

На правах рукописи



БОРИСЕНКО Денис Владимирович

**ОВОЩНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИНГРЕДИЕНТЫ
В ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБА С ПОВЫШЕННОЙ
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ**

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

05.18.07 – Биотехнология пищевых продуктов и биологических активных веществ

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Воронеж - 2014

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

Научные руководители: доктор технических наук, профессор
Пашенко Людмила Петровна
(ФГБОУ ВПО Воронежский государственный университет инженерных технологий)

Заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук, профессор,
Антипова Людмила Васильевна
(ФГБОУ ВПО Воронежский государственный университет инженерных технологий)

Официальные оппоненты: **Хатко Зурет Нурбиевна**,
доктор технических наук, доцент
(ФГБОУ ВПО Майкопский государственный технологический университет)
Никитин Игорь Алексеевич,
кандидат технических наук
(ФГБОУ ВО Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет))

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО Донской государственный аграрный университет, поселок Персиановский, Ростовская область

Защита состоится «4» марта 2015 г. в 11⁰⁰ ч на заседании совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Д 212.035.04 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Воронежский государственный университет инженерных технологий" (ФГБОУ ВПО "ВГУИТ") 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 ВПО "ВГУИТ". Полный текст диссертации размещен в сети «Интернет» на официальном сайте ФГБОУ ВПО «ВГУИТ» www.vsuet.ru 9 декабря 2014 г.

Автореферат размещен в сети «Интернет» на официальном сайте Министерства образования и науки РФ по адресу: www.vak2.ed.gov.ru и на официальном сайте ФГБОУ ВПО «ВГУИТ» www.vsuet.ru «29» декабря 2014 г. Автореферат разослан «20» января 2015 г.

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



Успенская М. Е.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Питание – это важнейшая физиологическая потребность организма человека. Оно требуется для непрерывного построения и образования клеток и тканей; поступления веществ, необходимых организму человека для образования гормонов, ферментов и других регуляторов обменных процессов. Государственная политика РФ в сфере здорового питания направлена на обеспечение всех необходимых условий, удовлетворяющих потребности населения в сбалансированном питании с учетом обычаев, экономического статуса и принципам нутрициологии.

Наиболее актуально введение в рацион пожилых и старых людей пищевых волокон, антиоксидантов и других ингибиторов свободнорадикального окисления и перекисных процессов в организме [42, 128]. Совместная работа медицинского персонала, отраслевых вузов и сотрудников пищевой промышленности способствует созданию продуктов, позволяющих производить коррекцию алиментарных заболеваний и патологических состояний. Данная задача, прежде всего, возложена на продукты питания функционального назначения.

Значительный вклад в разработку функциональных продуктов питания и обеспечение безопасности хлеба внесли отечественные ученые: О.В. Афанасьева, А.В. Витавская, Г.Ф. Дремучева, А.П. Косова, С.Я. Корячкина, Г.О. Магомедов, Л.П. Пашенко, Р. Д. Поландова, Ю.Ф. Росляков, Т. В. Санина, В.Я. Черных и др.

Рассматриваемая в диссертационной работе проблема связана с исследованием новых видов сырья и их синергетических композиций, содержащих биологически активные вещества (БАВ), для производства продуктов здорового питания, рационального использования ресурсов и микробиологической чистоты изделий с возможностью пролонгирования сроков хранения.

Диссертационное исследование выполнено в рамках НИР кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств ФГБОУ ВПО ВГУИТ «Разработка ресурсосберегающих технологий функциональных хлебобулочных и мучных кондитерских изделий на основе медико-биологических воззрений с применением нового и нетрадиционного сырья» № г. р. 01970008815.

Цель работы: исследование и реализация овощных источников функциональных ингредиентов с целью расширения ассортимента хлеба с пролонгированными сроками годности.

Задачи диссертационного исследования:

- обоснование выбора натуральных сырьевых источников БАВ, веществ ингибирующих спорообразующую микрофлору, доказательство их биобезопасности;

- создание информационного банка данных функциональных свойств сырья, в аспекте влияния на жизнеобеспечивающие функции организма человека;
- моделирование состава и применение овощных композиций БАВ в рецептурах и технологиях хлеба;
- исследование микробиологических свойств хлеба при хранении;
- оценка новых изделий функциональным продуктам по качеству, биобезопасности, степени удовлетворения суточной потребности в дефицитных веществах;
- разработка технической документации (ТД), проведение промышленной апробации результатов исследований, расчет экономической эффективности.

Научные положения, выносимые на защиту:

- новые овощные обогатители пищевых систем, содержащие биологически активные и дефицитные в питании человека вещества;
- оценка биологически активного сырья и их композиций с позиций физиологической регуляции жизненно важных функций человека;
- новые рецептуры хлеба и технологии его получения с овощными ингредиентами.

Научная новизна. Обоснован выбор овощей: тыквы обыкновенной, дайкона и чеснока посевного как источников БАВ, ингибирующих микрофлору, вызывающих порчу хлеба, оценен их биогенный потенциал, доказана биобезопасность. Создан информационный банк функциональных свойств вносимых добавок – пюре из тыквы и дайкона, чеснока, животного пищевого костного жира (ЖПКЖ), молочной сыворотки и солода ржаного ферментированного (СРФ); доказана целесообразность их применения в составе композиций для получения хлеба. Определены составы овощных композиций БАВ для различных видов хлеба. Исследованы закономерности изменения биотехнологических и реологических характеристик полуфабрикатов, показателей качества изделий в зависимости от дозировок БАВ. Доказано, что разработанные изделия относятся к продуктам функционального назначения. Оптимизирован состав новых хлебопродуктов, получены уравнения регрессии. Доказана микробиологическая чистота и сроков хранения хлеба.

Практическая значимость. Разработаны рецептуры и усовершенствованы технологии новых видов хлеба, которые апробированы на ОАО «Хлебозавод № 2» (г. Воронеж). Новизна предложенных технических решений подтверждена патентами РФ ржаной хлеб «Украинская рапсодия» (патент № 2515138 от 12.03.2014 г.). На новые изделия разработаны проекты ТД. Полученные результаты имеют системный прикладной характер, связанный со смежными направлениями науки – функциональное питание.

Расчетный экономический эффект показал, относительно базового варианта, возможное увеличение цены. Однако, функциональное назначение разработок повысит степень удовлетворения изделиями суточной потребности человека в дефицитных нутриентах, профилактики и предупреждении развития различных заболеваний, расширения ассортимента хлеба повышенной микробиологической безопасности, улучшенного качества.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Диссертационное исследование соответствует п. 2, 3 паспорта специальности 05.18.01 «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства» и п. 3, 10, 13 паспорта специальности 05.18.07 «Биотехнология пищевых продуктов и биологических активных веществ».

Апробация работы. Основные результаты и положения диссертационного исследования обсуждены и доложены на международных и всероссийских конференциях. По материалам конференций опубликованы тезисы объемом 1,91 п.л., в которых вклад соискателя составляет 0,91 п.л. (Список публикаций).

Работы экспонировались на выставках и награждены дипломом.

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 12 работ, в том числе 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 9 тезисов докладов конференций и 1 патент РФ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, три из которых посвящены экспериментальной части, выводов, списка использованных источников, приложений и представлена на 193 страницах основного текста, в 52 таблицах, 72 рисунках. Список используемых источников включает 176 наименования, в том числе 18 иностранных источников. Приложение к диссертации изложено на 39 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение. Обоснована актуальность темы, определены цели и задачи теоретических и экспериментальных исследований.

Глава 1. Овощи как пищевые и лечебно-профилактические продукты в питании человека. Освещены проблемы рационального питания, обеспечения населения функциональными продуктами, нормы энергетической ценности питания. Исследованы источники БАВ овощей. Проанализированы основные аспекты микробиологической порчи хлебобулочных изделий.

Глава 2. Экспериментальная часть. Объекты и методы исследований. Схема исследований – рисунок 1. В исследованиях применяли соответствующее требованиям действующей НТД сырье: муку пшеничную хлебопекарную высшего и первого сорта – ГОСТ Р 52189-2003; муку ржаную хлебопекарную обдирную – ГОСТ 52809-2007; соль поваренную пищевую – ГОСТ Р 51574-2000; дрожжи хлебопекарные прессованные – ГОСТ 171-81; сахар-песок – ГОСТ 21-94; масло сливочное – ГОСТ 52969-2008; ЖПКЖ –

ГОСТ 25292-82; чеснок свежий – ГОСТ 27569-87; дайкон свежий – ГОСТ Р 51074-2003; тыкву свежую – ГОСТ 7975-2013; молочную сыворотку – ГОСТ Р 53438-2009; солод ржаной ферментированный (СРФ) – ГОСТ Р 52061-2003; сухую пшеничную клейковину (СПК) – ГОСТ Р 53511-2009; добавку подкисляющую комплексную «Цитросол» – ТУ 9291-008-11163857-97; воду питьевую – СанПиН 2.1.4.1074-01.

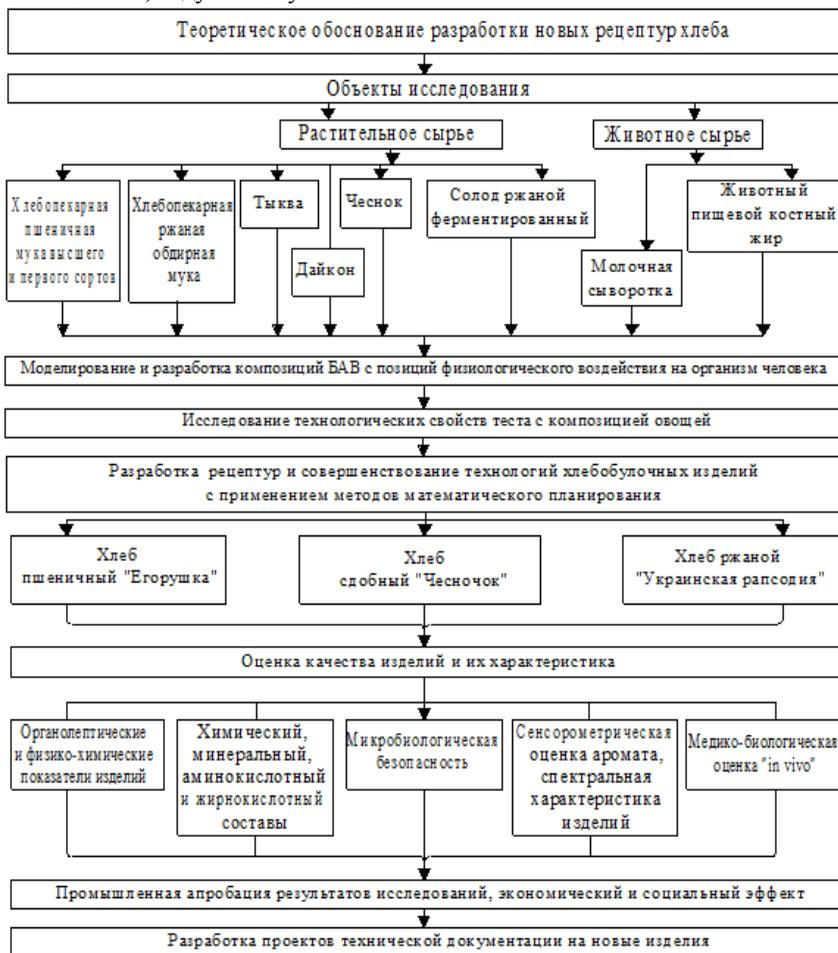


Рисунок 1. Схема экспериментальных исследований

Исследования проводили в условиях научно-исследовательских лабораторий кафедр: Воронежского государственного университета инженерных технологий – Технологии хлебопекарного, кондитерского,

макаронного и зерноперерабатывающего производств; общей и неорганической химии; микробиологии и биохимии; технологии продуктов животного происхождения; «Центра стратегического развития научных исследований» ВГУИТ; ветеринарной клиники ООО «Здоровье Животных»; испытательного лабораторного центра АНО «НТЦ Комбикорм».

В работе применяли общепринятые и специальные методы исследования сырья, полуфабрикатов и готовых изделий. Химический состав объектов определяли по НТД; состав аминокислот – на аминокислотном анализаторе ААА Т-339; рН – потенциометрическим методом; составы углеводов и липидных компонентов – высокоэффективной жидкостной и газожидкостной хроматографией соответственно; микроэлементов – по ГОСТ Р 51637-2000, ГОСТ 27995-88 и МУК 4/1/033-95; антиоксидантную активность – на приборе «Цвет-Яуза-01-АА».

Биологическую безопасность устанавливали экспрес-биотестом на культуре *Paramecium caudatum*; радионуклиды – по МУК 2.6.1.1194-03; токсикологическую оценку – на лабораторных животных; развитие картофельной болезни в хлебе – технологическим методом по ГОСТ 27669-88 и бактериологическим методом. Микроструктуру теста оценивали на микроскопе Миктрон-400 М; перевариваемость белков – методом Покровского-Ертанова; аромат изделий – методом пьезокварцевого микровзвешивания; микробиологическую безопасность – по СанПиН 2.3.2.1078-01. Проектирование соотношений Са:Мg:Р, белки:углеводы проводили с помощью компьютерной алгебры *Maple*; дозировки БАВ нового сырья – с помощью центрального композиционного ротатбельного униформ-планирования (ЦКРП).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Глава 3. Источники функциональных пищевых ингредиентов. Медико-биологические свойства и безопасность. В качестве источников БАВ использовали: пюре из тыквы, пюре из дайкона, чеснок, молочную сыворотку, ЖПКЖ и СРФ. **Пюре из тыквы** – продукт переработки тыквы обыкновенной (*Cucurbita Pepo L.*). Получено известным методом: плоды, прошедшие инспекцию, направляли на отмочку и мойку под душем, затем механическим способом чистили от кожицы, измельчали на кусочки 20×30 мм, бланшировали острым паром в течение 10–15 мин при температуре 100–105 °С, полученную массу пропускали через прогирочные машины с диаметром отверстий сит 1,5 мм и стерилизовали в стеклянных банках вместимостью 1 л в автоклавах в течение 8–15 мин при температуре 100–105 °С. Готовое пюре имело цвет желто-оранжевый, запах и вкус свойственный тыкве, консистенцию однородную, массовую долю СВ 10 %, РВ 13–15 %, рН с подкислением аскорбиновой кислотой не более 4,2.

БАВ пюре из тыквы содержат, %: белки – 2,20; липиды – 0,30; пищевые волокна – 3,70; инулин – 2,30; органические кислоты – 0,20; витамины, мг/100 г: β -каротин – 0,12, Е – 0,98, В₁ – 0,03, В₂ – 0,02, С – 39,17; биогенные элементы, мг/100 г: Са – 35,15, К – 358,05, Fe – 3,80, Zn – 1,20, Cu – 2,00, Mg – 32,21. Энергетическая ценность 89 ккал. Проявляет функциональные свойства: геродиетическое, противоаллергическое, антиоксидантное и другие.

Безопасность пюре из тыквы определяли по микробному числу и на тест-культуре *P. Caudatum*: микробное число – $45 \cdot 10^2$ КОЕ/г; к инфузориям – индифферентен. Содержание радионуклидов, тяжелых металлов, вредных веществ не превышало нормативных значений.

Пюре из дайкона – продукт переработки дайкона (*Raphanus sativus*). Получено методом, аналогично пюре из тыквы. Пюре из дайкона имело белый цвет с сероватым оттенком, запах и вкус свойственный дайкону, консистенцию однородную, массовую долю СВ 10 %, РВ 15–18 %, рН с подкислением аскорбиновой кислотой не более 4,2.

БАВ пюре из дайкона содержат, %: белки – 1,20; липиды – 0,10; пищевые волокна – 1,60; крахмал – 0,30; органические кислоты – 0,10; витамины, мг/100 г: РР – 0,12, Е – 0,15, В₁ – 0,02, В₂ – 0,05, В₅ – 0,25, В₆ – 0,15, С – 28,67; биогенные элементы, мг/100 г: Са – 42,19, К – 279,97, Fe – 1,85, Zn – 0,20, Cu – 0,15, Mg – 18,41. Энергетическая ценность 20 ккал. Благодаря, содержащимся в пюре из дайкона БАВ проявляет следующие функциональные свойства: антисептическое, противовоспалительное, фунгицидное, антиоксидантное и другие.

Микробное число пюре из дайкона составило $28 \cdot 10^2$ КОЕ/г; к инфузориям – индифферентен. Содержание радионуклидов, тяжелых металлов, вредных веществ не превышало значений СанПин.

Чеснок (*Allium sativum L.*) – овощное растение семейства луковых, обладающий высоким биогенным потенциалом и участвующий в поддержании гомеостаза организма человека. Химический состав, %: вода – 58,25; белки – 6,50; общие сахара – 3,45; пищевые волокна – 1,50; липиды – 0,05; органические – 0,1; биогенные элементы – 1,10 (К, Na, Са, Mg, P, Mn, Fe, Zn, Co, Cr, Al, Cu, Se, Ni, I, В); витамины – В₁, В₂, В₃, В₅, С, Р; фитонциды. Основные функциональные действия чеснока: гепатопротекторное, противовоспалительное, диуретическое и иммуномодулирующее.

Микробное число измельченного свежего чеснока составило $39 \cdot 10^2$ КОЕ/г; к инфузориям – индифферентен. Содержание радионуклидов, тяжелых металлов, вредных веществ не превышало значений СанПин.

Молочная сыворотка – самый полезный вторичный продукт переработки молока. Применяли подсырную молочную сыворотку. Содержит в своем составе, %: белки – 0,82; лактозу – 3,50; молочный жир – 0,23; минеральные вещества, %: Са – 0,10, Mg – 0,02, P – 0,08, К – 0,15, Cl – 0,07 и др.; витамины, мг: В₁ – 0,03, В₂ – 0,11, РР – 0,14; С – 0,50; ферменты и др. К основным функци-

ональным свойствам молочной сыворотки относятся: иммуномодулирующее, диуретическое, ранозаживляющее и другие.

ЖПКЖ – биологически активный продукт, отличающийся наличием ПНЖК, лецитина (0,13–0,18 %) и отсутствием *транс*-изомеров. Триглицериды липидов – это 90,8 % ПНЖК, представленных, %: ω -9 – 22,0, ω -6 – 51,6 и ω -3 – 17,2. Проявляет липотропное, антиатеросклеротическое, мембранно-стабилизирующее и другие функциональные свойства.

СРФ – натуральный биологически активный продукт для здорового питания. Содержит белки, углеводы, биогенные элементы: P, K, Mg, Mn, Ca, Zn, Fe, Se, Cu, V и др., витамины B₁, B₂, B₃, B₅, B₆, B₉, E, F, биотин. Основными функциональными свойствами являются иммуномодулирующее, антидиабетическое, общеукрепляющее, кроветворное и другие.

Эффекты БАВ обусловлены свойствами их составляющих. *Растительные пищевые волокна* выводят из организма токсичные металлы и радионуклиды, патогенные бактерии, бактериальные токсины, нормализуют обмен веществ. *Антиоксиданты* нейтрализуют избыточную концентрацию свободных радикалов. *Пищевые волокна* и антиоксиданты в пищевых продуктах проявляют синергизм. *Полиненасыщенные жирные кислоты* ω -6 и ω -3 предупреждают атеросклероз и тромбообразование, гипертоническую болезнь, сердечнососудистые заболевания, нарушение мозгового кровообращения, укрепляют иммунную систему и др. *Биогенные элементы* обеспечивают активацию ферментов, процессы свертывания крови, проницаемость мембран, образование мембранного потенциала, внутриклеточные процессы. Ионы Ca – универсальный регулятор жизнедеятельности клеток. Участвуют в белковом, углеводном и жировом обмене веществ – Fe, Co, Mn, Zn, Mo и др.; в синтезе белков – Mg, Mn, Fe, Co, Cu, Cr; в кроветворении – Co, Cu, Mn, Zn, Ni; в дыхании – Mg, Fe, Cu, Zn, Mn и Co. Макро- и микроэлементы БАВ и БАК способны обеспечить регуляцию гомеостаза человека. *Витамины БАВ* препятствуют развитию атеросклероза, способствуют окислению и выведению из организма холестерина, усвоению Ca и Fe, поддержанию нормального иммунного статуса и гомеостаза человека.

Глава 4. Разработка композиций БАВ для хлеба функциональной направленности устойчивого к микробиологической порче. *Композиция поре из тыквы+поре из дайкона+чеснок тушеный.* Для снижения возможного побочного действия тыквы в наших исследованиях применяли чеснок в тушеном виде. Для этого прошедший экспедицию чеснок чистили, промывали в проточной воде, измельчали, помещали на противень, сбрызгивали водой и направляли в печь при температуре 80–100 °C на 8–12 мин до его размягчения.

В ходе пробных лабораторных выпечек исследовали оптимальное соотношение поре из тыквы и поре из дайкона: проба № 1 – 3:1; проба № 2 – 1:1; проба № 3 – 1:3 соответственно. При повышении доли поре из тыквы (проба

№ 1) цвет готового изделия становился темным, в процессе хранения хлеб приобретал ярко выраженный вкус тыквы. При повышении доли пюре из дайкона (проба № 3) наблюдали повышение адгезии теста, снижались качественные характеристики аромата хлеба в процессе хранения. Наиболее оптимальным является соотношение пюре из тыквы и пюре из дайкона 1:1 (проба № 2).

При создании пшеничного хлеба «Егорушка» выбор рациональных дозировок осуществлен с помощью ЦКРП. Основными факторами выбраны: X_1 – дозировка пюре из тыквы и пюре из дайкона в соотношении 1:1, % к массе муки; X_2 – чеснок тушеный, % к массе муки. За критерий оценки приняли пористость изделий Y_1 , % и удельный объем Y_2 , $\text{см}^3/100 \text{ г}$. При статистической обработке получены уравнения регрессии:

$$Y_1 = 358,23 - 6,28X_1 + 0,63X_2 - 0,74X_1X_2 - 6,20X_1^2 - 3,94X_2^2, \quad (1)$$

$$Y_2 = 74,10 + 2,56X_1 + X_1X_2 - 3,21X_1^2 - 1,03X_2^2. \quad (2)$$

В результате расчетов определены дозировки, %: пюре из тыквы и пюре из дайкона в соотношении 1:1 – 20,0, чеснок тушеный – 3,5.

Тесто замешивали по традиционной технологии безопарным способом аналогично контролю. Особенностью технологии нового пшеничного хлеба является внесение на стадии замеса теста 20,0 % пюре из тыквы и пюре из дайкона в соотношении 1:1 и 3,5 % тушеного чеснока. Далее – по традиционной технологии.

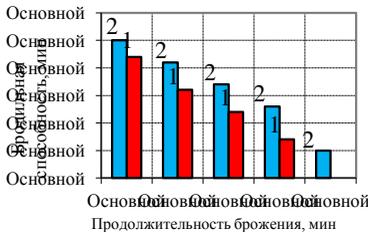


Рисунок 2. Зависимость бродильной способности теста от продолжительности брожения: 1 – для хлеба с 20,0 % пюре из тыквы и пюре из дайкона в соотношении 1:1 и 3,5 % тушеного чеснока (опыт); 2 – для хлеба белого из пшеничной муки высшего сорта

Газообразующая способность теста в контрольной пробе за 180 мин брожения составила – $235 \text{ см}^3 \text{ CO}_2$, а в опытной это значение достигалось за 120 мин; кислотность теста 3 град накапливалась за 180 и 120 мин соответственно; бродильная активность теста после 120 мин брожения улучшалась в 2 раза (рисунок 2). Формоудерживающая способность контрольной пробы теста на 120 мин брожения превышала значение опытной пробы на 20 %. Продолжительность брожения опытного

теста сокращена на 30 мин. Эффективная вязкость теста несколько увеличивалась, а адгезионная прочность снижалась, что положительно отражалось на свойствах теста при разделке.

Приняли рецептуру хлеба, рассчитанную с помощью ЦКРП за рецептуру пшеничного хлеба «Егорушка».

Композиция свежий чеснок+молочная сыворотка+ЖПКЖ. Выбор рациональных дозировок БАВ для сдобного пшеничного хлеба «Чесночок» осуществлен с помощью ЦКРП. Основными факторами выбраны, % к массе муки в тесте: X_1 – дозировка чеснока; X_2 – дозировка молочной

сыворотки, X_3 – дозировка ЖПКЖ. За критерий оценки приняли удельный объем Y_1 , $\text{см}^3/100$ г и пористость изделий Y_2 , %. При статистической обработке получены уравнения регрессии:

$$Y_1 = 349,50 - 3,00X_1 + 2,00X_2 + 5,25X_3 - 2,00X_1X_2 + 2,75X_1X_3 + 3,25X_2X_3, \quad (3)$$

$$Y_2 = 69,75 + 1,375X_1 + 0,775X_2 + 1,975X_3 - 0,60X_1X_2 + 1,10X_1X_3 + 1,23X_2X_3. \quad (4)$$

Рассчитали, что наиболее оптимальным являются следующие дозировки, % к массе муки в тесте: чеснок – 6,5; ЖПКЖ – 7,0 %. Дозировка молочной сыворотки не оказывает существенного влияния на исследуемые показатели, поэтому ее дозировку выбираем расчетным путем, исходя из кислотности теста – 17,0 % к массе муки в тесте.

Особенностью технологии нового сдобного хлеба является предварительное экстрагирование очищенного и измельченного чеснока, в количестве 6,5 % от массы муки в тесте, в молочной сыворотке, в количестве 17,0 % от массы муки в тесте, при температуре 32 °С в течение 60 мин при непрерывном перемешивании. ЖПКЖ и воду смешивают до образования эмульсии в пропорции 1:2 при температуре 50 °С, благодаря входящему в состав ЖПКЖ лецитина.

Значения газообразующей способности, бродительной активности, формулирующей способности теста в опытной пробе улучшались; кислотность теста (3 град) накапливалась на 60 мин быстрее по сравнению с контролем. Продолжительность брожения сокращена на 60 мин. Эффективная вязкость теста несколько увеличивалась, а адгезионная прочность снижалась.

Приняли рецептуру хлеба, рассчитанную с помощью ЦКРП за рецептуру пшеничного хлеба «Чесночок».

Композиция свежий чеснок+молочная сыворотка+СРФ. Выбор рациональных дозировок осуществлен с помощью ЦКРП. В качестве основных факторов приняты, к общей массе муки: дозировка чеснока – X_1 ; дозировка СПК – X_2 , %. В качестве критериев оценки приняли: удельный объем хлеба – Y , $\text{см}^3/100$ г массы. Получено уравнение регрессии:

$$Y = 320,0 - 2,1564 X_1 + 9,0331 X_2 - 2,250 X_1 X_2 - 2,5169 X_1^2 + 3,7706 X_2^2, \quad (5)$$

В результате расчетов определены дозировки, %: чеснок – 8,0 % к массе пшеничной муки в тесте, СПК – 23,0 % к массе пшеничной муки в тесте, обеспечивающие максимальное значение удельного объема. Количество молочной сыворотки определяли расчетным путем исходя из кислотности теста – 13,5 %, СРФ в соответствии с рекомендуемыми дозировками – 5,0 %.

Особенность технологии нового ржаного хлеба: вначале проводили экстракцию предварительно измельченного очищенного чеснока в молочной сыворотке при температуре 32–35 °С в течение 60 мин при непрерывном перемешивании. Полученную сывороточно-чесночную смесь в дальнейшем использовали при замесе теста. СПК смешивали с мукой ржаной хлебопекарной обдирной и СРФ. Далее – по традиционной технологии.

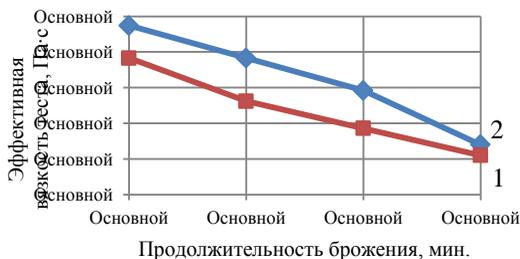


Рисунок 3. Динамическая вязкость теста в процессе брожения: 1 – для хлеба «Петровский» (контроль); 2 – для ржаного хлеба с композицией из 8,5 % свежего чеснока, 23,0 % СПК, 13,5 % молочной сыворотки и 5,0 % СРФ

которая имеет большую кислотность, чем пшеничная. Вязкость теста контрольной и опытной проб снижается в процессе брожения в нелинейной зависимости. Вязкость опытного образца несколько выше, но к концу брожения разница между значениями эффективной вязкости становится не значительной (рисунок 3).

Приняли рецептуру хлеба, рассчитанную с помощью ЦКРП за рецептуру ржаного хлеба «Украинская рапсодия».

Глава 5. Оценка влияния композиций БАВ на качество хлеба. Пшеничный хлеб «Егорушка» (рисунок 4) отличался улучшенными показателями качества: ярко выраженным ароматом, интенсивно окрашенной коркой; эластичным, тонкопористым мякишем; пористость изделия увеличилась на 4,0 %, удельный объем – на 8,8 %, формоустойчивость – на 12,8 %.

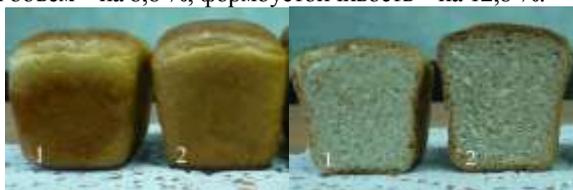


Рисунок 4. Внешний вид изделий: 1 – хлеб белый из муки пшеничной высшего сорта (контроль); 2 – хлеб «Егорушка» (опыт)

Хлеб «Егорушка» удовлетворяет суточную потребность в селене, витаминах В₁ и Е на 15 % и более. В изделии достигнуто рекомендуемое ИП РАМН соотношение Са:Мg:P = 1,00:0,55:1,53, способствующее хорошему усвоению кальция. Биологическая ценность нового хлеба увеличилась на 17,5 %, энергетическая ценность снизилась на 2,4 %. Суммарная площадь «визуального отпечатка» аромата хлеба «Егорушка» по общему содержанию летучих веществ в РФ увеличилась на 4,7 %; антиоксидантная активность – на 37,9 % и 89,7 % через 16 и 72 ч соответственно; удельная набухаемость увеличилась через 48 ч – на 12,8 %, крошковатость – снизилась на 37,9 %.

Безопасность продукта доказана «in vivo» на белых крысах. Анализ крови свидетельствовал, что все показатели не превышали нормы.

Исследовали микробиологическую устойчивость хлеба «Егороушка» к бактериям *Bacillus subtilis* и *Bacillus mesentericus*. Ингибирующий эффект композиции овощей определяли в искусственно зараженных *B. subtilis* и *B. mesentericus* в количестве 10^4 спор/г муки в пробах хлеба, что соответствующем непригодной в хлебопекарном производстве муке. Хлеб инкубировали в провокационных условиях в течение 48 ч и определяли проявление в пробах картофельной болезни (таблица 1).

Таблица 1 – Проявление картофельной болезни в пробах хлеба

Проба пшеничного хлеба	Проявление картофельной болезни
Хлеб белый из пшеничной муки высшего сорта без заражения бактериями (контроль)	Свойственный данному виду изделия аромат, без посторонних запахов. Мякиш без проявления признаков картофельной болезни
Хлеб белый из пшеничной муки высшего сорта, искусственно зараженный 10^4 спор бактерий/г муки	Не свойственный данному виду изделия фруктовый аромат. Мякиш липкий со слизистыми тянущимися нитями при разломе
Хлеб пшеничный «Егороушка», искусственно зараженный 10^4 спор бактерий/г муки	Свойственный данному виду изделия аромат, без посторонних запахов. Мякиш без проявления признаков картофельной болезни

Как видно из таблицы 1, композиция из овощей в пшеничном хлебе «Егороушка» ингибирует развитие картофельной болезни хлеба за счет фитонцидов и лизоцима овощей; бактериологическим методом доказано, что ингибирующий эффект проявляется более чем в 16 раз.

Полученные результаты подтверждали анализом пшеничного хлеба из муки, незараженной спорными бактериями (таблица 2). Доказано, что продолжительность хранения нового изделия увеличивается на 24 ч.

Обсемененность нового хлеба «Егороушка» снижается в 2 раза, качественные показатели изделия улучшаются.

Таблица 2 – Состояние хлеба в зависимости от продолжительности хранения

Хранение при комнатных условиях ($t_{\text{возд}}=20\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$)			Хранение при провоцирующих условиях (влажное обертывание, $t_{\text{возд}}=38\text{ }^\circ\text{C}$,)		
Длительность хранения, ч	Состояние		Длительность хранения, ч	Состояние	
	Хлеб белый из пшеничной муки высшего сорта	Хлеб пшеничный «Егороушка»		Хлеб белый из пшеничной муки высшего сорта	Хлеб пшеничный «Егороушка»
24	–	–	24	–	–
48	–	–	48	–	–
72	–	–	72	⊥	–
96	⊥	–	96	+	⊥
120	+	⊥	120	+	+

* «–» - отсутствие любых признаков микробиологической порчи;
 «⊥» - наличие плесневения;
 «+» - наличие сильного плесневения;
 «⊥+» - слабые признаки поражения хлеба картофельной болезнью;
 «++» - выраженные признаки поражение хлеба картофельной болезнью.

Хлеб «Егорошка» отвечает требованиям, предъявляемым к продуктам питания функционального назначения, так как медико-физиологические свойства вносимого сырья привнесены в новый продукт.

Новый сдобный пшеничный хлеб «Чесночок» обладал насыщенным цветом, приятным ароматом чеснока. Пористость изделия увеличилась на 2,7 %, удельный объем – на 7,6 %, формоустойчивость – на 10,5 %. Достигается рекомендуемое ИП РАМН соотношение Ca : Mg : P = 1,00:0,50:1,50, снижается энергетическая ценность продукта на 3,5 %. Суточная потребность человека в питательных веществах благодаря хлебу «Чесночок» в калии, магнии, кальции, фосфоре и селене удовлетворяется на 15 % и более. Суммарный состав легколетучей фракции аромата сдобного хлеба «Чесночок» на 6 % превосходит аромат чесночной булки (рисунк 5).

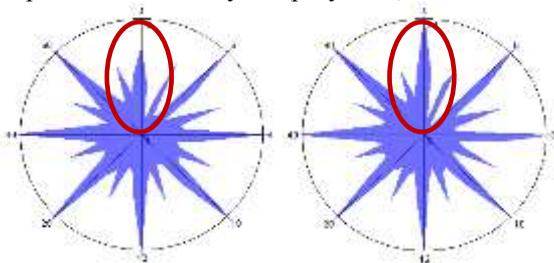


Рисунок 5. Кинетические «визуальные отпечатки» сигналов сенсоров в РФГ: 1 – чесночная булка (контроль); 2 – хлеб сдобный «Чесночок» (опыт)

* По круговой оси отмечено время измерения, по вертикальной – величины откликов сенсоров в массиве «электронный нос»

Антиоксидантная активность хлеба «Чесночок» увеличилась на 47,5 % и 66,7 % в течение 16 и 72 ч соответственно по сравнению с контролем; удельная набухаемость через 48 ч – на 5,9 %, крошковатость через 48 ч снизилась на 25,0 %.

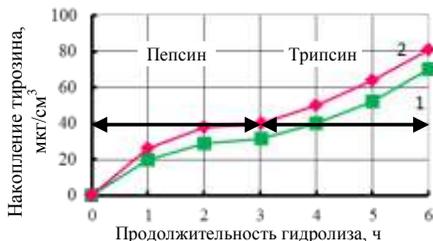


Рисунок 6. Перевариваемость белков: 1 – чесночная булка (контроль); 2 – хлеб сдобный «Чесночок»

Исследование анализа крови подопытных животных показало, что все данные находились в пределах нормы.

Методом «in vitro» исследовали переваримость белков хлеба системой пищеварительных ферментов пепсин-трипсин (рисунк 6). Доказано, что степень гидролиза белков нового изделия повышалась.

Методом «in vivo» на белых крысах доказана безопасность хлеба «Чесночок».

Таблица 3 – Биохимический анализ крови белых крыс

Наименование показателя	Норма для (крысы)	Результат	
		Контрольная Группа	Группа, с хлебом «Чесночок» в рационе
Креатинин, мкмоль/дм ³	44,0 – 138,0	89,0	85,8
АлАТ, Е/дм ³	16,0 – 67,0	48,0	51,0
Билирубин, кмоль/дм ³	0 – 1,67	0,7	0,4
Белок общий, г/дм ³	54,0 – 78,0	58,9	67,0
Глюкоза, ммоль/дм ³	4,0 – 6,9	4,8	5,9
Амилаза, Е/дм ³	489,0 – 609,0	554,3	520,4
Мочевина, ммоль/дм ³	4,8 – 11,1	8,9	7,9
АСАТ, Е/дм ³	72,0 – 196,0	99,7	90,1

Доказано ингибирующее действие композиции из 6,0 % чеснока, 7,0 % ЖПКЖ и 17,0 % молочной сыворотки на споровые бактерии *B. subtilis* и *B. mesentericus*. Обсемененность нового сдобного хлеба «Чесночок» снизилась в 1,5 раза.

Хлеб сдобный «Чесночок» можно отнести к продуктам питания функционального назначения, проявляющим медико-биологические свойства вносимых БАВ.

Ржаной хлеб «Украинская рапсодия». Введение чеснока, молочной сыворотки, СПК и СРФ в рецептуру хлеба оказывало существенное влияние на его качество. Изделия имели повышенную пористостью (на 11,2 %) и удельный объем (на 16,0 %), улучшенные вкусовые свойства и аромат. Из-за использования чисто ржаной муки полученные образцы имеют более темный мякиш и корку. Повышается содержание витаминов и минеральных веществ: по витамину Е, железу, марганцу и селену удовлетворение суточной потребности человека превышает 15 %. Достигнуто рекомендуемое ИП РАМН соотношение белки : углеводы = 1 : 4, что способствует лучшему усвоению хлеба организмом человека. Антиоксидантная активность повысилась на 42,0 % и 40,0 % на первые и седьмые сутки соответственно.

Методом «in vivo» на белых крысах доказана безопасность ржаного хлеба «Украинская рапсодия», данные анализа крови подопытных животных находились в пределах нормы.

Исследовали микробиологическую обсемененность (таблица 4) и устойчивость нового ржаного хлеба.

Таблица 4 – Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов и плесеней

Наименование показателей, единицы измерения	Хлеб «Петровский» (контроль)	Хлеб ржаной «Украинская рапсодия»
КМАФАнМ, КОЕ/г	1,5·10 ²	менее 1,0·10 ²
Плесени, КОЕ/г	Отсутствует	отсутствует

В результате проведенных исследований доказано ингибирующее действие композиции на плесневую микрофлору. Обсемененность ржаного хлеба «Украинская рапсодия» снижается в более чем 1,5 раза.

ВЫВОДЫ

1. Для производства хлеба с повышенной микробиологической устойчивостью целесообразно использовать функциональные овощные ингредиенты в виде композиции БАВ из: тыквы, дайкона, чеснока, молочной сыворотки, ЖПКЖ и СРФ; определен их химический состав, доказана биобезопасность; подтверждена ингибирующая способность дайкона и чеснока на спорообразующую микрофлору.

2. Моделирование и оптимизация рецептур позволило рекомендовать композиции: поре из тыквы, поре из дайкона и чеснока тушеного; свежего чеснока, молочной сыворотки и ЖПКЖ; свежего чеснока, молочной сыворотки, СРФ и рассматривать в качестве базовых.

3. Разработаны овощные композиции значительно стимулируют технологические свойства теста: продолжительность брожения опытного теста сокращалась в среднем на 30 мин, эффективная вязкость теста несколько увеличивалась, а адгезионная прочность снижалась.

4. Модификация рецептур и технологий формирует высокие качественные показатели изделий: пищевая ценность новых изделий увеличилась, энергетическая ценность снизилась от 2,4 до 3,5 %; аромата хлеба - от 4,7 до 6,0 %; антиоксидантная активность – от 37,9 до 47,5 % и от 40,0 до 89,7 % через 16 и 72 ч соответственно; удельная набухаемость увеличилась через 48 ч – от 5,9 до 12,8 %, крошковатость – снизилась от 25,0 до 37,9 %.

5. В опытах «in vivo» доказан функциональный эффект хлеба пшеничного «Егороушка», «Чесночок» и хлеба ржаного «Украинская рапсодия» за счет степени удовлетворения суточной потребности в дефицитных веществах более 15 %.

6. При хранении в стандартных условиях установлен эффект повышения микробиологической устойчивости для хлеба более чем в 1,5 раза.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. **Борисенко Д. В.** Технология хлеба «Украинская рапсодия» и его микробиологическая стойкость [Текст] / Д. В. Борисенко, Л. П. Пащенко, Е. Н. Супонев // Хлебопродукты. – 2012. – № 12. – С. 52–53. – 0,13 п.л. (0,06 п.л.).

2. **Борисенко, Д. В.** Характеристика фитонцидов овощей с позиции обеспечения микробиологической чистоты хлеба [Текст] / Д. В. Борисенко, В. Л. Пащенко // Вестник ВГУИТ. – 2013. – № 4. – С. 191–193. – 0,19 п.л. (0,10 п.л.).

3. **Борисенко, Д. В.** Технология с использованием фитонцидов луковых и его микробиологическая стойкость при хранении [Текст] / Д. В. Борисенко, В.

Л. Пашенко, Е. Н. Супонев // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 4, Ч. 5. – С. 1049–1053. – 0,31 п.л. (0,17 п.л.).

Статьи и материалы конференций

1. **Аушева, Т. А.** Новый вид натурального животного жира для хлебобулочных изделий [Текст] / Т. А. Аушева, Д. В. Борисенко, Е. Н. Горлова, Е. С. Супонев и др. // *Материалы 4-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности»*. – Бийск, 27-29 апреля 2011 г. – С. 338–340. – 0,19 п.л. (0,08 п.л.).

2. **Пашенко, Л. П.** Способ приготовления сдобных булочек на основе физиологически функциональных ингредиентов [Текст] / Л. П. Пашенко, В. Л. Пашенко, Д. В. Борисенко // *Материалы II Международной научно-практической конференции «Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века»*. – Краснодар, 22–24 сентября 2011. – С. 197–201. – 0,31 п.л. (0,12 п.л.)

3. **Борисенко, Д. В.** Применение луковых в технологии хлебобулочных изделий функционального назначения [Текст] / Д. В. Борисенко, В. Л. Пашенко // *Материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции «Современное хлебопекарное производство: перспективы развития»*. – Екатеринбург, 12 апреля 2013 г. – С. 16–19. – 0,25 п.л. (0,13 п.л.)

4. **Борисенко, Д. В.** Функциональные ингредиенты в технологии пшеничного хлеба [Текст] / Д. В. Борисенко, В. Л. Пашенко // *Сборник материалов II Международной научно-практической конференции «Технические науки – основа современной инновационной системы»*. – Йошкар-ола, 25 марта 2013 г. – С. 115–117. – 0,19 п.л. (0,10 п.л.)

5. **Борисенко, Д. В.** Антибиотические свойства овощей в технологии пшеничного хлеба [Текст] / Д. В. Борисенко, В. Л. Пашенко // *Материалы III Международной научно-технической конференции «Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений»*. – Воронеж, 30–31 октября 2013 г. – С. 191–193. – 0,19 п.л. (0,10 п.л.)

6. **Пашенко, В. Л.** Плесневение хлебобулочных изделий и некоторые аспекты его предотвращения [Текст] / В. Л. Пашенко, Д. В. Борисенко // *Материалы научно-практической конференции профессорско-преподавательского и аспирантского состава факультета технологии и товароведения «Актуальные вопросы технологий производства, переработки, хранения сельскохозяйственной продукции и товароведения»*. – Воронеж, 2013 г. – С. 136–142. – 0,44 п.л. (0,22 п.л.)

7. **Борисенко, Д. В.** Новый ржаной хлеб для сбалансированного питания [Текст] / Д. В. Борисенко, В. Л. Пашенко // *Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы в научной работе и образовательной деятельности»*. – Тамбов, 30 апреля 2014. – С. 23–25. – 0,19 п.л. (0,10 п.л.).

8. **Борисенко, Д. В.** Разработка технологии пшеничного хлеба устойчивого к микробиологической порче [Текст] / Д. В. Борисенко, В. Л. Пашенко // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Инновационные решения при производстве продуктов питания из растительного сырья». – Воронеж, 25–26 апреля 2014. – С. 309. – 0,06 п.л. (0,03 п.л.).

9. **Антипова, Л. В.** Пшеничный хлеб повышенной микробиологической устойчивости [Текст] / Л. В. Антипова, В. Л. Пашенко, Д. В. Борисенко // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции «Наука и образование в XXI веке», Ч. 16. – Тамбов, 31 октября 2014. – С. 15–16. – 0,09 п.л. (0,03 п.л.).

Патенты РФ

1. **Пат. 2515138 Российская Федерация, МПК⁷ А 21 D 2/36.** Способ приготовления ржаного хлеба «Украинская рапсодия» [Текст] / Л. П. Пашенко, В. Л. Пашенко, Д. В. Борисенко; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Воронежский государственный университет инженерных технологий. - № 2013100448/13; заявл. 10.01.13; опубл. 12.03.14, Бюл. № 13.

Сокращения, принятые в работе

БАВ – биологически активное вещество	СВ – сухое вещество
ВГУИТ – Воронежский государственный университет инженерных технологий	СРФ – солод ржаной ферментированный
ЖПКЖ – животный пищевой костный жир	СПК – сухая пшеничная клейковина
НТД – нормативно-техническая документация	ТД – техническая документация
НИР – научно-исследовательская работа	ЦКРП – центральное композиционное ротативное униформ-планирование
РВ – редуцирующее вещество	

Подписано в печать 26.12.2014. Формат 60 x 84 1/16

Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ №

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»
(ФГБОУ ВПО «ВГУИТ»)

Отдел полиграфии ФГБОУ ВПО «ВГУИТ»

Адрес университета и отдела полиграфии:

394036, Воронеж, пр. Революции, 19