

На правах рукописи



ИВАНОВ Михаил Геннадьевич

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И РЕЦЕПТУР ХЛЕБА
ИЗ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ С УЛУЧШЕННЫМИ
СВОЙСТВАМИ И НЕТРАДИЦИОННЫХ ВИДОВ СЫРЬЯ**

**05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки
злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов,
плодоовощной продукции и виноградарства**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Воронеж – 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент
Пономарева Елена Ивановна
(ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»)

Официальные оппоненты: **Тертычная Татьяна Николаевна**
доктор сельскохозяйственных наук, доцент (ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени Императора Петра I», профессор)

Никитин Игорь Алексеевич
кандидат технических наук, доцент (ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского (ПКУ), и. о. заведующего кафедрой)

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова», г. Саратов**

Защита состоится «23» марта 2016 года в 11.00 часов на заседании совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Д 212.035.04 при ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» по адресу: 394036, г. Воронеж, проспект Революции, 19, конференц-зал.

Отзывы на автореферат (в двух экземплярах), заверенные гербовой печатью учреждения, просим присылать ученому секретарю совета Д 212.035.04.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО «ВГУИТ». Полный текст диссертации размещен в сети Интернет на официальном сайте ФГБОУ ВО «ВГУИТ» www.vsu.ru «16» декабря 2015 г. Автореферат размещен в сети Интернет на официальном сайте Министерства образования и науки РФ по адресу: vak2.ed.gov.ru и на официальном сайте ФГБОУ ВО «ВГУИТ» www.vsu.ru «20» января 2015 года.

Автореферат разослан «12» февраля 2015 года.

Ученый секретарь совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук



М.Е. Успенская

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

В рамках отраслевых программ по развитию мукомольно-крупяной и хлебопекарной отрасли РФ на 2014-2016 годы поставлены задачи, связанные с существенным повышением эффективности использования зерна при его переработке в муку и обеспечением населения качественными хлебобулочными изделиями повышенной пищевой ценности для здорового питания.

При переработке зерна возникает необходимость корректировки свойств муки с целью удовлетворения спроса хлебопекарных предприятий на муку высокого и стабильного качества, обеспечивающую выпуск функциональных хлебобулочных изделий. Большая роль в расширении ассортимента муки играют ингредиенты, позволяющие выпускать муку с повышенным качеством, пищевой ценностью лечебно-профилактического назначения.

Рекомендации врачей-диетологов нацеливают технологов на создание специализированных продуктов питания для людей, страдающих различными заболеваниями, в том числе и желудочно-кишечного тракта. Перспективным направлением развития ассортимента хлебобулочных изделий является совершенствование существующих и разработка новых специализированных продуктов, обогащенных питательными веществами, необходимыми для правильной работы организма человека, обеспечивающими повышение качества жизни.

Значительный теоретический и практический вклад в развитие и совершенствование технологии и ассортимента функциональных видов хлеба внесли Н. М. Дерканосова, С. Я. Корячкина, Г. О. Магомедов, Л. П. Пашенко, Е. И. Пономарева, Ю. Ф. Росляков, Т. В. Санина, Т. Б. Цыганова, В. Я. Черных и др.

Одним из путей улучшения качества вырабатываемой продукции на мукомольных и хлебопекарных предприятиях является применение ферментных препаратов, преимущества использования которых заключаются в универсальности их действия, возможности модификации всех компонентов муки, природном происхождении.

В связи с этим **актуальной задачей** для хлебопекарной отрасли является совершенствование технологии и расширение ассортимента хлеба для профилактического питания за счет применения муки, полученной с использованием ферментов, удовлетворяющих требованиям нутрициологии, способствующих увеличению выхода муки и хлебобулочных изделий, повышению их пищевой ценности, снижению себестоимости, а также применения нетрадиционных видов сырья.

Диссертационная работа выполнялась в рамках НИР кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств» (ТХКМЗП) Воронежского государственного университета инженерных технологий (ВГУИТ) «Разработка энерго- и ресурсосберегающих чистых технологий переработки сельхозсырья в конкурентоспособные хлебобулочные, кондитерские и макаронные функциональные продукты на основе медико-биологических воззрений» (№ г. р. 01970008815, на 2011-2015 гг.).

Цель исследования: разработка и научное обоснование практических рекомендаций по использованию муки, полученной из зерна пшеницы, обработанного технологическим вспомогательным средством (ТВС) «EnzoWay 5.02», и применению ее для повышения качества, пищевой ценности и выхода хлеба для профилактического питания.

В соответствии с поставленной целью решались следующие **задачи:**

- анализ и обоснование применения муки, полученной из зерна пшеницы с использованием ТВС «EnzoWay 5.02», с позиции увеличения выхода муки, улучшения хлебопекарных свойств в производстве хлебобулочных изделий посредством изучения ее химического состава, органолептических, физико-химических, реологических характеристик;

- определение влияния использования ТВС при получении муки пшеничной на структурно-механические, биотехнологические свойства и микроструктуру теста, выход хлеба, сохранение его свежести, микробиологические показатели, цветность, антиоксидантную активность, содержание ароматобразующих веществ;

- выбор рационального способа приготовления теста из муки пшеничной первого сорта, полученной при отволаживании зерна с применением ТВС, обоснование использования электроактивированного водного раствора, муки овсяной и рисовой для создания хлебобулочных изделий профилактического назначения, прогнозирование эффективной вязкости теста путем математического моделирования;

- проведение доклинических испытаний хлеба, определение гликемического индекса, химического, витаминного и аминокислотного состава изделий с обогатителями, пищевой и биологической ценности, степени удовлетворения суточной потребности в нутриентах;

- разработка и утверждение технической документации на новые виды хлеба, рекомендуемые для профилактического питания, расчет экономических показателей производства и промышленная апробация результатов исследований.

Объектом исследования является технология и ассортимент хлебобулочных изделий, предназначенных для профилактического питания, из муки с улучшенными хлебопекарными свойствами.

Предметом исследования являются технологические параметры получения хлебобулочных изделий для профилактического питания.

Научные положения, выносимые на защиту:

- научно обоснованные технологические решения, обеспечивающие целесообразность применения ТВС «EnzoWay 5.02» при отволаживании зерна пшеницы для улучшения хлебопекарных свойств пшеничной муки первого сорта и увеличения выхода хлеба;

– практические аспекты по созданию хлебобулочных изделий профилактической направленности на основе использования в их рецептурах нетрадиционного сырья, обладающего функциональными свойствами;

– результаты экспериментальных исследований биотехнологического потенциала, пищевой ценности хлеба из муки пшеничной с улучшенными хлебопекарными свойствами для профилактического питания.

Научная новизна работы:

- установлена целесообразность применения ТВС «EnzoWay 5.02» при производстве муки пшеничной первого сорта путем исследования ее хлебопекарных, физико-химических, реологических свойств, а также биотехнологических, структурно-механических характеристик, микроструктуры теста и хлебобулочных изделий;

- обоснован выбор нетрадиционных видов сырья (электроактивированный водный раствор, овсяная и рисовая мука), рекомендованы рациональный способ и технологические параметры приготовления теста из пшеничной муки с улучшенными хлебопекарными свойствами, обеспечивающие стабилизацию качества, микробиологическую безопасность, снижение гликемического индекса, повышение антиоксидантной активности, пищевой ценности и увеличение продолжительности сохранения свежести хлеба;

- доказано путем доклинических испытаний, что хлебобулочные изделия, полученные из пшеничной муки с применением ТВС «EnzoWay 5.02», обладают комплексом полезных свойств.

Практическая значимость исследования:

– разработаны практические рекомендации по применению муки пшеничной, полученной из зерна, обработанного при отволаживании ТВС «EnzoWay 5.02», и совершенствованию технологии хлебобу-

лочных изделий для профилактического питания, реализация которых позволит повысить эффективность технологического процесса, выход хлеба, его функционально-технологические свойства и обеспечить здоровое питание населения;

- новизна технических решений подтверждена положительным решением на выдачу патента РФ № 2015104003 «Способ повышения выхода хлеба и осветления мякиша»;

- разработана и утверждена техническая документация на хлебобулочные изделия: «Свобода» (ТУ 9110-295-02068108-2015), «Авена» (ТУ 9110-297-02068108-2015), «Витэ» (ТУ 9110-296-02068108-2015).

Внедрена технология повышения общего выхода муки с применением ТВС «EnzoWay 5.02» на ООО «Тисма» г. Бутурлиновка, ЗАО «ЗЛАК» ТМ «Увелка» Челябинская область (акты внедрения и производственных испытаний) и проведена промышленная апробация способа производства хлебобулочных изделий на ОАО «Хлебозавод № 7» г. Воронеж (акт производственных испытаний), подтвердившая положительные результаты исследований.

Соответствие диссертации паспортам научных специальностей.

Диссертационное исследование соответствует п. 3, 4 и 5 паспорта специальности 05.18.01 – «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства».

Апробация результатов исследования. Основные положения диссертационной работы были доложены и обсуждены:

- на международных научно-практических, научно-технических конференциях и форумах: «Студент. Специалист. Профессионал» (Воронеж, 2013), «Новое в технологии и технике функциональных продуктов на основе медико-биологических воззрений» (Воронеж, 2014), «Питание и здоровье», детских диетологов и гастроэнтерологов (Москва, 2014), «Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение» (Воронеж, 2014), «Математика и математическое моделирование в инновационном развитии АПК» (Саратов, 2014), «Современные концепции научных исследований» (Москва, 2015), «Управление реологическими свойствами пищевых продуктов» (Москва, 2015), «Производство и переработка сельскохозяйственной продукции: менеджмент качества и безопасности» (Воронеж, 2015), «Системный анализ и моделирование процессов качества в инновационном развитии агропромышленного комплекса» (Воронеж, 2015), «Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-технологических воззрений» (Воронеж,

2015), «Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение» (Воронеж, 2015); отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2014 год.

Разработки экспонировались на VI Воронежском агропромышленном форуме, 11-й Межрегиональной специализированной выставке «Урожай», 31-й Межрегиональной специализированной выставке «Пищевая индустрия» (Воронеж, 2014), Межрегиональной выставке «Территория вкуса» (Воронеж, 2014), Международной специализированной выставке для хлебопекарного и кондитерского рынка (Москва, 2015), на конкурсе «Лучшая разработка 2015: Традиции и инновации в хлебопекарном и кондитерском производстве» в рамках XXI международной специализированной выставки «Современное хлебопечение 2015» (Москва, 2015), на конкурсе инновационных проектов «Здоровые продукты питания» (Воронеж, 2015), на выставке «EXPO Food Show 2015» (Воронеж, 2015), V Агропромышленном конгрессе (Воронеж, 2015) (получены дипломы).

Публикации. По результатам исследований опубликовано 14 научных работ, в том числе 2 статьи в реферируемых журналах, 12 статей - в сборниках конференций. Получено положительное решение на выдачу патента РФ, утверждена техническая документация на 3 вида хлебобулочных изделий.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, четырех глав, выводов, списка использованных источников, приложений и представлена на 187 страницах машинописного текста, в 57 таблицах и 50 рисунках. Библиография включает 106 наименований, в том числе 12 зарубежных.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы, охарактеризована научная и практическая ценность диссертации. Сформулированы цель и задачи диссертационного исследования.

Глава 1 Анализ современного состояния проблемы

Проведен патентно-информационный поиск и обобщены сведения научно-технической литературы об основных тенденциях современных исследований улучшения мукомольных свойств зерна, повышения выходов муки и способах производства обогащенной муки для выпуска хлебобулочных изделий функционального назначения. Освещены принципы создания продуктов питания, в том числе хлебобулочных изделий, с использованием обогащенной муки для людей с различными физиологическими показаниями.

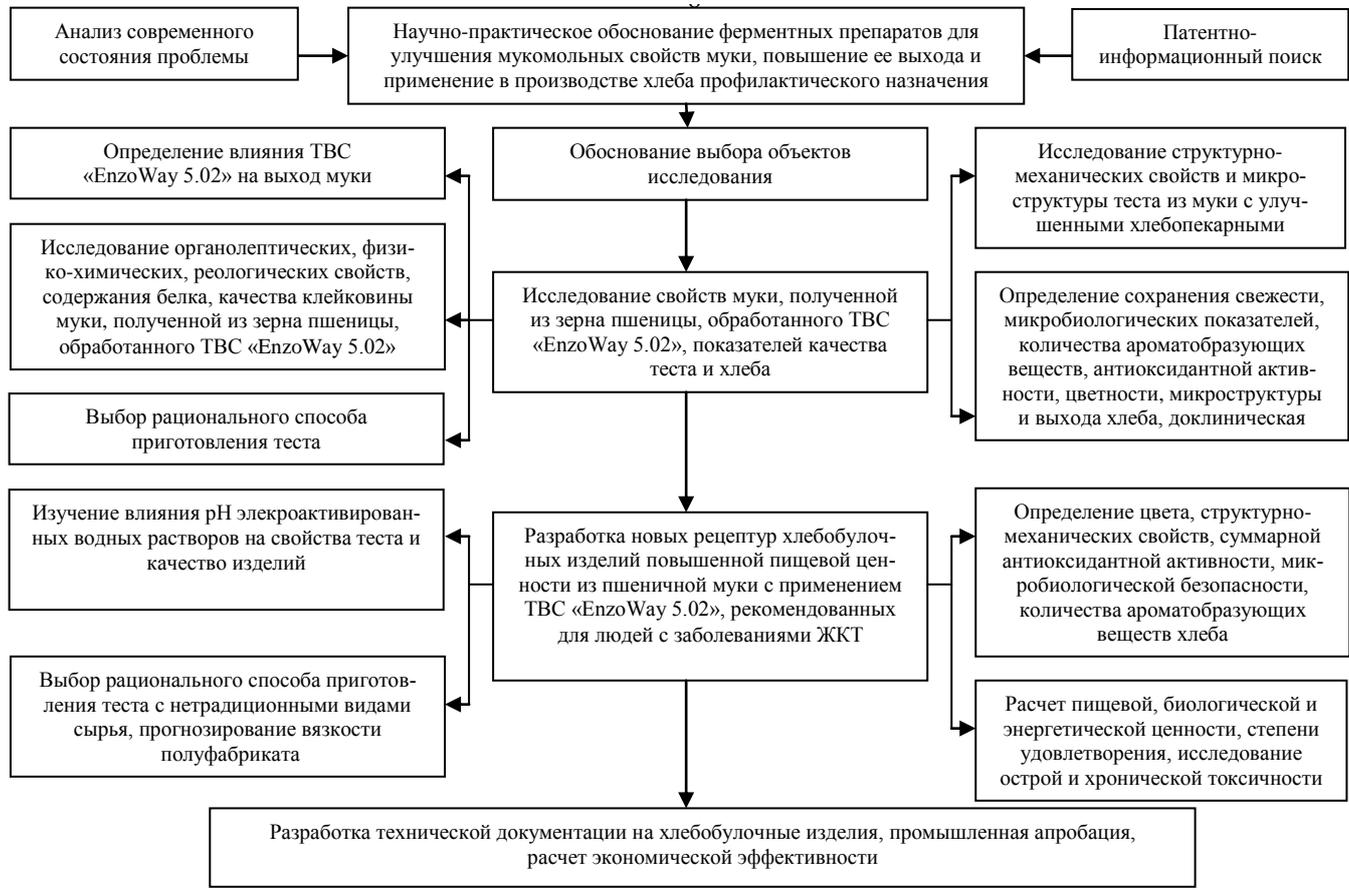


Рисунок 1 – Проблемно-концептуальная схема исследований

Глава 2 Организация работы. Объекты и методы исследований

Исследования проводили согласно проблемно-концептуальной схеме (рисунок 1).

В соответствии с целью и задачами работы объектами исследований были: мука пшеничная хлебопекарная первого сорта (ГОСТ 52189-2003); мука пшеничная хлебопекарная первого сорта, полученная с применением технологического вспомогательного средства «EnzoWay 5.02» (ГОСТ Р 52189-2003); мука овсяная (ТУ 9293-002-43175543-03); мука рисовая (ТУ 9197-023-0094903-2009); соль пищевая поваренная высшего сорта (ГОСТ Р 51574-2000); дрожжи хлебопекарные прессованные (ГОСТ 54731-2011); молочная сыворотка (ГОСТ Р 53438-2009); вода питьевая (ГОСТ Р 51232-2003, СанПин 2.1.4.1074-01).

Экспериментальные исследования проводились на кафедрах ВГУИТ: ТХКМЗП, органической химии, биохимии и биотехнологии, физической и аналитической химии, ООО «Сенсорика Новые Технологии», в условиях филиала кафедры ТХКМЗП на ОАО «Хлебозавод № 7» (г. Воронеж), в «Центре гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» (г. Воронеж), в филиале Федерального бюджетного учреждения здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии» (г. Москва), в Научно-исследовательском институте экспериментальной биологии и медицины ГБОУ ВПО «Воронежская государственная медицинская академия имени Н. Н. Бурденко» (г. Воронеж), в филиале «Федеральный центр оценки безопасности и качества зерна и продуктов его переработки» (г. Воронеж), в лаборатории просвечивающей электронной микроскопии на кафедре химии природных соединений Воронежского государственного университета (г. Воронеж), в условиях Бутурлиновского механико-технологического колледжа.

В работе применяли органолептические, химические, микробиологические, физико-химические, биохимические методы анализа сырья, полуфабрикатов и изделий.

Силу муки определяли по бонитационному числу, число падения на приборе ПЧП-3 - по ГОСТ 27676-88, содержание белка по методу Кьельдаля - по ГОСТ 13496.4-93. Оценку реологических свойств теста проводили при помощи альвеографа - по ГОСТ Р 51415-99, фаринографа - по ГОСТ Р 51404-99, прибора «Реотест-2». Электроактивированный водный раствор готовили на приборе «Эсперо-1». Структурно-механические свойства теста изучали на реометрическом информационно-измерительном комплексе, разработанном на кафедре ТХКМЗП.

Структурно-механические свойства мякиша хлеба определяли на автоматизированном пенетрометре АП-4/2. Микробиологические показатели – количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) и бактерий группы кишечной палочки (БГКП) анализировали в хлебе после выпечки - по ГОСТ 10444.15-94. «Визуальные образы» ароматобразующих веществ в изделиях получали на анализаторе запахов «МАГ-8» с методологией «Электронный нос». Суммарную антиоксидантную активность хлебо-булочных изделий определяли на приборе «ЦветЯуза-01-АА». Численные характеристики окраски исследуемых образцов определяли сканерометрическим методом с использованием планшетного сканера HPScanJet 3570C с применением компьютерной обработки изображений. Микрофотографии теста и мякиша хлеба получали с помощью электронного сканирующего микроскопа JSM-6380 LV (Япония, Jeol). Доклиническая оценка качества хлеба проводилась по его переваримости и усвояемости методом *in vivo* на половозрелых крысах. Гликемический индекс изделий изучали с помощью прибора «Акку-Чек Гоу» (Швейцария, Roche Diagnostics GmbH).

Статистическую обработку и оценку достоверности результатов исследований проводили методами регрессионного анализа с помощью программ Maple, MSExcel.

Технико-экономические показатели рассчитывали по методикам определения экономической эффективности в хлебопекарной отрасли. Максимальная погрешность не превышала 5 %.

Глава 3 Разработка способа повышения пищевой ценности и выхода хлеба за счет применения муки из зерна пшеницы с улучшенными мукомольными свойствами

В настоящее время в мукомольной промышленности предлагаются различные способы повышения эффективности переработки зерна и улучшения его свойств. Одним из таких методов является применение технологического вспомогательного средства (ТВС) «EnzoWay 5.02» (ООО «Грейн Ингредиент»), включающего целлюлазы и ксиланазы при отволаживании зерна пшеницы.

Под воздействием композиции ферментов ТВС при отволаживании зерна ослабляются связи эндосперма и его алейронового слоя, при кондиционировании повышается проницаемость зерна для влаги, быстрее разрыхляется структура эндосперма, и зерно приобретает свойства упруго-пластичного и даже пластичного тела, что приводит к

оптимизации его технологических свойств и сокращению продолжительности кондиционирования. Путем исследования промышленных помолов установлено, что введение ТВС позволяет улучшить качество гидратации зерна и увеличить выход муки до 62 % (акты внедрения).

Изучение влияния применения ТВС на характеристики пшеничной муки первого сорта (опыт) выявило, что пробы (контроль – без внесения ТВС) не отличались по органолептическим показателям, а по физико-химическим были близки.

При исследовании эффективной вязкости теста определено, что в пробе с ТВС значение начальной вязкости было больше на 45 Па·с по сравнению с контролем. Однако в процессе брожения значение исследуемого параметра в опытном образце уменьшалось интенсивнее, и в конце брожения составило 728 Па·с, что на 591 Па·с меньше по сравнению с контрольным образцом.

В результате анализа расшифровки альвеограмм и фаринограмм по реологическим и физическим свойствам теста пробу опытного образца оценивали как «хорошую», контрольного – как «удовлетворительную» (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика исследуемых проб пшеничной муки по реологическим свойствам теста

Наименование показателя	Значение показателей в исследуемых пробах муки	
	Контроль	Опыт
Максимальное избыточное давление, мм водн.ст.	61,0	46,0
Индекс раздувания, <i>G</i>	24,7	22,4
Энергия деформации, Дж	189	143
Водопоглощительная способность, %	62,4	67,8
Время образования теста, мин	1,2	0,8
Устойчивость теста при замесе, мин	5,7	9,1
Степень разжижения, <i>EV</i>	67,0	45,0

Пробная лабораторная выпечка показала, что хлеб из муки опытного образца характеризовался максимальным удельным объемом, лучшей пористостью, более эластичным мякишем, яркой окраской, более выраженным вкусом и ароматом.

Улучшение свойств муки и характеристик хлеба опытной пробы связано с тем, что ТВС «EnzoWay 5.02», используемое на стадии отволаживания зерна пшеницы, в состав которого входят целлюлазы и ксиланазы, воздействует на оболочки зерна, которые состоят на 25 % из водонерастворимых некрахмальных полисахаридов и на 70 % - из гемицеллюлоз (арабиноксиланов). Целлюлазы разрывают полимерные молекулы нерастворимых пентозанов оболочки пшеницы до растворимых высокомолекулярных фрагментов-олигосахаридов. Целлобиогидролаза открывает волокна целлюлозы, гидролизуя молекулы целлюлозы с невосстанавливающего конца полисахарида с образованием целлобиозы, и далее эндоглюканаза гидролизует связи в молекуле целлюлозы неупорядоченным способом, образуя набор поли- и олигомерных фрагментов различной длины. Частичное разрушение этих волокон дает возможность β -ксилазам гидролизовать арабиноксиланы, в результате чего высвобождаются связанные с ними ковалентными связями белки клейковины.

При этом обеспечивается высокая водоудерживающая способность муки, повышается устойчивость тестовых заготовок, а изделия характеризуются большим удельным объемом.

Выявлено, что в опытной пробе муки было больше белка (на 1,4 %), сырой клейковины (на 2,5 %) и увеличивалась ее гидратационная способность на 5 % по сравнению с контролем. Это объясняется тем, что ферменты, входящие в состав ТВС, способствуют повышению выхода белковых веществ и интенсификации их гидролиза.

При изучении структурно-механических свойств теста исследуемых проб муки в условиях одноосного сжатия образца при постоянном сжимающем напряжении осуществляли измерение возникающей при этом абсолютной деформации с последующим вычислением относительной деформации. В ходе сжатия фиксировали изменение относительной деформации образца во времени (в течение 60 с) с последующим построением графических зависимостей в координатах «деформация – время» (рисунком 2а, б). Общим для всех графических зависимостей являлось появление мгновенной упругой, эластической и пластической деформаций.

Кинетические кривые $\varepsilon = f(t)$, полученные при сжимающем напряжении 4,052 кПа, имели нелинейный вид. Дальнейшее увеличение сжимающего напряжения приводило к возникновению в исследу-

емых образцах теста необратимых пластических деформаций, что выражается в появлении на кривых $\varepsilon = f(t)$ линейных участков.

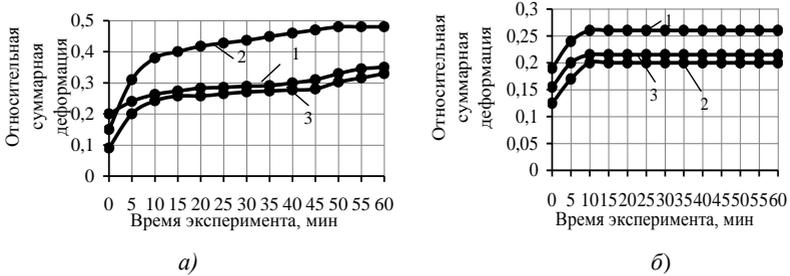


Рисунок 2 – Изменение суммарной относительной деформации теста опытного (а) и контрольного (б) образца в процессе брожения: 1 – после замеса; 2 – через 45 мин; 3 – через 90 мин

Установлено, что относительная упругость теста составляла у контроля – 70,8 %, у опытного образца – 40,6 % (рисунок 3).

Значение относительной эластичности и пластичности в опытном образце было больше на 13,3 и 16,9 %, чем у контроля. Низкая величина модуля упругости свидетельствует о высокой эластичности теста и позволяет осуществить значительные обратимые изменения объема и формы.

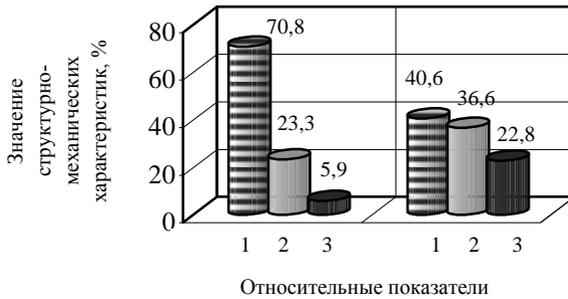


Рисунок 3 – Средние значения структурно-механических свойств теста: 1 – относительная упругость; 2 – относительная эластичность; 3 – относительная пластичность

Набухшие в воде белки (проламины, глютелины), являясь природными полимерами-эластомерами, обеспечивают в структуре теста его высокоэластичные свойства.

В процессе производства хлеба основной стадией является приготовление теста. В связи с этим были проведены исследования по выявлению рационального способа приготовления теста из пшеничной муки первого сорта, полученной с применением ТВС «EnzoWay 5.02».

Путем дисперсионного анализа проводили сравнительную оценку качества полуфабрикатов и готовых изделий, приготовленных двустадийными (на большой густой, густой и жидкой опарах) и одностадийными способами (безопарным и ускоренным с молочной сывороткой).

Установлено, что в тесте, замешанном на большой густой опаре, скорость газообразования была выше на 10-27 %, чем в остальных образцах, наблюдались максимальные значения эффективной вязкости полуфабриката и удельного объема хлеба (рисунок 4).



Рисунок 4 – Зависимость удельного объема теста от способа приготовления теста: 1 – большая густая опара; 2 – густая опара; 3 – жидкая опара; 4 – безопарный; 5 – ускоренный с молочной сывороткой

Результаты исследований характера изменения массы связанной влаги в хлебе методом нерастворяющего объема выявили, что обработка ТВС «EnzoWay 5.02» на стадии отволаживания зерна влияет на энергию связанной влаги в хлебе, при этом доля свободной воды уменьшается, степень ретроградации крахмала снижается, что способствует удлинению срока сохранения свежести изделий на 48 ч. Микробиологический анализ доказал, что использование ТВС «EnzoWay 5.02» снижает количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в хлебе опытного образца через 3 ч после выпечки в 7,3 раза, а после 72 ч - в 7,5 раз, по сравнению с контролем.

При оценке суммарных ароматов выявлено, что площадь полного «визуального отпечатка» опытного образца на 23,4 % больше контрольного (рисунок 5). По качественному составу образцы не идентичны: в опыте азотосодержащих компонентов (амины, аминокислоты, пептиды) (сенсор 2) больше на 1 %; спиртов, кислот, ацетатов,

при этом доля свободной воды уменьшается, степень ретроградации крахмала снижается, что способствует удлинению срока сохранения свежести изделий на 48 ч. Микробиологический анализ доказал, что использование ТВС «EnzoWay 5.02» снижает количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в хлебе опытного образца через 3 ч после выпечки в 7,3 раза, а после 72 ч - в 7,5 раз, по сравнению с контролем.

кетонов, эфиров (сенсоры 3, 4, 6) - на 1 %, серосодержащих соединений (серные аминокислоты, тиамин) (сенсор 5) на 3 % по сравнению с контролем. Следовательно, обработка зерна ТВС «EnzoWay 5.02» способствует более интенсивному формированию ароматобразующих веществ при брожении, также в результате химических превращений при выпечке хлеба.

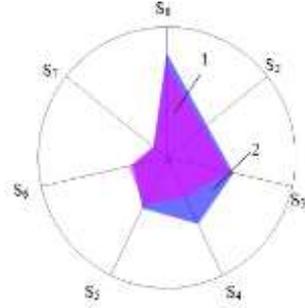


Рисунок 5 – «Визуальные отпечатки» максимальных сигналов в равновесной газовой фазе над тестируемыми образцами хлеба: 1 - контроль, 2 - опыт

Установлено, что в опытном образце значение антиоксидантной активности в 2,5 раза больше, чем в контрольном (рисунок 6). По всей вероятности, применение ТВС при гидротермической обработке зерна способствует в большей степени сохранению алейронового слоя и оболочек зерна, в которых содержится природный антиоксидант – токоферол.

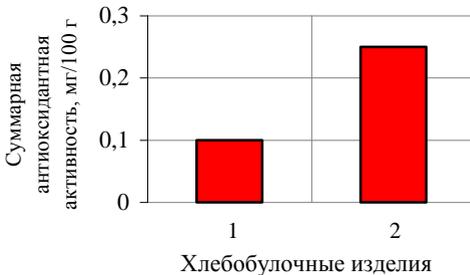


Рисунок 6 – Суммарная антиоксидантная активность изделий: 1 - контроль, 2 – опыт

Анализ сравнения цвета хлебобулочных изделий выявил, что показатель нормированного цвета отличался в пределах погрешности измерения (не более 0,5 %), а значение интенсивности цвета опытного образца было светлее (187,6 усл. ед.), чем у контроля (184,9 усл. ед.) на 2,7 усл. ед. ТВС «EnzoWay 5.02» относится к ферментам, интенсифицирующим окислительные процессы при приготовлении теста, и способствует осветлению мякиша хлеба.

Анализ микроструктуры теста и хлеба исследуемых образцов показал, что опытная проба отличается более тонкопластичной структурой мякиша, способствующей лучшей усвояемости хлеба.

Для определения влияния ТВС «EnzoWay 5.02», вводимого на стадии отволаживания зерна пшеницы, проводили исследования биохимических параметров, гистохимических и морфологических изме-

нений в организме белых крыс. Выявлено, что включение в рацион питания животных хлеба из пшеничной муки, полученной с применением ТВС, способствует более выраженному пристеночному и внутриклеточному пищеварению, улучшению процесса метаболизма в отделах кишечника, увеличению антиоксидантной активности крови. Следовательно, результаты испытаний на крысах подтвердили, что хлеб с применением ТВС обладает комплексом полезных свойств и будет способствовать сохранению здоровья, повышению качества жизни людей.

Путем пробной производственной выпечки было установлено увеличение выхода хлеба из муки пшеничной первого сорта, полученной из зерна пшеницы, обработанной ТВС «EnzoWay 5.02», на 3,3 %.

Таким образом, использование ТВС при отволаживании зерна пшеницы обеспечивает высокие функционально-технологические свойства муки, снижение технологических затрат и увеличение выхода хлебобулочных изделий. Ожидаемый экономический эффект от реализации 1 т хлеба из такой муки составляет 1,04 тыс. р., что доказывает рентабельность и экономическую целесообразность производства хлебобулочных изделий из муки, полученной с применением ТВС «EnzoWay 5.02».

Глава 4 Разработка новых рецептур хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности из пшеничной муки с применением ТВС «EnzoWay 5.02», рекомендованных для людей с заболеваниями желудочно-кишечного тракта (ЖКТ)

В настоящее время целесообразно создание изделий для групп населения, страдающих заболеваниями ЖКТ, так как эта проблема является одной из самых актуальных. С каждым годом увеличивается число людей, страдающих гастритом, которым необходимо включать в рацион продукты пониженной кислотности и сбалансированного состава. Уменьшить кислотность хлебобулочных изделий возможно путем применения электроактивированного водного раствора (ЭВР). Увеличить в хлебе содержание не только основных нутриентов, но и витаминов, минеральных и биологически активных веществ в легкоусвояемой форме можно за счет использования муки пшеничной первого сорта, полученной при помощи ТВС, а также нетрадиционных видов муки – овсяной и рисовой.

Исследование изменения титруемой кислотности теста и хлеба из пшеничной муки первого сорта с применением ТВС показало, что наименьшее значение конечной титруемой кислотности в полуфабри-

кате (1,7 град) и готовом изделии (1,2 град) наблюдалось при внесении ЭВР с рН 11,12 (католит) (рисунок 7).

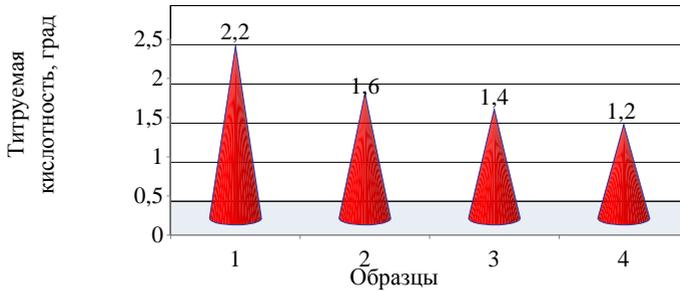


Рисунок 7 - Изменение титруемой кислотности хлеба в зависимости от рН ЭВР: 1 – контроль; 2 – 7,42; 3 – 9,34; 4 – 11,12

Также путем дисперсионного анализа было подтверждено, что ЭВР с рН 11,12 способен максимально снизить кислотность хлебобулочных изделий, при этом качество продукции не ухудшается.

При использовании обогатителей, повышающих пищевую ценность хлеба, изменяются режимы приготовления теста. Изучали влияние дозировки овсяной муки на эффективную вязкость в процессе брожения теста, приготовленного из муки пшеничной первого сорта, полученной с применением ТВС «EnzoWay 5.02» и ЭВР с рН 11,12.

Для описания зависимости эффективной вязкости ($\eta_{эф}$) от дозировки D овсяной муки и продолжительности брожения теста ($\tau_{бр}$) использовались мультипликативной моделью вида:

$$y = A \cdot x_1^n \cdot x_2^m, \quad (1)$$

где y - эффективная вязкость, Па·с, x_1 – дозировка овсяной муки, кг; x_2 – продолжительность брожения теста, мин; A , n , m - регрессионные коэффициенты.

Неизвестные регрессионные коэффициенты (A , n , m) были определены методом наименьших квадратов. В итоге получили уравнение, позволяющее прогнозировать зависимость эффективной вязкости от дозировки овсяной муки и продолжительности брожения теста:

$$\eta_{эф.} = 663,81 \cdot D^{0,485} \cdot \tau_{бр.}^{0,139}. \quad (2)$$

Адекватность уравнения подтверждена критерием Фишера (при доверительной вероятности 95 %).

Данный метод можно использовать для разработки автоматизированных систем управления технологическими процессами и регулирования вязкости в производственных условиях.

Далее с учетом проведенных исследований были разработаны рецептуры и утверждены пакеты технической документации на три вида хлеба из муки пшеничной первого сорта, полученной с применением ТВС «EnzoWay 5.02» и ЭВР с рН=11,12: «Свобода» (без внесения нетрадиционных видов муки), «Авена» (с овсяной мукой), «Витэ» (с рисовой мукой).

Установлено, что добавление обогатителей позволяет улучшить органолептические и физико-химические показатели хлеба по сравнению с контролем (без внесения овсяной, рисовой муки и ЭВР). Высокая водоудерживающая способность нетрадиционных видов муки обеспечивает максимальное значение содержания связанной влаги в хлебе (через 24 ч хранения в изделиях с овсяной и рисовой мукой доля связанной влаги была на 2-6 % больше контроля), соответственно более медленный процесс черствения и, как следствие, более длительный срок сохранения свежести продукции (таблица 2).

Исследования структурных характеристик полуфабриката и хлеба методом электронной сканирующей микроскопии на растровом микроскопе при увеличении 1000 раз показали, что применение нетрадиционных видов муки (овсяная, рисовая) и ЭВР способствовало прочной связи между зёрнами крахмала и белка и не влияло на равномерное образование пор по всему объёму хлеба.

Изменение общего содержания легколетучих компонентов в РГФ над контролем и хлебом «Свобода» показало, что по концентрации легколетучих соединений, отражающей интенсивность аромата, опытный образец на 7 % был больше по сравнению с контролем.

Установлено, что в опытном образце азотосодержащих компонентов больше на 3 %; спиртов, кислот, ацетатов, кетонов, эфиров – на 5-10 %, серосодержащих соединений - на 14 % по сравнению с контролем.

Результаты микробиологического анализа свидетельствовали о том, что количество МАФАНМ в опытном образце хлеба меньше через 3 ч после выпечки в 4,8 раза, а после 72 ч - в 13 раз по сравнению с контролем.

Таблица 2 – Органолептические, физико-химические и структурно-механические свойства хлеба

Показатели	Значение показателей в образцах хлеба			
	Контроль	«Свобода»	«Авена»	«Витэ»
Органолептические показатели				
Внешний вид				
Форма	Правильная, соответствующая форме, в которой выпекался, без трещин и подрывов			
Поверхность	Гладкая			
Цвет	Коричневый	Светло-желтый	Светло-коричневый	Белый с желтоватым оттенком
Состояние мякиша				
Пропеченность	Не влажный на ощупь, пропеченный			
Промес	Без следов непромеса и комков			
Пористость	Равномерная, развитая			
Вкус и запах	Свойственный хлебу			
Физико-химические показатели				
Влажность, %	43,0	43,0	43,0	43,0
Кислотность, град	3,0	1,6	2,5	2,2
Пористость, %	79,0	82,0	80,0	79,0
Удельный объем, см ³ /100 г	273,0	288,0	285,0	283,0
Структурно-механические показатели (через 24 ч хранения)				
$\Delta N_{\text{общ}}$	40	44	40	46
$\Delta N_{\text{пласт}}$	27	29	27	29
$\Delta N_{\text{вид}}$	13	15	13	17
$\Delta N_{\text{пл.}}^{\text{отн.}}, \%$	71	77	74	71
$\Delta N_{\text{вид.}}^{\text{отн.}}, \%$	22	27	48	40
Коэффициент эластичности $K_I, \%$	11,2	14,3	20,2	17,8

Анализ антиоксидантной активности показал, что наименьшим количеством веществ, обладающих антиоксидантными свойствами (0,1 мг/100 г), характеризовался контрольный образец. Содержание антиоксидантов в хлебе «Авена» и «Витэ» в 3,7 и 4,4 раза больше контроля за счет большего содержания токоферола в дополнительном сырье, а именно в овсяной и рисовой муке.

Выявили, что употребление продуктов с обогатителями повышает уровень глюкозы в крови более плавно, чем без их добавления.

Это связано с тем, что в хлебе «Авена» и «Витэ» содержится больше, чем в контроле, пищевых волокон, витаминов, белков, минеральных веществ и незаменимых аминокислот, которые замедляют пищеварение и всасывание глюкозы в кровь, что способствует снижению гликемического индекса хлеба на 18,7 и 12,5 % по сравнению с контролем (рисунок 8).

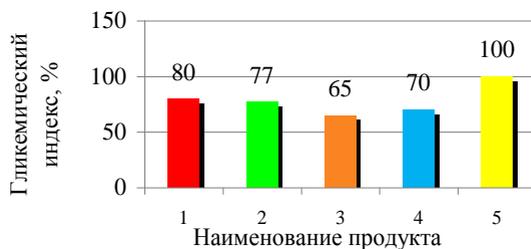


Рисунок 8 – Гликемический индекс продуктов: (хлебобулочные изделия): 1 – контроль, 2 – хлеб «Свобода», 3 – хлеб «Авена», 4 – хлеб «Витэ»; 5 – чистая глюкоза

Биохимический анализ крови крыс, употребляющих хлеб из муки первого сорта без внесения обогатителей (контрольная группа) и хлеб из муки пшеничной первого сорта, полученный с ТВС «EnzoWay 5.02», ЭВР с рН 11,12 и нетрадиционных видов муки (опытная группа), выявил, что показатели находились в пределах нормы, и у животных отсутствовали различные патологии. Однако у опытной группы крыс наблюдалось снижение кератина и холестерина в пределах нормы, глюкозы - на 16,4 %, что указывает на интенсивный обмен веществ за счет большего содержания в хлебе пищевых волокон и лучшего обеспечения организма энергией.

Установлено, что потребление 100 г разработанных изделий обеспечит степень удовлетворения суточной нормы потребления белка от 9 до 11 %, жира - от 0,96 до 1,2 %, углеводов не более 13,0 %, пищевых волокон - от 8,3 до 10,7 %, витаминов - от 5,6 до 11,4 %, минеральных веществ - от 2 до 10,7 %, аминокислот - от 6,6 до 14,5 % (таблица 3). Таким образом, доказано, что применение муки, полученной с помощью ТВС «EnzoWay 5.02» при отволаживании зерна пшеницы, а также нетрадиционных видов муки – овсяной и рисовой, ЭВР с рН 11,12 обеспечивает положительное влияние на органолептические, физико-химические и структурно-механические показатели качества хлебобулочных изделий, и, главное, повышает их функциональность.

Таблица 3 – Содержание пищевых нутриентов в 100 г хлебобулочных изделий и степень их удовлетворения

Наименование показателя	Контроль	Удовл. суг. потребности, %	Хлеб «Свобода»	Удовл. суг. потребности, %	Хлеб «Авена»	Удовл. суг. потребности, %	Хлеб «Витэ»	Удовл. суг. потребности, %
Белки, г	6,80	9,07	8,20	10,93	8,60	11,10	8,30	10,96
Жиры, г	0,80	0,96	0,80	0,96	1,20	1,45	0,80	0,96
Углеводы, г	44,00	11,92	43,90	12,03	44,40	12,16	44,10	12,08
Пищевые волокна, г	2,60	8,33	2,70	9,00	3,20	10,67	2,70	9,00
Витамины, мг								
В ₁	0,20	14,39	0,20	10,38	0,20	11,64	0,20	10,38
В ₂	0,10	5,56	0,10	5,06	0,10	5,56	0,10	5,56
РР	1,52	7,62	1,50	7,49	1,30	6,52	1,55	7,75
Минеральные вещества, мг								
Кальций	20,00	2,00	19,70	1,97	21,60	2,16	20,80	2,08
Натрий	6,30	0,26	6,20	0,26	5,40	0,23	6,50	0,27
Калий	119,30	3,41	117,30	3,35	128,70	3,68	123,20	3,52
Фосфор	77,20	7,72	75,90	7,59	93,90	9,39	85,80	8,58
Магний	28,80	7,20	28,30	7,08	33,20	8,30	32,40	8,10
Железо	1,40	10,00	1,40	10,00	1,50	10,71	1,50	10,71
Незаменимые аминокислоты, мг/100 г изделия								
Фенилаланин	370,10	8,41	364	8,27	357,20	8,12	356,00	8,09
Триптофан	52,40	6,55	51,50	6,44	58,50	7,31	51,40	6,43
Треонин	190,00	7,92	186,90	7,79	190,90	7,95	183,90	7,66
Метионин	260,20	14,46	255,90	14,22	234,00	13,00	248,10	13,78
Лизин	162,00	3,95	159,40	3,89	172,60	4,21	158,20	3,86
Лейцин	660,00	14,30	677,60	14,73	646,20	14,05	359,90	14,35
Изолейцин	266,50	13,33	262,10	13,11	260,30	13,02	257,00	12,85
Валин	266,00	10,64	261,60	10,46	265,80	10,63	260,00	10,40

Предлагаемые технологические приемы и применяемое сырье позволяет снизить кислотность хлеба, гликемический индекс, увеличить его антиоксидантные свойства. Следовательно, разработанные хлебобулочные изделия рекомендуются для людей, страдающих заболеваниями желудочно-кишечного тракта и профилактики, т. к. будут способствовать коррекции кислотно-щелочного баланса организма путем замедления процессов патологического окисления, влекущих за собой болезни.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Выявлено, что применение технологического вспомогательного средства «EnzoWay 5.02» при отволаживании зерна пшеницы, способствует повышению выхода муки до 62 %, большему набуханию клейковинных белков, получению лучших органолептических и упруго-эластичных свойств теста, увеличению белка в муке на 1,4 %.

2. Доказано положительное влияние ТВС на выход и показатели качества хлебобулочных изделий. Повышается выход хлеба на 3,3 %, микробиологическая безопасность хлеба по показателю КМАФАнМ в 7,5 раз, цветность на 2,7 усл. единиц, антиоксидантная активность в 2,5 раза, содержание ароматобразующих веществ - на 26 % по сравнению с контролем увеличивается сохранение свежести на 17 %.

3. Выбран способ приготовления теста на основании дисперсионного анализа – на большой густой опаре, обеспечивающий максимальные показатели качества изделий. Установлена активная кислотность ЭВР (рН 11,12), применяемого в производстве хлеба пониженной кислотности для профилактического питания, получено математическое уравнение, позволяющее прогнозировать эффективную вязкость теста из пшеничной муки первого сорта с внесением обогатителей (мука овсяная, мука рисовая).

4. Путем доклинических испытаний на белых крысах при включении в рацион питания хлеба из пшеничной муки, полученной с применением ТВС, зафиксирована тенденция более выраженного пищеварения, улучшенного процесса метаболизма в отделах кишечника, выраженной антиоксидантной активности в организме животных (общее образование перекисей снижается на 75 %). Выявлено, что разработанные виды хлеба характеризуются средним значением гликемического индекса (65-80 %). Установлено, что потребление 100 г разработанных изделий обеспечит степень удовлетворения суточной нормы потребления белка от 9 до 11 %, жира - от 0,96 до 1,2 %, углеводов не более 12,16 %, пищевых волокон - от 8,3 до 10,7 %, витаминов - от 5,6 до 11,4 %, минеральных веществ - от 2 до 10,7 %, аминокислот - от 6,6 до 14,5 %.

5. Разработана и утверждена техническая документация на хлебобулочные изделия пониженной кислотности для профилактического питания (3 комплекта). Выявлено, что ожидаемый экономический эффект от реализации 1 т хлебобулочных изделий из муки пшеничной первого сорта, полученной с применением ТВС «EnzoWay 5.02», составит 1,04 тыс. р.

Основные публикации по диссертационной работе Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Петриченко, В.В. Новая технология повышения выходов муки на мельзаводах / В.В. Петриченко, Ю.А. Вершкова, М.Г. Иванов // Хлебопродукты. – 2014. - № 9. – С. 34-36. – 0,18 п.л. (лично автором 0,09 п.л.).

2. Петриченко, В.В. Исследование влияния применения технологического вспомогательного средства Enzoway 5,02 при гидротермической обработке зерна пшеницы на свойства теста и хлеба / Хлебопродукты // В.В. Петриченко, М.Г. Иванов, Е.И. Пономарева, О.Н. Воропаева // – 2015. - № 5. – С. 51-54. – 0,25 п.л. (лично автором 0,12 п.л.).

Статьи и материалы конференций

3. Пономарева, Е.И. Обогащение пшеничной муки ферментами и витаминами / Е.И. Пономарева, В.В. Петриченко, М.Г. Иванов // Материалы IV Международной научно-технической конференции «Новое в технологии и технике функциональных продуктов на основе медико-биологических воззрений». – Воронеж: ВГУИТ, 2014. - С. 306-308. – 0,18 п.л. (лично автором 0,06 п.л.)

4. Пономарева, Е.И. Способ увеличения выхода муки / Е.И. Пономарева, В.В. Петриченко, М.Г. Иванов, А.А. Грибоедова // Материалы Международной научно-технической конференции «Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение». – Воронеж: ВГУИТ, 2014. - С. 17-18. – 0,12 п.л. (лично автором 0,03 п.л.)

5. Пономарева, Е.И. Повышение пищевой ценности муки за счет применения пищевых ферментов / Е.И. Пономарева, В.В. Петриченко, М.Г. Иванов // Тезисы ежегодного Международного форума «Питание и здоровье», Международная конференция детских диетологов и гастроэнтерологов. – М., 2014. - С. 46-47 – 0,12 п.л. (лично автором 0,03 п.л.)

6. Воропаева, О.Н. Оптимизация рецептуры хлеба функционального назначения / О.Н. Воропаева, Т.Г. Занудина, М.Г. Иванов, Е.И. Пономарева // Материалы II Международной научно-практической конференции «Математика и математическое моделирование в инно-

вационном развитии АПК». - Саратов, 2014. – С. 54-58. – 0,31 п.л. (лично автором 0,075 п.л.)

7. Пономарева, Е.И. Изменение структурно-механических свойств хлеба функционального назначения в процессе хранения / Е.И. Пономарева, О.Н. Воропаева, М.Г. Иванов // Материалы III Международной научно-практической конференции «Производство и переработка сельскохозяйственной продукции: менеджмент качества и безопасности». – Воронеж, 2015. – С. 168-172. – 0,31 п.л. (лично автором 0,1 п.л.)

8. Пономарева, Е.И. Композиция ферментов для хлебобулочных изделий / Е.И. Пономарева, О.Н. Воропаева, В.В. Петриченко, М.Г. Иванов // Материалы XI Международной научно-практической конференции «Современные концепции научных исследований». – М., 2015. – С. 108-109. – 0,12 п.л. (лично автором 0,06 п.л.)

9. Пономарева, Е.И. Влияние ферментативной обработки зерна пшеницы на реологические свойства теста и качество хлеба / Е.И. Пономарева, О.Н. Воропаева, В.В. Петриченко, М.Г. Иванов // Материалы четвертой научно-практической конференции с международным участием «Управление реологическими свойствами пищевых продуктов». – М., 2015. – С. 115-119. - 0,31 п.л. (лично автором 0,09 п.л.)

10. Пономарева, Е.И. Повышение технико-экономических показателей хлебопекарного производства / Е.И. Пономарева, О.Н. Воропаева, М.Г. Иванов, В.В. Петриченко // Материалы Международной научно-практической конференции «Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии агропромышленного комплекса». – Воронеж, 2015. – С. 160-162. – 0,18 п.л. (лично автором 0,05 п.л.)

Изобретения

11. Положительное решение о выдаче патента на изобретение Способ повышения выхода хлеба и осветления мякиша [Текст] / Е. И. Пономарева, О.Н. Воропаева, В.В. Петриченко В.В., М.Г. Иванов, А.В. Одинцова. - № 2015104003; Заявл. 10.01.2015.

Подписано в печать. Формат 60×84 1/16.
Усл. печ. л. 1.0 Тираж 100 экз.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»
Отдел полиграфии ФГБОУ ВО «ВГУИТ»
Адрес университета и отдела полиграфии ФГБОУ ВО «ВГУИТ»:
394036, Воронеж, пр. Революции, 19