - Показатели качества батончиков нарезных из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта через 24 ч после выпечки

Наименование показателей	Показатели батончиков с улучшителями				
	Контроль (без улучшителей)	Амилосом-1	МЭК-5	МЭК-5а	«Мажимиксом» «Софт сэндвич брэд»
Влажность мякиша, %	39,0	39,0	38,0	38,0	38,0
Пористость мякиша, %/ прирост к контролю, %	83,0	84,0/+1,2	85,0/+2,4	85,0/+2,4	84,0/1,2
Кислотность мякиша, град	1,3	1,4	1,4	1,4	1,3
Удельный объем хлеба, г/см ³ / прирост к контролю, %	3,3	3,8/+15,1	4,0/+21,2	3,8/+15,1	3,6/+9,1
Структурно-механические св-ва мякиша, ед. пенетromетра:					
ΔН сж./ прирост к контролю, %	89	125/+40,4	163/+83,1	145/+62,9	125/+40,4
ΔН упр./ прирост к контролю, %	68	104/+52,9	132/+94,1	116/+70,6	102/+50,0
ΔН пл.	21	21	31	29	23
Внешний вид батончиков: форма	Продолговато-овальная, правильная				
поверхность	С косыми надрезами, без крупных трещин и подрывов				
цвет	Светло-коричневый				
Состояние мякиша: пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь				
промес	Без комочков и следов непромеса				
пористость	Развитая, без пустот и уплотнений				
Вкус	Свойственный данному виду изделий, без постороннего привкуса	Свойственный данному виду изделий, без постороннего привкуса	Свойственный данному виду изделий, более выраженный	Свойственный данному виду изделий, более выраженный	Свойственный данному виду изделий, без постороннего привкуса
Запах	Свойственный данному виду изделий, без постороннего запаха	Свойственный данному виду изделий, без постороннего запаха	Свойственный данному виду изделий, без постороннего запаха	Свойственный данному виду изделий, более выраженный	Свойственный данному виду изделий, без постороннего запаха
Крошковатость мякиша	Не крошщийся				
Комкуемость мякиша при разжевывании	Не комкуется	Слегка комкуется	Не комкуется		

Таблица 3 – Показатели качества батонов нарезных из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта через 96 ч хранения

Наименование показателей	Показатели батонов с улучшителями				
	Контроль (без улучшителей)	Амилоексом-1	МЭК-5	МЭК-5а	«Мажимиксом» «Софт эндвич брэд»
Влажность мякиша, %	38,0	37,0	37,0	38,0	38,0
Пористость мякиша, %/ прирост к контролю, %	82,0	84,0/+2,4	85,0/+3,7	85,0/+3,7	84,0/+2,4
Структурно-механические св-ва мякиша, ед. пенетromетра:					
ΔН сж./ прирост к контролю, %	56	59/+5,4	115/+105,4	113/+101,8	85/+51,8
ΔН упр./ прирост к контролю, %	46	50/+8,7	92/+100,0	89/+93,5	68/+47,8
ΔН пл.	10	9	23	24	17
Внешний вид: форма	Продолговато-овальная, правильная				
поверхность	С косыми надрезами, без крупных трещин и подрывов				
цвет	Светло-коричневый				
Состояние мякиша: пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь				
промес	Без комочков и следов непромеса				
пористость	Развитая, без пустот и уплотнений				
Вкус	Свойственный данному виду изделий, без постороннего привкуса	Свойственный данному виду изделий, без постороннего привкуса	Свойственный данному виду изделий, более выраженный	Свойственный данному виду изделий, более выраженный	Свойственный данному виду изделий, без постороннего привкуса
Запах	Свойственный данному виду изделий, без постороннего запаха	Свойственный данному виду изделий, без постороннего запаха	Свойственный данному виду изделий, более выраженный	Свойственный данному виду изделий, без постороннего запаха	Свойственный данному виду изделий, без постороннего запаха
Крошковатость мякиша	Крошащийся		Не крошащийся		
Комкуемость мякиша при разжевывании	Не комкуется				

Таблица 4 – Показатели качества батонов нарезных из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта через 120 ч хранения

Наименование показателей	Показатели батонов с улучшителями				
	Контроль (без улучшителей)	Амилосеом-1	МЭК-5	МЭК-5а	«Мажимикс» «Софт сэндвич брэд»
Влажность мякиша, %	37,0	37,0	36,0	37,0	37,0
Пористость мякиша, %/ прирост к контролю, %	81,0	83,0/+2,5	85,0/+4,9	85,0/+4,9	83,0/+2,5
Структурно-механические св-ва мякиша, ед. пенетromетра:					
ΔН сж. Прирост к контролю, %	52	58/+11,5	104/+100,0	105/+101,9	76/+46,2
ΔН упр. Прирост к контролю, %	41	49/+19,5	83/+102,4	83/+102,4	63/+53,7
ΔН пл.	11	9	21	22	13
Внешний вид: форма	Продолговато-овальная, правильная				
поверхность	С косыми надрезами, без крупных трещин и подрывов				
цвет	Светло-коричневый с пятнами плесени		Светло-коричневый		
Состояние мякиша: пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь				
промес	Без комочков и следов непромеса				
пористость	Развитая, без пустот и уплотнений				
Вкус	Несвойственный данному виду изделий с едва заметным привкусом плесени	Несвойственный данному виду изделий с едва заметным привкусом плесени	Свойственный данному виду изделий, более выраженный	Свойственный данному виду изделий, более выраженный	Свойственный данному виду изделий, без постороннего привкуса
Запах	Несвойственный данному виду изделий с едва заметным запахом плесени	Несвойственный данному виду изделий с едва заметным запахом плесени	Свойственный данному виду изделий, более выраженный	Свойственный данному виду изделий, без постороннего запаха	Свойственный данному виду изделий, без постороннего запаха
Крошковатость мякиша	Крошащийся		Не крошащийся		
Комкуемость мякиша при разжевывании	Не комкуется				

Полученные результаты показывают (табл. 2), что улучшители хлебопекарные «Амилосеом-1», «МЭК5», «МЭК-5а», и «Мажимикс» «Софт сэндвич брэд» повышают качество батонов, при этом степень влияния улучшителей различна.

Так, по сравнению с контролем, Амилокс-1 увеличивает удельный объем батониров – на 15,1 %, МЭК-5 – на 21,2 %, МЭК-5а – на 15,1 %, «Мажимикс» «Софт сэндвич брэд» – на 9,1 %, пористость мякиша – на 1,2 %, 2,4 %, 2,4 % и 1,2 % соответственно.

МЭК-5 и МЭК-5а заметно повышают деформацию сжатия мякиша – на 83,1 % и 62,9 % и деформацию упругости – на 94,1 % и 70,6 %. Амилокс-1 и «Мажимикс» «Софт сэндвич брэд» увеличивают деформацию сжатия мякиша в меньшей степени – на 40,4 % и 40,4 %, и деформацию упругости – на 52,9 % и 50,0 % соответственно по сравнению с контролем.

Степень влияния улучшителей на сохранение свежести также различается. Через 96 ч хранения пористость мякиша батониров с Амилоксом-1, МЭК-5, МЭК-5а и «Мажимиксом» «Софт сэндвич брэд» остается неизменной, у контроля уменьшается на 1,2 %. Деформация сжатия мякиша контроля и образца с Амилоксом-1 снижается – на 37,7 % и 52,8 %, деформация упругости – на 32,4 % и 51,9 % соответственно. У батониров с МЭК-5, МЭК-5а и «Мажимиксом» «Софт сэндвич брэд» показатели деформации сжатия мякиша и упругости через 96 ч хранения понижаются в меньшей степени – на 29,4 %, 22,1 %, 32,0 % и 30,3 %, 23,3 %, 33,3 % соответственно.

Через 120 ч хранения по сравнению с контролем пористость мякиша образцов с Амилоксом-1, МЭК-5, МЭК-5а и «Мажимиксом» «Софт сэндвич брэд» выше на 2,5 %, 4,9 %, 4,9 % и 2,5 % соответственно. Деформация сжатия мякиша батониров с МЭК-5, МЭК-5а по сравнению с этим показателем контроля выше на 100,0 % и 101,9 % и деформация упругости – на 102,2 % и 102,2 %, а с Амилоксом-1 и «Мажимиксом» «Софт сэндвич брэд» – только на 11,5 %, 46,2 % и 19,5 %, 53,7 % соответственно.

Пористость мякиша батониров с МЭК-5, МЭК-5а в течение 120 ч остается неизменной, у контроля, батониров с Амилоксом-1, «Мажимиксом» «Софт сэндвич брэд» – уменьшается на 2,4 %, 1,2 % и 1,2 % соответственно по сравнению с показателем мякиша образцов батониров, хранившихся 24 ч. Степень снижения деформации сжатия мякиша за этот период у образцов с МЭК-5, МЭК-5а и «Мажимиксом» «Софт сэндвич брэд» меньше – на 36,2 %, 27,6 % и 39,2 %, деформация упругости – на 37,1 %, 28,4 % и 38,2 %, чем у контроля и батониров с Амилоксом-1 – на 41,6 %, 53,6 % и на 39,7 %, 52,1 % соответственно.

По органолептическим показателям (эластичности мякиша, вкусу и запаху) образцы с МЭК-5 и МЭК-5а превосходят контроль и батониров с Амилоксом-1 и «Мажимиксом» «Софт сэндвич брэд» в течение всего периода хранения. Батониров с МЭК-5, МЭК-5а и «Мажимиксом» «Софт сэндвич брэд» по сравнению с контролем и образцом с Амилоксом-1 отличаются отсутствием крошковатости и признаков плесневения. У

контроля и образца с Амилоксом-1 через 120 ч хранения были выявлены первые признаки плесневения.

Таким образом, проведенные испытания показали, что, добавление МЭК-5 и МЭК-5а обеспечивает повышение эластичности мякиша, более выраженные вкус и запах батонов нарезных, по сравнению с контрольным и образцами с Амилоксом-1 и «Мажимиксом» «Софт сэндвич брэд». При этом вкус образца с МЭК-5а более выраженный по сравнению со вкусом батонов с МЭК-5, но образец с МЭК-5 характеризуется более выраженным запахом и более интенсивным цветом корки по сравнению с этими показателями образца, приготовленного с МЭК-5а.

Ведущий научный сотрудник отдела
отраслевой экспертизы ФГАНУ НИИХП

Г.Ф. Дремучева

Старший научный сотрудник направления
биохимических исследований ФГАНУ
НИИХП

М.В. Носова

Инженер по качеству ООО «ЭкоХлеб»

Ю.А. Корепанова

Руководитель технологической службы
ООО «ЭкоХлеб»

Т.П. Филатова