

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
МИЧУРИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи



БРЫКСИНА КРИСТИНА ВЯЧЕСЛАВОВНА

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ФРУКТОВОЙ И ОВОЩНОЙ ПАСТ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ СВЧ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ИХ В
ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛЕБА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Специальность 4.3.3. Пищевые системы

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор технических наук, доцент

Перфилова О.В.

Мичуринск - 2023

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СВЧ-ОБРАБОТКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ	15
1.1 Актуальность разработки хлебобулочных изделий для здорового питания.....	15
1.2 Применение нетрадиционных растительных ингредиентов в хлебопечении.....	21
1.3 Роль антиоксидантов в жизнедеятельности организма человека и пути повышения антиоксидантной ценности продуктов питания	26
1.4 Перспективы применения СВЧ-обработки при производстве пищевых продуктов.....	31
1.5 Изучение пищевой ценности растительного сырья и выбор ингредиентов для производства ржано-пшеничного хлеба функционального назначения.....	36
Глава 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТА	42
2.1 Организация экспериментальных исследований	42
2.2 Объекты исследования	45
2.3 Методы и условия проведения исследований	47
Глава 3 НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СВЧ-ОБРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПАСТ	55
3.1 Исследование фруктов, овощей и трав на содержание природных антиоксидантов.....	55
3.2 Исследование влияния СВЧ-обработки на физико-химические, органолептические показатели и антиоксидантную ценность продуктов переработки фруктов, овощей и трав, определение оптимальных способов и режимных параметров.....	57
3.3 Определение качественного состава пектиновых веществ и количественного содержания антиоксидантов при оптимальных режимных параметрах СВЧ-обработки фруктов, овощей и трав.....	84
3.4 Разработка рецептур и технологий фруктовой и овощной паст с повышенным содержанием природных антиоксидантов с применением СВЧ-обработки	93
3.5 Определение показателей качества фруктовой и овощной паст, обоснование сроков их годности.....	98

Глава 4 РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР И ТЕХНОЛОГИИ РЖАНО-ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ ДРОЖЖЕЙ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ	105
4.1 Определение оптимального способа приготовления ржано-пшеничного теста с добавлением фруктовой и овощной паст без применения дрожжей хлебопекарных	105
4.2 Исследование влияния фруктовой и овощной паст на показатели качества ржано-пшеничного хлеба, определение оптимальной дозировки добавок	117
4.3 Исследование влияния фруктовой и овощной паст на пищевую и антиоксидантную ценность ржано-пшеничного хлеба.....	129
4.4 Определение свойств ржано-пшеничного хлеба с фруктовой и овощной пастами в процессе хранения и выбор оптимального срока годности.....	131
4.5 Оценка относительной безопасности и биотической ценности ржано-пшеничного хлеба с фруктовой и овощной пастами.....	136
4.6 Разработка рецептур и технологии новых видов ржано-пшеничного хлеба функционального назначения с фруктовой и овощной пастами без применения дрожжей хлебопекарных	140
Глава 5 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА РЖАНО-ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	144
5.1 Определение себестоимости фруктовой и овощной паст	145
5.2 Расчет экономической эффективности производства функционального ржано-пшеничного хлеба «Фруктовое настроение» и «Овощная гармония».....	146
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	152
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	156
ПРИЛОЖЕНИЯ	181
Приложение А (справочное) Список сокращений.....	181
Приложение Б (справочное) Хроматограммы суммарного содержания антиоксидантов в растительных объектах.....	182
Приложение В (обязательное) Протоколы испытаний растительных полуфабрикатов.....	185
Приложение Г (обязательное) Акты производственных испытаний хлебобулочных изделий.....	187
Приложение Д (обязательное) Пакеты нормативно-технической документации (СТО) для промышленного производства растительных полуфабрикатов и хлебобулочных изделий.....	190
Приложение Е (справочное) Патенты и заявки на изобретения.....	192
Приложение Ж (справочное) Сертификаты и дипломы	195
Приложение З (справочное) Акт о внедрении материалов диссертации в учебный процесс.....	201

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Одним из приоритетных направлений государственной политики России является формирование системы здорового питания населения, что отражено в Стратегии повышения качества пищевой продукции Российской Федерации до 2030 года, и подразумевает под собой ресурсосберегающую переработку сельскохозяйственного сырья, создание безопасных и качественных продуктов питания, в том числе функционального назначения: «Стратегия призвана способствовать увеличению активного долголетия и ожидаемой продолжительности жизни населения, достижению массовой приверженности принципам здорового питания как одного из факторов здорового образа жизни, повышению доли качественной пищевой продукции в структуре продовольственного рынка, прежде всего отечественного производства» [163].

Разработка инновационных технологий производства функциональных продуктов питания с применением новых видов растительных добавок, характеризующихся высокой пищевой и антиоксидантной ценностью, адаптированных к особенностям нарушения обмена веществ, благоприятно влияющих на функциональное состояние органов пищеварения и метаболические процессы в организме, является одним из перспективных направлений в решении проблем улучшения здоровья населения и предупреждения развития алиментарных заболеваний. Согласно статистическим данным, в 2021 году доля болезней органов пищеварения из числа зарегистрированных заболеваний у больных с диагнозом, установленном впервые в жизни, составила 15,6%, болезней эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ - 4,7% [86, 145].

Одной из основных причин патологических изменений в организме человека, приводящих к преждевременному старению и развитию ряда болезней, в том числе особо опасных социально значимых, является избыточное накопление в

биологических жидкостях кислородных свободных радикалов и активных форм кислорода из-за негативного воздействия окружающей среды [21, 23]. Большое количество свободных радикалов в организме приводит к окислительному стрессу. Антиоксиданты блокируют вредное воздействие на организм свободных радикалов и оказывают благотворный эффект на организм человека: сохранение структуры и функциональной активности ДНК; защита полиненасыщенных жирных кислот в мембранных липидах; сохранение структуры и функциональной активности белков и пр. Поэтому так важно, чтобы рацион питания был сбалансирован не только по белкам, жирам и углеводам, но и был источником антиоксидантов, что возможно благодаря включению в его состав фруктов, овощей, трав и продуктов их переработки [98, 123, 147].

Хлеб, изготовленный по традиционным технологиям, рекомендуется для здорового питания, но для различных групп населения имеются ограничения, связанные с его составом, а для профилактики таких заболеваний, как диабет, ожирение и другие алиментарные болезни необходимо внесение функциональных ингредиентов. Поэтому создание функциональных хлебобулочных изделий является актуальным [146].

Важная роль при проектировании хлебобулочных изделий для здорового и функционального питания отводится продуктам растительного происхождения, так как они являются источниками большинства физиологически активных ингредиентов, в том числе природных антиоксидантов. Согласно данным Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи соотношение растительной по отношению к животной пище должно быть равно 3:1. Необходимо это для удовлетворения потребностей организма человека в энергии и функциональных ингредиентах, нормализующих процессы метаболизма [163, 180].

Применение современных методов обработки пищевых продуктов является востребованным направлением. В частности, в пищевой промышленности возникли целые отрасли с использованием энергии электромагнитных колебаний сверхвысокой частоты. Преимущество СВЧ-нагрева в технологии обработки и

сушки сырья заключается в уменьшении потери питательных веществ, степени разрушения витаминов, а также в повышении концентрации водорастворимых антиоксидантов в легкодоступной форме за счет электроплазмолиза и увеличения клеточной проницаемости [152, 154, 183].

Перед отечественной пищевой промышленностью стоит актуальная задача, заключающаяся в разработке функциональных продуктов питания, предназначенных для выравнивания функций организма, в том числе за счет разработки рецептур и технологии хлеба с добавками, полученными из растительного сырья с применением СВЧ-нагрева, являющегося современным методом переработки, обеспечивающим высокую сохранность термолабильных водорастворимых антиоксидантов [153].

Научная работа осуществлялась в рамках следующих проектов:

- Конкурс «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» («УМНИК»), организованный Федеральным государственным бюджетным учреждением «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (договор о предоставлении гранта: № 3918ГУ1/2014 от 13 ноября 2014 г.). Тема проекта: «Разработка продукта функционального назначения - хлеба ржано-пшеничного с добавками растительного происхождения»;

- Областной конкурс «Грант для поддержки молодых ученых 2018 года» (приказ № 1716 от 05.07.2018 г.). Тема проекта: «Разработка технологии бездрожжевых хлебобулочных изделий с повышенным содержанием антиоксидантов местного растительного сырья для функционального питания»;

- Грант Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - докторов наук № МД-1528.2021.5 на выполнение научного исследования: «Переработка растительного сырья: расширение природно-ресурсного потенциала антиоксидантов и ассортимента продуктов функционального назначения».

Степень разработанности темы исследования. Большой вклад в разработку научных основ производства хлебопекарных изделий с использованием

функциональных растительных ингредиентов внесли отечественные ученые: Л.Я. Ауэрман, Г.О. Магомедов, О.В. Перфилова, Б.А. Баранов, И.Т. Кретов, Р.З. Григорьева, Л.И. Казанская, Т.Б. Цыганова, С.Я. Корячкина, Г.Г. Дубцов, О.И. Ильина, А.А. Кочеткова, И.В. Матвеева, А.П. Нечаев, Л.П. Пащенко, Р.Д. Поландова, Л.И. Пучкова, Т.В. Савенкова, З.Г. Скобельская, Л.Н. Шатнюк и др.

В производстве хлебобулочных изделий прослеживается устойчивая тенденция по применению продуктов переработки растительного сырья, что делает необходимым исследование по комплексу физиологически активных ингредиентов, в том числе антиоксидантам, малоиспользуемых фруктов, овощей, трав и полуфабрикатов на их основе, при производстве которых главным принципом является применение современных методов переработки, отвечающих требованиям максимального сохранения функциональных компонентов.

Имеющиеся данные подтверждают важную роль различных видов растительных полуфабрикатов как источников природных физиологически активных ингредиентов в создании широкого ассортимента хлебобулочных изделий, однако недостаточно представлено исследований по влиянию на пищевую и антиоксидантную ценность готового полуфабриката комбинированного сочетания в его рецептуре фруктов, овощей и трав. В связи с этим проблема ресурсосбережения за счет вовлечения нетрадиционного растительного сырья в процесс получения комбинированных полуфабрикатов с применением СВЧ-обработки для обеспечения максимального содержания природных антиоксидантов и создание хлебобулочных изделий с их применением является актуальным, а необходимость ее решения представляется важной и практически значимой, так как направлена на решение задач, сформулированных в «Стратегии повышения качества пищевой продукции в РФ до 2030 года», в части производства пищевой продукции нового поколения.

Цель и задачи исследования

Цель. Разработка научно обоснованных технологических решений производства паст на основе фруктов, овощей и трав с использованием СВЧ-

обработки, обеспечивающих повышение содержания антиоксидантов в свободной форме, и хлеба функционального назначения с их применением.

К задачам исследования относятся:

1. исследование фруктов, овощей и трав на содержание природных антиоксидантов;

2. исследование влияния СВЧ-обработки в сравнении с традиционными способами на физико-химические, органолептические показатели и антиоксидантную ценность продуктов переработки фруктов, овощей и трав, определение оптимальных способов и режимных параметров;

3. определение качественного состава пектиновых веществ и количественного содержания антиоксидантов при оптимальных режимных параметрах СВЧ-обработки фруктов, овощей и трав;

4. разработка рецептур и технологий фруктовой и овощной паст с повышенным содержанием природных антиоксидантов с применением СВЧ-обработки, определение показателей качества, обоснование сроков их хранения;

5. определение влияния фруктовой и овощной паст на физико-химические, органолептические и реологические показатели качества ржано-пшеничного теста без применения дрожжей хлебопекарных и готового хлеба, выбор оптимальной дозировки добавок и способа их внесения;

6. исследование влияния фруктовой и овощной паст на пищевую и антиоксидантную ценность ржано-пшеничного хлеба, изменение его свойств при хранении и выбор оптимального срока годности;

7. оценка относительной безопасности и биотической ценности ржано-пшеничного хлеба;

8. разработка рецептур и технологии ржано-пшеничного хлеба с фруктовой и овощной пастами без применения дрожжей хлебопекарных для функционального питания;

9. оценка экономической эффективности нового ассортимента ржано-пшеничного хлеба функционального назначения;

10. разработка нормативно-технической документации на новые виды

фруктовой и овощной паст и ржано-пшеничного хлеба с их применением, проведение опытно-промышленной апробации.

Научная новизна. Впервые исследовано и научно обосновано применение СВЧ-обработки в технологии производства фруктового пюре из плодов рябины обыкновенной и боярышника обыкновенного, овощного пюре из капусты брокколи и перца сладкого, порошков из листьев мяты перечной и шишек хмеля обыкновенного, используемых в качестве полуфабрикатов при получении паст.

Установлены зависимости по суммарному содержанию антиоксидантов в продуктах переработки рябины, боярышника, капусты брокколи, перца сладкого, листьев мяты, шишек хмеля (пюре, порошки), полученных с применением СВЧ-обработки, от значений мощности, температуры и времени.

Получены уравнения регрессии, описывающие зависимости суммарного содержания антиоксидантов в фруктовом, овощном пюре и в порошках из трав соответственно от температуры и мощности СВЧ-нагрева, при оптимальных параметрах которых достигается максимальный выход антиоксидантов в свободной форме.

Установлен частичный переход нерастворимых форм пектина в растворимые во фруктовом, овощном пюре и порошках из трав, полученных с применением СВЧ-нагрева, по сравнению с исходным сырьем, что обуславливает увеличение проницаемости клеточных мембран, приводящее к увеличению содержания антиоксидантов в свободной форме.

Теоретически обоснована целесообразность применения СВЧ-нагрева при производстве пюре из плодов рябины, боярышника, капусты брокколи, перца сладкого и порошков из листьев мяты, шишек хмеля, обеспечивающей высокую сохранность витамина С, β -каротина и флавоноидов по сравнению с традиционными бланшированием и конвективным способом сушки соответственно.

Установлены зависимости антиоксидантной ценности, вязкости и органолептических свойств фруктовой и овощной паст от рецептурного соотношения соответственно рябинового, боярышникового пюре, порошка из

листьев мяты и пюре из перца сладкого, капусты брокколи, порошка из шишек хмеля.

В работе дана теоретическая аргументация применения, полученных по разработанной технологии фруктовой и овощной паст в производстве ржано-пшеничного хлеба без применения дрожжей хлебопекарных с целью расширения ассортимента хлебобулочных изделий для функционального питания.

Получены зависимости качества ржано-пшеничного теста и хлеба по физико-химическим, реологическим и органолептическим показателям качества от дозировки фруктовой и овощной паст и способа их внесения.

Получены новые данные по биотестированию разработанных видов ржано-пшеничного хлеба с инфузориями *Paramecium caudatum*, которые показали увеличение их стресс-устойчивости и генеративной функции по сравнению с организмами, культивируемыми на контрольном субстрате из традиционного хлеба.

Новизна технических решений разработанных способов производства растительных полуфабрикатов подтверждена 3 патентами на изобретения РФ (приложение Е).

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость заключается в научном обосновании целесообразности разработки хлебобулочных изделий с повышенным содержанием физиологически активных ингредиентов фруктовой и овощной паст, полученных с применением СВЧ-нагрева.

Практическая значимость. Разработаны и теоретически обоснованы новые технологии получения фруктовой и овощной паст на основе пюре из рябины, боярышника, перца сладкого, капусты брокколи и порошков из листьев мяты и шишек хмеля с применением СВЧ-нагрева, которые предлагаются для внедрения в консервное производство.

Данное технологическое решение дает возможность расширить природно-ресурсный потенциал антиоксидантов и повысить их содержание во фруктовой и овощной пастах.

В результате проведенных исследований обосновано практическое применение фруктовой и овощной паст в технологии ржано-пшеничного хлеба без применения дрожжей хлебопекарных, что позволяет расширить ассортимент хлебобулочных изделий функционального назначения и увеличить их срок годности с 36 ч до 48 ч без применения консервантов.

Проведена опытно-промышленная апробация предлагаемых технологий в условиях АО «Знак хлеба» (Саратовская область, г. Саратов), ИП Ларионова С.Г. (Тамбовская область, г. Тамбов), которая подтвердила полученные положительные результаты научных экспериментов (приложение Г).

Разработана и утверждена в ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ нормативно-техническая документация (НТД): СТО 00493534-001-2021 «Пасты: фруктовая и овощная», СТО 00493534-002-2022 «Изделия хлебобулочные из смеси ржаной и пшеничной муки с фруктовой и овощной пастами для функционального питания» (приложение Д).

Материалы диссертации задействованы в учебном процессе, а именно используются в лекционном курсе дисциплины (модуля) «Технология продуктов питания функционального назначения», обучающихся по направлению подготовки 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания (приложение З).

Методология и методы исследования. Методологической основой исследований явился системный анализ технологии производства хлебобулочных изделий с повышенным содержанием физиологически активных ингредиентов растительного сырья. В соответствии с выбранной методологией решается задача выбора и обоснования получения и применения фруктовых и овощных полуфабрикатов в технологии хлебобулочных изделий функционального назначения с повышенным содержанием антиоксидантов.

При проведении экспериментальных исследований применялись общепринятые и специальные методы исследования. Лабораторные и производственные исследования проводились с использованием современных электронных и механических установок и приборов. Обработка

экспериментальных данных проводилась с использованием программ «Microsoft Excel» и «Statistic».

Основные положения, выносимые на защиту

Совокупность результатов комплексной оценки антиоксидантной ценности плодов рябины, боярышника, перца сладкого, капусты брокколи, листьев мяты, шишек хмеля.

Теоретическое обоснование влияние СВЧ-нагрева плодов рябины, боярышника, перца сладкого, капусты брокколи, листьев мяты и шишек хмеля на процесс увеличения содержания и сохранности водорастворимых антиоксидантов в продуктах их переработки (пюре, порошки).

Теоретическое и экспериментальное обоснование влияния различных способов термической обработки при производстве фруктового, овощного пюре и порошков из трав на количественный и качественный состав антиоксидантов.

Научно обоснованные рецептуры и технологии фруктовой и овощной паст, обеспечивающие высокое содержание в них функциональных ингредиентов.

Технологические решения по разработке новых видов ржано-пшеничного хлеба функционального назначения с добавлением в рецептуру фруктовой или овощной паст и исключением из нее дрожжей хлебопекарных.

Совокупность экспериментальных данных по определению антиоксидантной ценности и химического состава фруктовой и овощной паст и ржано-пшеничного хлеба с их применением в аспекте функциональной ценности.

Соответствие темы диссертации паспорту научной специальности. Диссертационное исследование соответствует п. 4, 11, 13 паспорта специальности 4.3.3. Пищевые системы.

Степень достоверности и апробация результатов. Степень достоверности полученных результатов диссертационного исследования подтверждается анализом патентной информации согласно теме работы, постановкой экспериментов в соответствии с целью и задачами, использованием современных методов анализа, актами производственных испытаний. Результаты исследования, представленные в диссертации, подтверждаются обоснованными

экспериментальными данными, наглядно изображенными в виде таблиц или рисунков. Математическую обработку результатов эксперимента проводили путем статистической обработки экспериментальных данных.

Основные положения диссертационной работы доложены на заседаниях кафедр «Технология производства, хранения и переработки продукции растениеводства», «Продукты питания, товароведение и технология переработки продукции животноводства»; на заседаниях Ученого совета Плодоовощного института им. И.В. Мичурина; во II этапе Всероссийского конкурса на лучшую научную работу в секции «Сельскохозяйственные науки», конкурсе инновационных проектов в рамках II Всероссийского молодежного научно-инновационного форума «Проблемы модернизации аграрного сектора», 67, 68, 69-й научно-практических конференций студентов и аспирантов Мичуринского ГАУ; на конкурсе инновационных и социальных проектов в рамках IV Международного инновационного лагеря, в рамках Фестиваля науки Тамбовской области НАУКА 0+, Международной конференции научно-исследовательских проектов молодежи V Евразийского экономического форума «Безопасность в сфере потребления», I Всероссийской научно-практической конференции «Потенциал российской молодежи: наука, практика и инновации», Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные технологии в производстве функциональных продуктов питания», дискуссионной площадке «Модернизация аграрного производства в России», научно-практической конференции «Исследования молодых ученых - вклад в инновационное развитие Тамбовской области», «I Всероссийском молодежном научно-инновационном форуме «Проблемы модернизации аграрного сектора», Всероссийском конкурсе молодежных проектов, направленных на развитие регионов Российской Федерации «ПРО: Регион-2015», Всероссийском конкурсе инновационных проектов Startup Tour 2016», на Международном конгрессе организаций стран-участниц ЕАЭС «Green Tech - 2016», «III Московском Международном салоне образования», Всероссийской (национальной) научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития отечественного садоводства» (III Потаповские

чтения), Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и инновационные сельскохозяйственные технологии», пленарном заседании «Международной научно-практической конференции студентов и аспирантов: «Современная аграрная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации», «Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения заслуженного работника высшей школы России, доктора с.-х. наук, профессора Ю.Г. Скрипникова». Результаты работы демонстрировались на выставке в рамках «II Всероссийского молодежного научно-инновационного форума «Проблемы модернизации аграрного сектора», Всероссийской выставке «День садовода» и выставке, посвященной празднованию Дня промышленности Тамбовской области (приложение Ж).

Личный вклад автора

Диссертационная работа является обобщением научных исследований, проведенных в период с 2014-2022 гг. лично автором и/или при его непосредственном участии.

Публикации

Материалы и результаты диссертационного исследования опубликованы в 32 научных работах (14,71 п.л., авторских 5,68 п.л.), в том числе 4 статьи в журналах, входящих в базу данных Scopus (3,02 п.л., авторских 0,85 п.л.), 9 статей в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России (5,06 п.л., авторских 1,85 п.л.), из них 4 входят в RSCI (2,25 п.л., авторских 0,88 п.л.), 16 статей и материалов конференций (5,50 п.л., авторских 2,53 п.л.), 3 патента на изобретения РФ (1,13 п.л., авторских 0,45 п.л.).

Структура и объем работы

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения и приложений. Список литературы включает 217 наименований отечественных и зарубежных авторов, содержит 60 таблиц и 41 рисунок.

Глава 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СВЧ-ОБРАБОТКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

1.1 Актуальность разработки хлебобулочных изделий для здорового питания

В нашей стране существуют серьезные проблемы, связанные с увеличением количества заболеваний, которые вызваны воздействием токсических и онкогенных веществ в окружающей среде. Эти проблемы имеют прямое отношение к здоровью современного человека и являются результатом его образа жизни, качества и количества потребляемых продуктов, а также воздействия внешней среды на организм. Поэтому необходимо принимать меры для контроля и снижения уровня токсичности окружающей среды, а также осознанно подходить к выбору продуктов и образу жизни, чтобы минимизировать негативное влияние на здоровье [10, 111, 115, 171].

В наш организм потенциально опасные токсические вещества химической и биологической природы поступают двумя способами: через легкие из воздуха и через пищеварительный тракт вместе с загрязненной питьевой водой и продуктами питания. Согласно исследованиям ученых, с едой в наш организм поступает большая часть токсичных веществ - свыше 70%, особенно при нарушениях технологической обработки или условий хранения [28, 121, 160, 164].

Здоровье - это состояние полного физического и психического благополучия при отсутствии заболеваний. Оно формируется на протяжении всей жизни человека под влиянием, как объективных внешних условий, так и субъективных факторов, связанных с индивидуальными особенностями личности и образа жизни [14, 16, 148].

В настоящее время сохранение здоровья человека становится большой проблемой. Современный образ жизни приводит к изменению привычек в питании, требуя употребления большего количества пищевых продуктов, которые содержат большое количество физиологически активных компонентов. Недостаток витаминов и антиоксидантов среди взрослого населения достигает 50% и 70% среди обучающихся [5, 20, 86, 89].

Питание - это процесс поступления, переваривания и усвоения в организме пищевых веществ из продуктов питания. У современного человека оно не является сбалансированным, так как в нем отсутствуют витамины, макро- и микроэлементы, необходимые нашему организму. Для решения проблем, связанных с питанием человека необходимо введение в организм функциональных пищевых продуктов. Под данным термином, согласно ГОСТ Р 52349, подразумевают продукт, получаемый добавлением одного или нескольких функциональных пищевых ингредиентов к традиционным пищевым продуктам в количестве, обеспечивающем предотвращение или восполнение имеющегося в организме человека дефицита питательных веществ и (или) собственной микрофлоры [17, 22, 102, 122]. В настоящее время, самым доступным способом корректировки питания человека является добавление в рацион продуктов с заданными свойствами, содержащих не менее 15% от суточной потребности функциональных ингредиентов [9, 83, 88, 192].

«Потребление пищевой продукции с низкими потребительскими свойствами является причиной снижения качества жизни и развития ряда заболеваний населения, в том числе за счет необоснованно высокой калорийности пищевой продукции, сниженной пищевой ценности, избыточного потребления насыщенных жиров, дефицита микронутриентов и пищевых волокон» [165].

Здоровое питание способствует нормальному росту и развитию организма и включает в себя различные факторы, такие как разнообразие пищевых продуктов, доступность и уровень образования человека в вопросах питания. Одной из главных целей здорового питания является поддержание здоровья и предотвращение заболеваний [19, 100, 103, 197].

Государству принадлежит ключевая роль в создании социально-экономических условий для обеспечения доступности пищи в нужном количестве и нужного качества, что, в свою очередь, необходимо для удовлетворения физиологических потребностей каждого человека в питательных веществах и энергии. Впервые, в данной области, была принята в 1998 году «Концепция Государственной политики в области здорового питания на период до 2005 года», действие которой продлено до 2020 года, затем «Стратегия повышения качества пищевой продукции Российской Федерации до 2030 года» [16, 160].

«Стратегия ориентирована на обеспечение полноценного питания, профилактику заболеваний, увеличение продолжительности и повышение качества жизни населения, стимулирование развития производства и обращения на рынке пищевой продукции надлежащего качества.

Целями Стратегии являются обеспечение качества пищевой продукции как важнейшей составляющей укрепления здоровья, увеличения продолжительности и повышения качества жизни населения, содействие и стимулирование роста спроса и предложения на более качественные пищевые продукты и обеспечение соблюдения прав потребителей на приобретение качественной продукции.

Достижение указанных целей Стратегии предусматривается осуществить путем реализации ряда задач, связанных с улучшением качества питания:

- совершенствование и развитие нормативной базы в сфере качества пищевой продукции, включая правовые аспекты, связанные с эффективными компенсационными механизмами защиты прав потребителей;
- совершенствование и развитие методологической базы для оценки соответствия показателей качества пищевой продукции;
- обеспечение мониторинга качества пищевой продукции;
- совершенствование государственного регулирования в области качества пищевой продукции, в том числе в части обеспечения государственного контроля (надзора) и применения мер административной ответственности за несоблюдение изготовителем (исполнителем, продавцом, лицом, выполняющим функции иностранного изготовителя) требований к качеству пищевой продукции;

- создание единой информационной системы прослеживаемости пищевой продукции;
- разработка и внедрение системы управления качеством пищевой продукции;
- создание механизмов стимулирования производителей к выпуску пищевой продукции, отвечающей критериям качества и принципам здорового питания;
- создание условий для производства пищевой продукции нового поколения с заданными характеристиками качества;
- возрождение в Российской Федерации производства пищевых ингредиентов;
- актуализация действующих нормативов содержания в пищевой продукции пищевых добавок, вкусоароматических веществ, биологически активных веществ, остатков лекарственных средств для ветеринарного применения и средств защиты растений;
- приоритетное развитие научных исследований в области питания населения, в том числе в области профилактики наиболее распространенных неинфекционных заболеваний и разработки технологий производства, направленных на повышение качества пищевой продукции;
- продвижение принципов здорового питания» [165].

Академиком В.А. Тутельяном предложено несколько способов обеспечения насыщения организма нутриентами. К ним можно отнести: использование традиционных натуральных продуктов, создание продуктов с заданным составом и свойствами, введение физиологически активных ингредиентов в рацион питания и модификацию технологии производства пищевых продуктов для снижения содержания нежелательных компонентов, таких как соль, сахар и животные жиры и обогащения витаминами, минеральными веществами и другими функциональными ингредиентами [81, 179, 193, 195].

В Стратегии отражено следующее: «В целях создания механизмов стимулирования предпринимательского сообщества на изготовление и выпуск в

обращение качественной пищевой продукции, а также пищевой продукции, отвечающей принципам здорового питания, необходимо:

- разработать меры по повышению заинтересованности предпринимательского сообщества в производстве пищевой продукции для здорового питания, в том числе со сниженным содержанием жира, сахара и соли, а также специализированной, функциональной и обогащенной пищевой продукции;

- поддержать инициативу и пилотные проекты по разработке пищевой продукции для здорового питания, программ сотрудничества и партнерских взаимодействий с предпринимательским сообществом, налоговых льгот и иных преимуществ;

- провести мероприятия, направленные на повышение доверия населения к системам добровольной сертификации пищевой продукции» [165].

Хлебопекарная отрасль России играет важную роль в сельскохозяйственно-промышленном комплексе страны. В ней задействовано более 1500 крупных хлебозаводов и 5000 малых предприятий, что обеспечивает ежегодную производственную мощность около 20 миллионов тонн хлебобулочных изделий. Крупные хлебозаводы производят около 12,5 миллионов тонн продукции, что составляет значительную долю в общем объеме. Эти заводы имеют современное оборудование и используют передовые технологии для обеспечения высокого качества и безопасности продукции. Они осуществляют производство разнообразных хлебобулочных изделий, включая хлеб, пироги, печенье, торты и другие изделия. Кроме того, они активно развивают новые виды продукции, учитывая современные вкусовые предпочтения и потребности потребителей [25].

Хлебобулочные изделия, произведенные в России, широко представлены на внутреннем рынке, и востребованы как в стране, так и за ее пределами. Благодаря своим производственным мощностям и высокому качеству продукции, хлебопекарная отрасль России успешно соперничает с другими странами и способствует развитию национальной экономики [91, 93].

Хлебобулочные изделия занимают первое место среди продуктов питания из-за их распространенности и значимости. Они содержат все необходимые вещества

для жизни и развития организма, включая белки, углеводы, витамины, минеральные вещества и пищевые волокна. Потребление хлеба и хлебобулочных изделий постоянно растет, поскольку они являются доступными и питательными. В условиях рыночной конкуренции это особенно важно, так как спрос и предложение являются основными факторами регулирования рынка. В среднем, ежедневное потребление хлеба составляет от 150 до 600 г на человека [8, 120, 149].

Основное преимущество хлеба - содержание в его составе сложных углеводов и небольшое содержание простых сахаров. Хлеб является источником витаминов группы В, микро- и макроэлементов, пищевых волокон, но при этом традиционные сорта хлеба из пшеничной, ржаной муки или их смеси характеризуются невысокой антиоксидантной ценностью. Так, к примеру, содержание антиоксидантов, в пересчете на кверцетин, в семенах пшеницы и ржи составляет соответственно 24,0 и 29,0 мг/100г, что значительно уступает фруктам, овощам и травам [24, 123].

Ассортимент хлебобулочных изделий разработанный отечественными учеными и вырабатываемый предприятиями нашей страны, достаточно обширный. В ФГБОУ Мичуринском ГАУ, ФГБОУ ВО Тамбовский государственный технический университет, ФГАНУ НИИХП и других научных и образовательных учреждениях активно ведутся соответствующие исследования: разрабатываются новые технологии и ассортимент диетических хлебобулочных изделий для профилактического и лечебного питания различных возрастных групп населения, в том числе детского питания, лиц тяжелых профессий, населения зон экологического неблагополучия, лечебного и функционального питания. Основными направлениями развития ассортимента хлебобулочных изделий является обогащение рецептуры хлеба необходимыми дополнительными компонентами, а также изменение и совершенствование технологии приготовления [126].

Изменения в хлебопекарном производстве в сторону выработки нового ассортимента хлебобулочных изделий является неотъемлемой частью развития нашей страны. Для обогащения продуктов питания физиологически активными

ингредиентами в современной промышленности, в том числе хлебопечении, широко используются различные добавки растительного происхождения: пюре, порошки, пасты, начинки и др. Это обусловлено тем, что фрукты, овощи и травы богаты клетчаткой, пектиновыми веществами, витаминами, антиоксидантами, макро- и микроэлементами, которые способны повышать резистентность организма человека к неблагоприятным факторам окружающей среды. Среди фруктов, овощей и трав особый интерес вызывают рябина, боярышник, капуста брокколи, перец сладкий, шишки хмеля, мята, применение которых в производстве хлебопродуктов для здорового питания остается неизученным в полной мере [2, 18, 94].

В связи с этим, в производимой хлебопекарными предприятиями продукции, направленной на здоровое питание, в том числе профилактическое и функциональное, необходимо повышать содержание физиологически активных ингредиентов за счет введения в их состав растительных полуфабрикатов, богатых антиоксидантами.

1.2 Применение нетрадиционных растительных ингредиентов в хлебопечении

В пищевой индустрии наблюдается тенденция на здоровое и функциональное питание, благодаря разработке новых продуктов. Предприятия хлебопекарной отрасли расширяют ассортимент изделий, которые способствуют укреплению здоровья и обладают функциональными свойствами. Важным направлением, при создании таких продуктов является использование растительного сырья, богатого минеральными веществами, антиоксидантами, в том числе витаминами и другими нутриентами [26, 77].

В последнее время список функциональных хлебобулочных изделий значительно расширился. Производители начали разрабатывать хлебобулочные изделия с добавлением различных ингредиентов: орехи, семена, фрукты, овощи, листья, травы и другие растительные компоненты. Разработка и предложение данных хлебобулочных изделий являются ответом на растущий спрос со стороны потребителей, которые все больше ориентируются на здоровый образ жизни и стремятся повысить качество своего питания. Все больше людей осознают важность правильного питания и стремятся включить в свой рацион такие продукты, которые помогут им поддерживать свое здоровье и благополучие. Благодаря своему богатому составу, функциональные хлебобулочные изделия могут предоставлять организму необходимые питательные вещества. Их употребление может помочь людям достичь и поддержать здоровье организма человека, а также улучшить его самочувствие [92].

«Проблемой обеспечения качества пищевой продукции является практически полное отсутствие в Российской Федерации производства пищевых ингредиентов и субстанций (витаминов, аминокислот, пищевых добавок, ферментных препаратов, биологически активных веществ, заквасочных и пробиотических микроорганизмов, пребиотических веществ и др.)» [165].

Разработка линейки хлебобулочных изделий функционального назначения с применением растительного сырья является актуальным направлением в пищевой промышленности. Богатый витаминами, минеральными веществами и антиоксидантами состав хлеба делает его полезным и функциональным продуктом, который можно использовать в ежедневном рационе. Включение в хлебобулочные изделия функциональных ингредиентов позволит предприятиям удовлетворять потребности потребителей в полноценном и здоровом питании [124, 167].

Существует несколько способов создания функциональных продуктов питания.

Первый способ - благодаря оптимизации рецептурных компонентов, путем их изменения.

Второй способ заключается в исключении нежелательных ингредиентов из

рецептуры хлеба.

Третий способ - добавление функциональных ингредиентов в хлебобулочные изделия, таких как мука из нетрадиционных злаковых культур, семена масляных культур, овощи, фрукты, травы. Фрукты, овощи и травы обладают функциональными свойствами благодаря высокому содержанию витаминов, пищевых волокон, в том числе, пектиновых веществ и клетчатки, макро- и микроэлементов, органических кислот, фенольных соединений и антиоксидантов.

Четвертый способ - благодаря разработке новых технологий, которые позволяют повысить качество, потребительские свойства, при условии обеспечения их безопасности, биодоступности и минимизации потери пищевых ингредиентов [7, 87, 173, 174, 194].

Учеными нашей страны проведено большое количество исследований по повышению качества и увеличению биологической ценности хлебобулочных изделий [97, 104]. Включение в их рецептуру компонентов фруктового и овощного сырья неоспоримо повысит пищевую и биологическую ценность хлеба [79, 128, 178].

На кафедре технологии хранения и переработки растениеводческой продукции ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ изучено влияние применения в рецептуре хлебной продукции плодов боярышника в качестве источника пектиновых веществ с преобладающей фракцией протопектина [93].

Ученые в отделе технологии хлебопекарного производства ФГАНУ НИИХП провели исследование о влиянии муки из семян подсолнечника на качество хлебобулочных изделий, приготовленных по рецептурам батона нарезного и хлеба «Дарницкого», исследовано влияние различных дозировок (5-15%), доказан положительный эффект от замены пшеничной муки на подсолнечниковую не только в органолептических показателях качества, но и в увеличении содержания белка на 25-76% [185].

Ученые ФГБОУ ВО «ВГУИТ» нашли способ насыщения хлеба биологически активными соединениями за счет введения в рецептуру порошков из сушеных плодов рябины и шиповника, в том числе семян, содержащих в своем составе

большое количество пищевых волокон и пектиновых веществ [4].

Диссертация кандидата технических наук Н.А. Шмалько предлагает разработку технологий функциональных хлебобулочных изделий, используя продукты переработки семян амаранта [186].

Кандидат технических наук Т.Н. Малютина занимается разработкой модифицированных технологий жидкой ржаной закваски со стабильными показателями. Автором определены оптимальные дозировки введения пюре из якона в рецептуру жидкой закваски. Благотворный эффект углеводсодержащей добавки заключается в улучшение двух показателей качества: стабилизация закваски и уменьшение времени брожения [108].

Ученые из Тихоокеанского государственного экономического университета подтвердили, что использование костарии ребристой в технологии производства функциональных хлебобулочных изделий эффективно [170].

Л.П. Пащенко изучено влияние свекольного пюре в технологии хлеба. В состав нового вида хлеба вошло пюре из сахарной свеклы, лизин гидрохлорид и комплексный ферментный препарат Пентопан 500BG [143, 144].

Н.А. Березиной разработан способ производства ржано-пшеничных хлебобулочных изделий повышенной биологической ценности. Автор использует различные функциональные ингредиенты, такие как чечевица, соевая мука, сухое обезжиренное молоко, яичный порошок, желатин, семена подсолнечника и горчичный порошок [137].

В Иркутском государственном техническом университете разработана композиция для производства ржано-пшеничного хлеба профилактической направленности с добавлением порошка лишайника. По мнению авторов, использование лишайника позволяет повысить биологическую ценность хлеба и увеличить срок его хранения [9].

Коллективом авторов из Пятигорского государственного технологического университета была разработана методика для создания нового хлеба с добавлением гранулированного экстракта из выжимок винограда. Благодаря введению экстракта улучшается качество, продлеваются сроки свежести готовых изделий [135].

A. Melo и Th. Oliveira расширили ассортимент пробиотических продуктов питания за счет включения в рецептуру пробиотических микроорганизмов, таких как бифидобактерии и лактобактерии двумя способами: путем добавления микроорганизмов непосредственно в тесто и покрытия поверхности хлеба съедобной пробиотической пленки на основе казеината натрия и слизи чиа [205].

Xiaoyue Li, Yuqiu Guo и др. разработан способ приготовления китайского хлеба на пару с низким гликемическим индексом с использованием порошка корня лотоса, взамен пшеничной муки. Учеными установлено увеличение показателей упругости и вязкости теста. Экспериментальные исследования проведены на крысах, страдающих диабетом [213].

Wenjun L. M. Brennan и др. проведены исследования по влиянию α -амилазы, ксиланазы и целлюлазы на реологические свойства хлебного теста, обогащенного овсяными отрубями. Согласно результатам, добавление одного фермента существенно не влияло на водопоглощение, время брожения или стабильность теста из овсяных отрубей. Однако, применение одновременно трех ферментов в высоких концентрациях значительно снизили данные показатели, приводя тем самым к лучшей растяжимости и липкости теста из овсяных отрубей [216].

Учеными A. Starek, R. Rozylo и др. проведено исследование по использованию холодной атмосферной плазмы для консервирования хлеба и влиянию на количество микроорганизмов при хранении хлеба. Отмечено снижение роста микроорганизмов в хлебе, сопровождающееся снижением влажности и увеличением упругости хлеба [211].

Авторами Ya. Wang и C. Jian изучены экологически чистые растительные ингредиенты, которые могут выступать в качестве заменителей пшеничной муки в хлебопечении (зерновые и ингредиенты на основе шрота) [217].

Освоение новых технологий производства функциональных хлебобулочных изделий - один из реальных путей увеличения ресурсов функционального продовольствия, снижения дефицита нутриентов и улучшения структуры питания населения [184].

1.3 Роль антиоксидантов в жизнедеятельности организма человека и пути повышения антиоксидантной ценности продуктов питания

Современный человек в процессе своей жизнедеятельности подвергается воздействию различных неблагоприятных факторов (атмосферное загрязнение, радиация, избыток ультрафиолета, курение, лекарственные препараты и др.), которые могут вызывать нежелательное накопление в его организме свободных радикалов кислорода и из-за вызванных ими окислительных процессов приводить к сопутствующим заболеваниям человека, в частности сердечно-сосудистым и онкологическим [11, 21, 190].

Свободные радикалы представляют собой молекулы, которые способны присоединить к себе один неспаренный электрон. Меньшую опасность представляют свободные радикалы, присоединившие к себе электрон. Химические реакции, происходящие под действием свободных радикалов, имеют разрушающий характер. Они способны нанести непоправимое или обратимое повреждение молекулам всех биохимических групп, включая свободные аминокислоты, липиды и липопротеины, углеводы и молекулы соединительных тканей. Присутствие антиоксидантов препятствует образованию свободных радикалов, связывая свободные электроны в пары и замедляя или устраняя их воздействие [90, 98, 201].

В последние годы в России, равно как и во всем мире, антиоксидантам уделяется особое внимание - создаются продукты питания с антиоксидантами и проводятся исследования по их влиянию на здоровье человека, результаты которых освещены в многочисленных научных изданиях, в массовой печати и телевидении [125, 151, 203].

Высокий интерес к антиоксидантам, в том числе фруктов и овощей, объясняется их способностью блокировать вредное воздействие на организм свободных радикалов и защищать человека от самых опасных заболеваний и старения, что подтверждается многочисленными эпидемиологическими

исследованиями [210, 215].

Сильное антиоксидантное действие имеют вещества, придающие растениям яркую окраску. В больших количествах антиоксиданты содержатся во фруктах, овощах и травах различных цветов – красный, оранжевый, синий и черный, благодаря флавоноидным соединениям. Научные исследования показывают, что антиоксиданты, содержащиеся во фруктах, овощах и травах, могут существенно замедлить негативное воздействие свободных радикалов кислорода [189, 209].

Фрукты, овощи и травы являются уникальной основой для создания функциональных пищевых продуктов. Значение продуктов растительного происхождения в питании очень велико, так как они являются богатым источником целого ряда необходимых организму пищевых веществ, поступление которых не может быть обеспечено только за счет животных продуктов. Растительное сырье является кладовой целого комплекса минеральных веществ, в особенности микроэлементов, антиоксидантов, в том числе, витаминов, что очень важно в период лечения и профилактики болезней [94, 202].

Антиоксидантный комплекс растительного сырья разнообразен и в основном представлен флавонолами, антоцианами, катехинами, каротиноидами и витаминами. Поэтому так важно, чтобы рацион питания был сбалансирован не только по белкам, жирам и углеводам, но и был источником антиоксидантов, что возможно благодаря включению в его состав фруктов, овощей, трав и продуктов их переработки [150, 214].

Антиоксиданты подразделяются на две основные группы, которые имеют различное значение для нашего организма. Первая группа предотвращает гипоксию, обеспечивая достаточное поступление кислорода. Вторая группа антиоксидантов препятствует негативной реакции клеток на гипоксию, предотвращая дефицит кислорода.

Природа также предусмотрела систему антиоксидантной защиты. Первичная защита осуществляется антиоксидантами-ферментами, которые нейтрализуют активные радикалы, превращая их в менее опасные вещества. Вторичная защита осуществляется антиоксидантами-витаминами, которые эффективно

контролируют активные радикалы и ограничивают их размножение. Эти витамины включают в себя А, Е, С, Р и К, а также флавоноиды и разнообразные микроэлементы, такие как цинк, селен, медь, железо и марганец. Особое внимание следует уделять наличию серосодержащих аминокислот [189, 207].

Многочисленные исследования, проведенные в разных странах, свидетельствуют о том, что высокое содержание кислородных свободных радикалов и активных форм кислорода в биологических жидкостях является одной из основных причин возникновения патологических изменений в организме человека. Эти изменения, в свою очередь, могут привести к преждевременному старению и развитию серьезных заболеваний, включая сердечно-сосудистые, онкологические и диабетические. Поэтому крайне важно обращать внимание на получение достаточного количества указанных витаминов, флавоноидов и микроэлементов, чтобы снизить воздействие кислородных свободных радикалов и активных форм кислорода на организм и предотвратить возникновение этих заболеваний. Большое количество свободных радикалов в организме приводит к, так называемому, окислительному стрессу [206].

Доказан благотворный «антиоксидантный эффект на организм современного человека: сохранение структуры и функциональной активности ДНК; антиоксидантная защита полиненасыщенных жирных кислот в мембранных липидах; сохранение структуры и функциональной активности белков и прочее» [22, 98, 125].

Учеными ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ разработан способ производства хлеба, объединяющего полезные свойства белого и черного хлеба, за счет введения фульвогумата в качестве консерванта, антиоксиданта, красителя, ароматизатора, витаминсодержащего компонента. Применение фульвогумата позволяет получить готовое изделие по цвету схожее с ржано-пшеничным и ржаным хлебом, а также позволяет внести вкусовые коррективы в хлеб - отсутствие привкуса дрожжей [160].

Йенсен Э. разработана жидкая добавка для изготовления хлеба, обладающая антиоксидантными свойствами за счет содержания в составе аскорбиновой

кислоты, токоферола, аскорбилпальмитата, галлата, бутилокситолуола или бутилоксианизола. Автором установлено, что возможно производство безводной жидкой добавки для хлеба с низкой вязкостью. Жидкие свойства добавке придает жидкий эмульгатор, в состав которого входит 20% масла [145].

Богатырева Т.Г., Изосимов В.П. обосновали способ производства заварного ржано-овсяного хлеба, при котором происходит увеличение содержания антиоксидантов в 5 раз по сравнению с традиционным хлебом. Для достижения данного эффекта в рецепт добавляется заварка из овсяной муки и заварка из ржаной обойной муки. Хлеб по данной технологии обладает комплексом биологически активных соединений, придавая изделиям лечебно-профилактические свойства [15].

Учеными ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, в лице Тарасенко Н.А. и Ежовой К.С., уделено внимание дисбалансу в антиоксидантном статусе, приводящему к нарушению функций организма и различным заболеваниям. Авторы предлагают использовать амарантовую муку из цельносмолотых семян, улучшающую как сам аминокислотный состав наполнителя персипановой смеси за счет содержания персипана, так и его усвояемость. Также в состав муки входит сквален, в количестве не менее 10%, который в свою очередь, является мощным антиоксидантом [93].

Ученые Южно-Уральского государственного университета используют антиоксиданты при производстве крема масляного для продления срока хранения, так как антиоксиданты являются отличными антиокислителями. В качестве антиоксиданта используют пищевую добавку NovaSol С. Основным антиоксидантом, входящим в ее состав, является витамин С, в количестве не менее 10%. Благодаря NovaSol С разработанный масляный крем способен удовлетворить суточную потребность в аскорбиновой кислоте на 30% [101].

N. Sagar и S. Pareek повышают антиоксидантную ценность за счет луковой пудры. Пшеничную муку авторы заменяют порошком луковой шелухи. Отмечено, более высокий уровень общих фенолов, общих флавоноидов и антиоксидантной активности в обогащенных продуктах [212].

Е. Reboul, S. Thap, E. Perrot и др. изучали влияние основных пищевых антиоксидантов (каротиноидов, γ -токоферола, полифенолов и витамина С) на усвоение α -токоферола. Учеными оценено влияние различных комбинаций антиоксидантов на абсорбцию α -токоферола клеточной линией кишечника человека, проведен сравнительный анализ влияния двух доз диетического антиоксиданта (лютеина) на постпрандиальную реакцию хиломикрон- α -токоферола на пищу, богатую α -токоферолом [199].

К. Hof, S. Wiseman оценено влияние маргарина, обогащенного антиоксидантами на антиоксидантный статус организма и параметры окислительного повреждения липидов. Установлено, что употребление обогащенного антиоксидантами маргарина значительно увеличивало уровни поставляемых антиоксидантов в плазме и липопротеинов низкой плотности [204].

J. Miedzianka, Ка. Drzymała, A. Nem и A. Kita проведена сравнительная оценка антиоксидантных, антимикробных и питательных свойств безглютеновой муки. Учеными исследована антиоксидантная ценность муки из семян примулы вечерней и из семян расторопши [196].

Поскольку в организме человека постоянно образуются свободные радикалы, важно иметь антиоксидантную защиту, которая является ключевым компонентом иммунитета. Для обеспечения надежной антиоксидантной защитой, необходимо вводить природные антиоксиданты в рацион питания. Это поможет повысить иммунитет, укрепить организм и защитить его от вредного воздействия внешних факторов, а также замедлить процессы старения. Для этого актуальным является использование добавок растительного происхождения, таких как порошки, пюре и пасты, в широко потребляемых продуктах питания, включая хлебобулочные.

1.4 Перспективы применения СВЧ-обработки при производстве пищевых продуктов

В последние годы в перерабатывающей промышленности стали применяться новые методы обработки пищевых продуктов, появляться отрасли, которые используют энергию СВЧ. В основном, СВЧ-технологии широко применяются в процессах, где вещества поглощают высокочастотные электромагнитные колебания, обеспечивая эффективность технологических процессов. Использование для переработки растительного сырья СВЧ-нагрева позволяет не только максимально сохранить биологически активные вещества, но и повысить в нем содержание свободных антиоксидантов [168, 181, 191].

СВЧ-нагрев обладает множеством характеристик, включая:

1. быстрое и точное регулирование теплового воздействия на объект, позволяющее мгновенно включать и выключать нагрев;
2. высокая скорость и точность регулировки процесса нагрева, а также его повторяемость, что обеспечивает эффективность и надежность;
3. равномерное распределение высокой интенсивности нагрева по всему объему, что гарантирует однородность обработки материала;
4. сохранение максимального количества термолабильных антиоксидантов в пищевых продуктах, что способствует сохранению их полезных свойств;
5. возможность использования бережных режимов ступенчатого нагрева, что позволяет обрабатывать материалы с минимальными потерями качества;
6. создание заданной температурной неравномерности в процессе термообработки пищевых продуктов, что позволяет достичь определенного эффекта или текстуры;
7. улучшение условий труда за счет сокращения выделения газообразных веществ, пара и тепла в окружающую среду, делая процесс безопасным и экологически чистым;
8. высокий КПД преобразования энергии СВЧ близкий к 100%;

9. экономическая эффективность, обусловленная низким потреблением электроэнергии СВЧ-генераторами, минимальными потерями тепловой энергии в окружающую среду и эффективным нагревом оборудования.

В целом, СВЧ-нагрев предоставляет широкий спектр преимуществ и является эффективным и экономически выгодным методом для различных технологических процессов. Благодаря своим характеристикам, он может быть использован во множестве областей и обеспечить оптимальные результаты [140, 182, 198].

В настоящее время СВЧ-обработка широко применяется для размораживании замороженных продуктов, пастеризации молока, пюре, соков, экстракции эфирных масел, сушки и бланширования фруктов и овощей [114, 142].

При воздействии на продукт в поле СВЧ, происходит колебательное движение диполей молекул влаги, за счет которого происходит переход энергии электромагнитных волн в теплоту [85, 188].

Применение СВЧ-нагрева взамен традиционному бланшированию существенно выигрывает за счет равномерности нагрева плодов без применения дополнительной влаги. При бланшировании неизбежен температурный перепад, приводящий к разрывам оболочек растительного сырья и переходом в воду части витаминов, макро- и микроэлементов.

С использованием энергии СВЧ можно равномерно нагревать растительное сырье, а также достигать любого заданного распределения температур, что открывает возможности для ускорения различных технологических процессов. При сушке в поле СВЧ особенность заключается в сокращении продолжительности обезвоживания, уменьшении потерь питательных веществ и улучшении качества сырья, равномерном распределении остаточной влаги, ускорении процесса регидратации [118, 141, 175, 182].

СВЧ способ отлично подходит для сушки продукции с высоким исходным влагосодержанием (некоторые пищевые продукты, овощи, фрукты и т.д.), а также для окончательной сушки - в комбинации с другими методами. Традиционный конвективный способ сушки существенно уступает сушке в поле СВЧ, при ней

тепловыделение происходит в большем объеме, она позволяет досушивать продукт до минимальной влажности, при этом сохраняя полезные вещества, в том числе антиоксиданты [3, 6, 166].

Пищевые продукты могут быть эффективно высушены с помощью СВЧ-нагрева, который отличается высокой скоростью, отсутствием контакта с продуктом, равномерным и объемным нагревом, эффективным уничтожением микрофлоры, возможностью использования мягкого термического режима и импульсного нагрева, а также высоким КПД преобразования энергии. Интенсификация процессов тепло- и массообмена при СВЧ-нагреве является значительным преимуществом, поскольку продукт прогревается равномерно по всему объему. Благодаря описанным свойствам, этот метод обработки пищевых продуктов имеет потенциал к распространению в различных отраслях пищевой и перерабатывающей промышленности, включая хлебопекарную [162, 181].

Исследователями в области пищевых технологий проведен ряд разработок по применению энергии СВЧ. Например, учеными из ФГБОУ ВО «ВГУИТ» в лице Магомедова Г.О., Лукиной С.И. и др. разработана технология производства сбивного хлеба. Отличительной особенностью способа является применение СВЧ-обработки теста, которую проводят в микроволновой печи при мощности 700-800 Вт. Данная обработка является первым этапом выпечки хлеба и составляет 4 минуты, вторым этапом является допекание в хлебопекарной печи [139].

Также, Магомедовым Г.О. разработан метод изготовления бездрожжевого сбивного хлеба из цельной муки пшеницы. Автор использует в качестве биологической добавки концентрированный яблочный сок. Создание бездрожжевого хлеба осуществляется путем интенсивного воздействия сжатого воздуха под высоким давлением и активного перемешивания теста при использовании быстрой частоты вращения месильного органа. Этот метод позволяет достичь оптимальной структуры и текстуры хлеба, обеспечивая его пышность и мягкость. Первоначальный прогрев, как и в предыдущем способе проводят в поле токов СВЧ при мощности 1000 Вт [138].

Учеными разработан метод производства хлеба из муки тритикале,

снижающей ферментативную активность. Этот инновационный подход был создан научно-производственным объединением, специализирующимся на хлебопекарной промышленности. Он позволяет получить хлеб с уникальными свойствами и качеством, благодаря использованию муки тритикале с низкой ферментативной активностью. Это обеспечивает более длительное сохранение свежести и улучшает структуру и текстуру хлеба. Полученный продукт отличается высоким качеством и отвечает требованиям потребителей вкусной, полезной и питательной выпечки. С целью увеличения ферментативной активности авторами предложено проводить обработку муки и воды в поле сверхвысокой частоты. Продолжительность первичной обработки составляет 30-35 минут, последующей - 270-315 секунд с последующим охлаждением и внесением карбоната кальция [127].

Применение энергии СВЧ в пищевых технологиях нашло свое отражение в исследованиях Кретьова И.Т., Шахова С.В., Лазарева Р.В. Ученые предложили применять СВЧ-обработку в процессе расстойки тестовых заготовок бараночных изделий. Применение данной технологии позволяет уменьшить время расстойки, повысить производительность и улучшить качество готовых изделий [134].

Пенто В.Б. обосновано применение энергии СВЧ при производстве пищевого продукта из винограда. Автор использует СВЧ для досушки продукта, который предварительно высушивают конвективно, далее выдерживают под давлением и без давления. В результате получен продукт, обладающий уникальным гармоничным сочетанием органолептических свойств попкорна и фруктового салата [133].

Помимо традиционного использования СВЧ-нагрева его применяют также для обеззараживания фруктов и овощей. Обеззараживание происходит на первом из четырех этапов, когда фрукты и ягоды нагревают токами низкой частоты, при этом испаряется до 10% влаги. На последующих этапах происходит досушивание продукта до остаточной влажности 10% [129].

Косован А.П. и Поландовой Р.Д. разработан способ производства функциональной добавки в виде соевых бобов, подвергшихся увлажнению, СВЧ-обработке, проращиванию, измельчению, сушке и размолу. Применение СВЧ, по

мнению автора, имеет обеззараживающий эффект, а также приводит к активизации ферментных систем, при которых зародыш начинает расти [132].

Ивановым В.А. и Сапуновым Г.С. предложен способ сушки плодов и овощей с помощью СВЧ-энергии. На первом этапе проводят сортировку сырья, мойку, бланширование СВЧ-энергией с последующим вакуумированием. Помимо использования СВЧ при бланшировании авторы используют также при вакуумировании и центрифугировании продукта с целью удаления свободной влаги [130].

Помимо разработанных технологий, учеными нашей страны разрабатываются различные установки для применения СВЧ-энергии в пищевых производствах. Например, коллектив авторов Чувашской государственной сельскохозяйственной академии разработана СВЧ установка для термообработки мучных изделий. Установка выполнена таким образом, что тестовые заготовки автоматически направляются через подающий транспортер, а готовые мучные изделия принимаются приемным транспортером, полностью устраняя необходимость ручного вмешательства. В результате, данный процесс происходит полностью автоматически и без привлечения труда человека [136].

Герасимовым А.Г. разработана установка микроволновая для сушки сыпучих материалов. В качестве сыпучих материалов выступают семена подсолнечника, различные виды зерна, которые высушиваются благодаря нагреву СВЧ-энергии, вырабатываемой СВЧ-генераторами. Данное устройство содержит приспособление для очистки воздуха, продуваемого через высушиваемый материал, что приводит к улучшению экологической обстановки [131].

Основные характеристики энергии СВЧ включают: проникновение на большую глубину в продукт, полную стерилизацию продукта, отсутствие контакта с теплоносителем, высокую эффективность преобразования энергии в тепло и его выделение в продукте. При бланшировании и высушивании с применением СВЧ-нагрева сокращается продолжительность обработки и потери продукта. Эффективность применения подтверждается также уменьшением количества микроорганизмов в продукте, прекращением размножения бактерий [177]. Путем

использования СВЧ-нагрева можно сосредоточить большое количество энергии в небольшом объеме продукта, создав условия, при которых внутренняя температура будет выше, чем наружная. Это позволит прогревать продукт или удалять воду из него, с наименьшими затратами за счет снижения времени на прогрев или испарение. Применение энергии СВЧ обеспечивает высокое качество готовых продуктов [182].

1.5 Изучение пищевой ценности растительного сырья и выбор ингредиентов для производства ржано-пшеничного хлеба функционального назначения

Растительное сырье играет ключевую роль в питании, поскольку оно содержит разнообразные физиологически функциональные ингредиенты, которые представлены пищевыми волокнами, минеральными веществами, антиоксидантами, в том числе витаминами и вторичными растительными соединениями (флавоноиды, β -каротин и другие), которые являются не только незаменимыми для основных функций нашего организма, но и совершенствуют его работу в целом [1, 13]. Под физиологическим пищевым (функциональным) ингредиентом понимают живые микроорганизмы, вещество или комплекс веществ животного, растительного, микробиологического, минерального происхождения или идентичные натуральным, входящие в состав функционального пищевого продукта в количестве не менее 15% от суточной физиологической потребности, в расчете на одну порцию продукта, обладающие способностью оказывать научно обоснованный и подтвержденный эффект на одну или несколько физиологических функций, процессы обмена веществ в организме человека при систематическом употреблении содержащего их функционального продукта [73].

Перспективными природными источниками антиоксидантов являются фрукты, овощи и травы: земляника, калина, рябина, боярышник, шиповник, облепиха, перец сладкий, капуста брокколи, тыква, морковь, топинамбур,

сельдерей, пастернак, листья плодовых растений, календула, липа, мята, шишки хмеля и другие [26, 95].

Используя научную литературу [12, 27, 99, 158] изучена пищевая и антиоксидантная ценности растительного сырья и выбраны фрукты, овощи и травы наиболее богатые сахарами, кислотами, антиоксидантами и пищевыми волокнами (таблицы 1.1-1.3).

Сахара в растительном сырье представлены фруктозой, глюкозой и сахарозой. Фруктоза, содержащаяся, в преобладающем количестве во фруктовом сырье, имеет более низкий гликемический индекс, по сравнению с другими видами сахаров, она не вызывает резкого увеличения уровня сахара в крови, благодаря чему практически безопасна для употребления как здоровыми людьми, так и с различными заболеваниями (таблица 1.1).

Таблица 1.1 - Массовая сахаров и органических кислот в исследуемых фруктах, овощах и травах

Наименование образцов	Массовая доля, %					
	сахара, в т.ч.				органические кислоты	сахаро-кислотный индекс
	общий сахар	фруктоза	глюкоза	сахароза		
Рябина	11,0	4,3	4,9	1,8	2,3	18,0
Боярышник	9,2	4,6	4,0	0,6	1,6	7,0
Перец сладкий	4,9	2,7	2,0	0,2	0,1	49,0
Капуста брокколи	4,5	2,3	2,1	0,1	0,1	45,0
Листья мяты	7,7	6,0	0,7	-	0,3	25,0
Шишки хмеля	14,5	10,0	2,1	2,0	0,6	41,0

Органические кислоты, содержащиеся в растительном сырье играют важную роль в метаболических процессах организма, выработке клеточной энергии и обеспечению полноценного функционирования клеток [109, 157].

Сахара и органические кислоты имеют важное значение для организма

человека, являясь источниками энергии, необходимой для выполнения многих жизненно-важных процессов, и компонентами многих биологических реакций.

Весь исследуемый материал является перспективным для получения функциональных ингредиентов по содержанию фруктозы, органических кислот и сахаро-кислотному индексу, характеризующему вкус.

Во фруктах, овощах и травах содержится множество витаминов, включая витамин А, С, Е, К, витамины группы В. Наибольший интерес для обогащения антиоксидантами продуктов функционального назначения являются фрукты, овощи и травы, содержащие высокие значения аскорбиновой кислоты, β -каротина и флавоноидов (таблица 1.2).

Таблица 1.2 - Массовая доля антиоксидантов, в том числе витаминов и вторичных растительных соединений во фруктах, овощах и травах

Наименование образцов	Витамин С, мг%	β -каротин, мг%	Флавоноиды, мг%	Суммарное содержание антиоксидантов, мг/100г по кверцетину
Рябина	33,0	1,6	612,0	588,0
Боярышник	122,0	16,0	188,0	244,0
Перец сладкий	112,0	10,0	105,0	273,0
Капуста брокколи	78,0	12,0	118,0	255,0
Листья мяты	39,7	3,5	225,0	1635,0
Шишки хмеля	98,9	5,1	331,0	2150,0

Витамины, представленные в растительных объектах, являются мощными антиоксидантами, помогающими укрепить иммунную систему, способствующими защите клеток организма от окислительного стресса, нормализации энергетического обмена, улучшению работы кровеносных сосудов, образованию и улучшению функционирования коллагена костей. Растительное сырье играет важную роль в нашем организме и является неотъемлемой частью здорового и функционального питания [106, 159].

По суммарному содержанию антиоксидантов изученное растительное сырье выстраивается в следующем порядке: травы - шишки хмеля (2150 мг/100г) и листья мяты (1635 мг/100г); фрукты - рябина (588 мг/100г), боярышник (244 мг/100г); овощи - перец сладкий (273 мг/100г), капуста брокколи (255 мг/100г) [172, 209].

Фрукты, овощи и травы являются основными источниками пищевых волокон. Не случайно, пищевые волокна в последние годы стали предметом внимания и исследований у физиологов, нутрициологов и технологов, что подчеркивает их значимость и ценность в общей структуре питания. Важно отметить, что пищевые волокна имеют определенные нормы потребления, которые зависят от возрастной группы. По данным Российской Федерации, взрослому человеку необходимо получать от 25 до 30 г пищевых волокон в день, в то время как детям рекомендуется потреблять от 10 до 22 г [82, 117, 155].

Массовая доля пищевых волокон, в том числе пектиновых веществ и клетчатки, во фруктах, овощах и травах представлена в таблице 1.3.

Таблица 1.3 - Массовая доля ПВ (пищевых волокон) во фруктах, овощах и травах

Наименование образцов свежих фруктов и овощей	Массовая доля ПВ,%					
	всего ПВ	в том числе				
		клетчатка	растворимый пектин	нерастворимый пектин (протопектин)	общее содержание пектина	крахмал
Рябина	2,3	1,6	0,4	0,2	0,6	0,1
Боярышник	1,5	0,7	0,4	0,3	0,7	0,1
Перец сладкий	2,3	0,9	0,7	0,6	1,3	0,1
Капуста брокколи	2,4	1,0	0,5	0,4	0,9	0,1
Листья мяты	20,0	16,7	2,0	0,7	2,7	0,6
Шишки хмеля	36,0	34,5	1,0	0,5	1,5	-

Пектиновые вещества относятся к группе полисахаридов, представляют собой важный компонент, находящийся в различных растениях. Они находятся в больших количествах в различных органах растений, таких как плоды и стебли, и представлены в виде нерастворимого протопектина. Однако, при созревании

плодов и их последующем хранении, происходит превращение протопектина в растворимые формы пектина. Этот процесс имеет важное значение, так как он способствует улучшению вкусовых качеств плодов, делая их более сочными и ароматными. Кроме того, растворимые пектины присутствуют в соках растений, где выполняют различные функции, включая улучшение консистенции и стабилизации сока, а также обеспечение его вязкости и текстуры. Изучение свойств и применений пектиновых веществ имеет большое значение в пищевой, и фармацевтической промышленности, где они используются в качестве загустителей, стабилизаторов и эмульгаторов [95, 96, 156, 161].

Изучение биохимического состава исследуемых образцов растительного сырья свидетельствует об их высоких пищевых свойствах по исследуемым нутриентам. Исключительное значение придается подбору объектов для получения ингредиентов функционального назначения, то есть способных накапливать наибольшие значения антиоксидантов. Изученные образцы растительного сырья являются источником различных физиологически активных ингредиентов, особенно витаминов и пищевых волокон, за счет которых возможно удовлетворение части суточной потребности в пищевых веществах, что дает возможность отнести их к функциональным и наиболее пригодным для обогащения хлеба.

Выводы по первой главе

Проведен анализ источников, который свидетельствует о том, что в нашей стране остро стоят проблемы, связанные с ростом числа заболеваний, природой которых являются воздействия окружающей среды и несбалансированное питание. Для решения этих проблем необходимо введение в рацион продуктов первостепенного и ежедневного спроса, в том числе хлебобулочных изделий, обладающих функциональными и антиоксидантными свойствами.

«Защитой человеку от неблагоприятного воздействия свободных радикалов могут служить антиоксиданты, тормозящие и устраняющие их действие. В природе антиоксиданты содержатся преимущественно во фруктах, овощах и травах, а также в продуктах их переработки, в том числе и в продуктах вторичной переработки.

Антиоксидантный комплекс растительного сырья разнообразен и в основном представлен флавоноидами, витаминами и каротиноидами. Поэтому необходимо как можно шире использовать добавки из растительного сырья (порошки, пасты, пюре, подварки и др.) в продуктах питания массового назначения, к которым относится хлеб» [146].

В ходе разработки новых технологий переработки сырья, физические методы обработки исходного материала всё более широко применяются с целью повышения пищевой ценности и безопасности обрабатываемых продуктов. Это позволяет улучшить показатели качества и безопасности пищевых продуктов, что делает их более полезными для потребителей. Одним из современных методов является СВЧ-обработка, позволяющая улучшить качество продуктов, сэкономив при этом энергию, снизив временной интервал управления технологическим процессом.

Проведение исследований, направленных на разработку хлебобулочных изделий, с применением растительного сырья, обработанного методом СВЧ-нагрева, является необходимым, поскольку обобщение полученных данных позволяет сделать вывод о его преимуществах и перспективах в данной области, что открывает новые возможности для создания более качественных и инновационных хлебобулочных изделий, которые будут более питательными, безопасными и соответствующими современным требованиям потребителей. Таким образом, дальнейшие исследования и разработки в этом направлении являются важными для улучшения качества продукции и удовлетворения потребностей рынка.

Глава 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТА

2.1 Организация экспериментальных исследований

Экспериментальные и практические исследования в период с 2014 по 2022 гг. реализованы в учебно-исследовательской лаборатории продуктов функционального питания, комплексной научно-испытательной лаборатории сельскохозяйственной и пищевой продукции центра коллективного пользования «Селекция сельскохозяйственных культур и технологии производства, хранения и переработки продуктов питания функционального и лечебно-профилактического назначения», лаборатории хлебопечения «Биоздравпродукт», на кафедрах «Технология производства, хранения и переработки продукции растениеводства», «Продукты питания, товароведение и технология переработки продукции животноводства» ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ; в ООО «Научно-производственный центр «Агропищепром» (г. Мичуринск Тамбовской области); в АНО «НТЦ «Комбикорм» и ФГБОУ ВО «ВГУИТ» (г. Воронеж Воронежской области).

Растительное сырье выращено и собрано в УИТК «Роща» и Агробиостанции ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ.

Производственные испытания были проведены в условиях лаборатории хлебопечения «Биоздравпродукт» ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ (Тамбовская область, г. Мичуринск), АО «Знак хлеба» (Саратовская область, г. Саратов), ИП Ларионова С.Г. (Тамбовская область, г. Тамбов) (приложение Г).

Исследования проводились в 5 этапов в соответствии с поставленными задачами и согласно структурной схеме, представленной на рисунке 2.1.

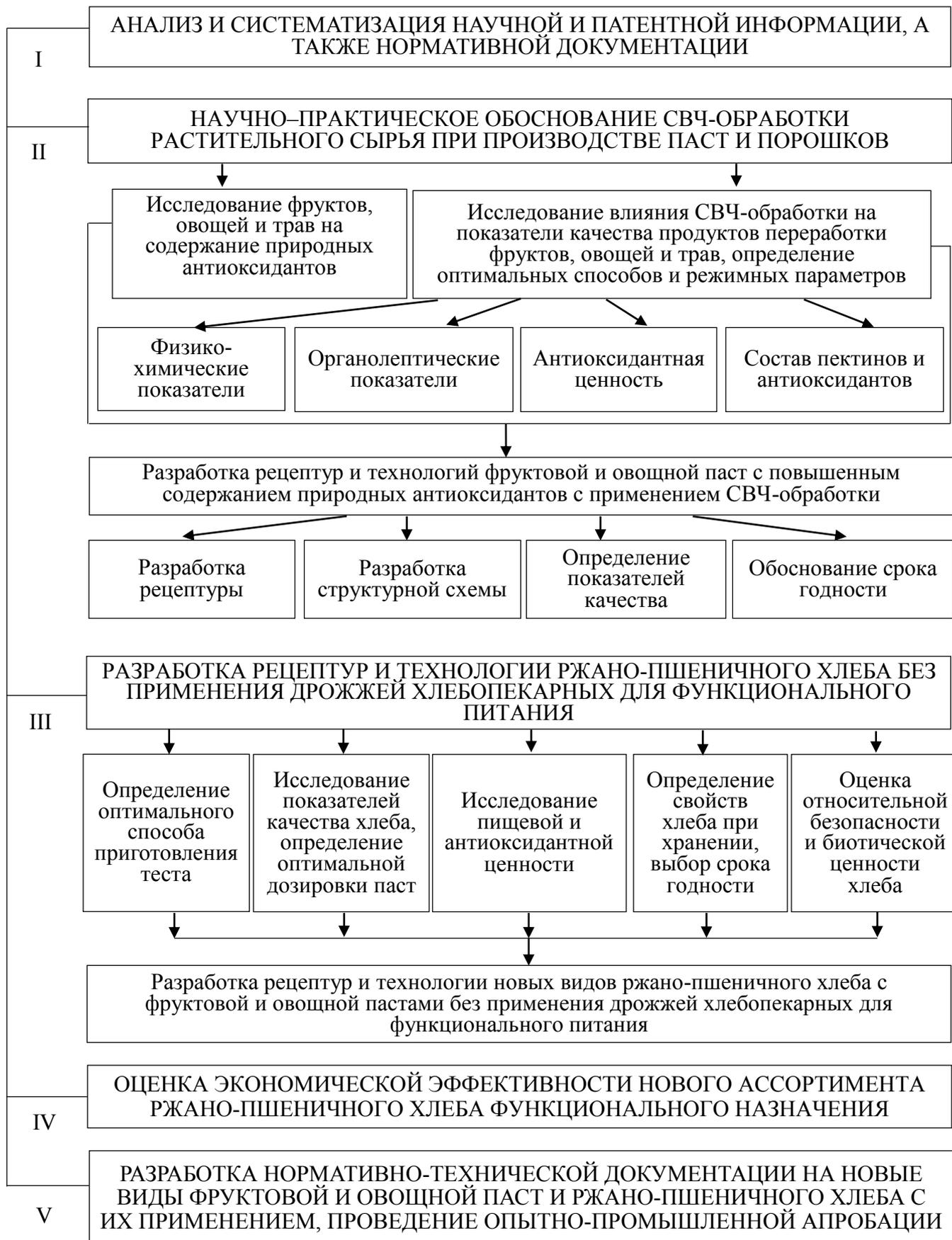


Рисунок 2.1 - Структурная схема проведения исследований

На первом этапе проведен анализ и систематизация научной и патентной информации, а также нормативной документации; уделено внимание проблемам, связанным с нарушением рациона питания человека, и необходимости создания новых видов хлеба для функционального питания, связанной с его массовым потреблением; представлены различные способы применения нетрадиционных растительных ингредиентов в технологии хлеба; раскрыта роль антиоксидантов, в том числе фруктового и овощного сырья, в сохранении здоровья человека и пути повышения антиоксидантной ценности продуктов питания; приведены преимущества и перспективы применения СВЧ-обработки в пищевом производстве; дан сравнительный анализ пищевой ценности растительного сырья, являющегося перспективными ингредиентами для производства ржано-пшеничного хлеба функционального назначения.

На втором этапе дается научно-практическое обоснование СВЧ-обработки растительного сырья при производстве пюре, порошков и паст. Приведены результаты исследования фруктов, овощей и трав на содержание природных антиоксидантов; влияния СВЧ-обработки при разных режимных параметрах в сравнении с традиционными способами обработки на физико-химические, органолептические показатели, антиоксидантную ценность и качественный состав пектиновых веществ в продуктах переработки рябины, боярышника, капусты брокколи, перца сладкого, мяты и хмеля; разработаны рецептуры и технологии фруктовой и овощной паст с применением оптимальных режимов СВЧ-обработки и определенным сроком годности.

На третьем этапе исследований проведены подбор оптимальных способов внесения фруктовой и овощной паст и их дозировки в рецептуру ржано-пшеничного теста без применения дрожжей хлебопекарных; исследования влияния добавок на показатели качества, пищевую и антиоксидантную ценность ржано-пшеничного хлеба; оценка относительной безопасности и биотической ценности разработанных новых видов ржано-пшеничного хлеба в сравнении с традиционным. Разработаны рецептуры и технология новых видов хлеба с фруктовой и овощной пастами с пролонгированным сроком годности.

На четвертом этапе произведена оценка экономической эффективности нового ассортимента ржано-пшеничного хлеба функционального назначения.

На пятом этапе разработана нормативно-техническая документация на новые технологии, проведена их опытно-промышленная апробация.

2.2 Объекты исследования

В ходе экспериментальной работы были выбраны следующие объекты исследования:

- рябина обыкновенная сорта «Сорбинка»;
- боярышник мягковатый сорта «Огни Мичуринска»;
- капуста брокколи F₁ «Фиеста»;
- перец сладкий сорта «Колобок»;
- листья мяты перечной;
- шишки хмеля обыкновенного;
- фруктовая паста;
- овощная паста;
- пробы теста из ржаной обдирной муки и пшеничной муки первого сорта с использованием фруктовой пасты без применения дрожжей и выпеченные из них изделия;
- пробы теста из ржаной обдирной муки и пшеничной муки первого сорта с использованием овощной пасты без применения дрожжей и выпеченные из них изделия.

Для создания фруктово-овощных полуфабрикатов (фруктовой и овощной паст) и их дальнейшего использования в производстве хлебобулочных изделий были использованы следующие виды сырья: плоды рябины (ГОСТ 6714); плоды боярышника (ГОСТ 3852); капуста брокколи (ГОСТ 33854); перец сладкий (ГОСТ 34325); шишки хмеля (ГОСТ 21946); листья мяты (ГОСТ 23768); мука ржаная

обдирная (ГОСТ 7045); мука пшеничная первого сорта (ГОСТ 26574); вода питьевая (СТ РК ГОСТ Р 51232); сахар белый (ГОСТ 33222); соль пищевая (ГОСТ Р 51574).

Способ получения порошка из листьев мяты и шишек хмеля

Для получения порошка из листьев мяты и шишек хмеля растения подаются на сортировочный конвейер, где происходит их сортировки с последующей инспекцией. Затем листья, шишки равномерно транспортируются по специальному транспортеру и поступают в СВЧ установку, где подвергаются сушке в один слой под воздействием электромагнитных волн мощностью 560 и 700 Вт соответственно до достижения конечной влажности сырья 9-10% с последующим охлаждением, повторной сортировкой, измельчением, просеиванием и упаковкой.

Способ получения фруктовой и овощной паст

Пасты получали следующим образом: овощи и фрукты, после мойки, очистки, инспекции, резки поступали в СВЧ-установку для нагрева, далее размягченные кусочки перца и соцветия капусты для овощной пасты и размягченные плоды рябины и боярышника протирали, полученная масса гомогенизировалась, затем полученное пюре двух видов смешивали, добавляли порошок из хмеля/мяты, полученную массу пасты уваривали в вакуум-аппарате, фасовали в стеклянные банки горячим розливом, закупоривали подготовленными лакированными крышками и стерилизовали в автоклаве, при этом, закладку ингредиентов осуществляли в следующих соотношениях: для овощной пасты на 100 кг сырья, мас. %: пюре из перца сладкого - 57, пюре из капусты брокколи - 38, порошок из шишек хмеля - 5; для фруктовой пасты на 100 кг сырья, мас. %: пюре рябины - 57, боярышника - 38, порошок из листьев мяты - 5.

Способ приготовления хлебобулочных изделий с использованием фруктовой и овощной паст

Были разработаны рецептуры и технология для инновационных хлебобулочных изделий, обогащенных фруктовыми и овощными пастами на основе густой закваски без применения промышленных дрожжей. Изделия выпекали подовыми, массой 500 г. Для контрольных проб не применялись фруктовые и овощные пасты.

2.3 Методы и условия проведения исследований

В ходе проведения исследований использовали как стандартные общепринятые, так и специальные методы анализа.

Общепринятые методы исследования

Согласно применяемым стандартам, выбор средних проб для исследования осуществлялся: плоды рябины отбирали опираясь на методику, описанную в ГОСТ 6714, плоды боярышника - ГОСТ 3852, свежую капусту брокколи – ГОСТ 33854, а свежий перец сладкий - согласно ГОСТ 34325. Фруктовое, овощное пюре и растительные порошки были отобраны по ГОСТ 15113.0, а фруктовые и овощные пасты - по ГОСТ 26313. В качестве стандарта для отбора проб хлеба использовали ГОСТ 26984.

Процедура выборки образцов для микробиологического анализа была проведена в соответствии с ГОСТ 31904 и ГОСТ 26669.

Анализ химического состава исследуемых объектов проводился по следующим показателям:

Для определения содержания белка использовался метод Кьельдаля,

согласно ГОСТ 32044.1 и ГОСТ 10846.

Для измерения содержания жира применялись ГОСТ 8756.21 и ГОСТ 5668.

Определение содержания золы проводилось по ГОСТ 25555.4 и ГОСТ 32933.

Для измерения влажности или содержания сухих веществ использовались ГОСТ 28561 и ГОСТ 21094.

Титрование для определения кислотности с использованием ГОСТ ISO 750 и ГОСТ 5670.

Измерение удельного объема хлеба согласно ГОСТ 27669 и методике Корячкиной С.Я.

Оценка пористости хлеба по ГОСТ 5669.

Определение формоустойчивости хлеба согласно ГОСТ 27669.

Определение содержания витамина С с помощью титриметрического метода по ГОСТ 24556.

Оценка содержания флавонолов и катехинов по методике Л.И. Вигородова.

Определение содержания антоцианов по методике Никитского ботанического сада.

Оценка содержания β -каротина с использованием метода ВЭЖХ и флюориметрического детектора «Флюорат-02», согласно ГОСТ EN 12823-2 (рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 – Прибор для определения β -каротина «Флюорат-02»

Определение общего содержания пищевых волокон по ГОСТ Р 54014.

Определение массовой доли клетчатки с использованием весового метода, по

Петербуржскому.

Пектиновые вещества анализировались титриметрическим методом в соответствии с ГОСТ 29059.

Аминокислотный состав определялся на анализаторе ААА-339 по ГОСТ 32195.

Для определения содержания калия, кальция, магния и фосфора в образцах был применен прибор «Капель 105М» в соответствии с требованиями ГОСТ Р 56374 и ГОСТ Р 56375 (рисунок 2.3), который представляет собой систему капиллярного электрофореза, позволяющую точно измерять содержание указанных элементов.



Рисунок 2.3 – Прибор для определения макроэлементов («Капель 105М»)

Для определения содержания железа, марганца, меди и цинка в образцах был использован спектрометр МГА-915 МД, в соответствии с требованиями ГОСТ Р 56372 (рисунок 2.4), который позволяет проводить точный анализ указанных элементов путем их атомного поглощения.



Рисунок 2.4 - Атомно-абсорбционный спектрометр с электротермической атомизацией и коррекцией неселективного поглощения «МГА-915МД»

«Углеводы рассчитывали вычитанием из содержания сухого остатка продукта суммы содержания белков, жиров, пищевых волокон и золы. При расчете энергетической ценности пищевых продуктов учитывалось только суммарное содержание углеводов, белков и жиров», согласно рекомендациям И.М. Скурихина [169].

Оценка качества хлебобулочных изделий проводилась через определенные временные интервалы (12 часов) после выпечки в процессе хранения. Образцы хлеба хранились без упаковки при определенной температуре 20-22 °С.

Безопасность фруктовой и овощной паст, а также ржано-пшеничного хлеба с их применением без использования промышленных дрожжей оценивались путем анализа микробиологических показателей, включающих бактерии *Salmonella*, группы кишечных палочек (БГКП), КМАФАнМ, *Proteus*, *S.aureus*, плесень и дрожжи. Анализы проводились согласно нормам и стандартам, таким как ГОСТ 31746, ГОСТ 31659, ГОСТ 10444.12, ГОСТ 31747, ГОСТ 10444.15 и ГОСТ 28560 [55, 57].

Дегустационная оценка и определение органолептических показателей качества рябинового, боярышникового пюре, пюре из брокколи, перца сладкого, порошка из мяты и шишек хмеля, фруктовой и овощной паст осуществлялись в соответствии с ГОСТ 8756.1 и 10-балльной шкале. Качество ржано-пшеничного хлеба с использованием фруктовой и овощной паст без дрожжей оценивалось в соответствии с ГОСТ 26984 и 100-балльной шкале.

Специальные методы исследования

Антиоксидантную ценность хлеба с добавками определяли с использованием жидкостного хроматографа Цвет Яуза-01-АА по градуировочному графику. Подготовку проб образцов проводили измельчением, получением экстракта в воде, либо спирте с последующим фильтрованием. Исследование экстракта проводили для каждой из трех параллельных проб по 3 последовательным измерениям выходного сигнала (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 - Анализатор антиоксидантной ценности Цвет Яюза 01-АА

Исследование характера изменения вязкости паст и теста проводили на вискозиметре VISCO ATAGO (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 - Вискозиметр АТАГО

Исследования по СВЧ-нагреву фруктов и овощей, а также сушки трав в поле СВЧ проводили с использованием микроволновой печи ВВК 20MWS-722/В-М (Китай), температуру нагрева измеряли цифровым термометром Voltcraft DT-300.

Удельную работу СВЧ-нагрева (энергию излучения, приходящуюся на единицу массы) растительных объектов определяли по формуле 2.1:

$$l = \frac{N}{m} \cdot t, \quad (2.1)$$

где l – удельная работа, Вт/г·с;

N – мощность, Вт;

m – масса, г;

t – время, с.

«Цветность оценивали на спектроколориметре 3nh BS7016, представленном на рисунке 2.7 путем оценки интенсивности цвета, как трехмерной величины, состоящей из трех цветовых характеристик (координат) цветового тона, насыщенности и светлоты, измеряемых в различных цветовых пространствах [64].

Измерение происходит в цветовой системе $L^*a^*b^*$, на основе пар дополнительных цветов. Она позволяет описать цвет в единицах приблизительно визуальной однородности на всем протяжении цветового пространства.



Рисунок 2.7 - Спектроколориметр 3nh BS7016

Цвет на приборе описывается тремя величинами - L, a и b, равноценно оценке человеческим глазом, при этом белый цвет имеет значение 100, а черный – 0. Хроматические размерности a и b обозначают цвет следующим образом:

a - измеряет красноту при положительном значении, серость при нуле и зелень при отрицательном значении;

b - измеряет желтизну при положительном значении, серость при нуле и синеву при отрицательном значении» [28].

«Оценку функциональных свойств и показателей безопасности ржанопшеничного хлеба с фруктовой и овощной пастами без применения дрожжей хлебопекарных определяли с помощью инфузории *Paramecium caudatum*.

Для экспертизы с фруктовой и овощной пастами использовали метод биотестирования с простейшими, в качестве тест-объекта применяли инфузории *Paramecium caudatum*. Использование тест-организмов в оценке пищевого сырья и

продуктов при контроле численности популяции *Paramecium caudatum* позволяет получить исходные данные для расчета таких важных показателей как биотический потенциал и стандартизованная относительная биологическая ценность, позволяющих провести косвенную оценку энергетических затрат на переваривание продуктов по сравнению с эталонным (контрольным) объектом.

Метод биотестирования применим для оценки возможного биологического влияния различных компонентов пищевых продуктов. Результаты, полученные при тестировании на простейших рода *Paramecium caudatum* сопоставимы с данными опытов *in vivo* на теплокровных животных. Корректность межвидовой экстраполяции результатов анализа на инфузориях доказана рядом исследователей и обусловлена сходством основных параметров обмена веществ у этих организмов и высших животных. Комплексный анализ полученных экспериментальных данных позволяет сделать вывод о возможности функционирования живых систем при употреблении исследуемых образцов» [75].

«В процессе исследования, образцы были подвергнуты сушке при температуре 30 °С, после чего была отобрана проба весом 10 г. Данная проба была измельчена и просеяна через сито, для получения частиц размером не превышающим 225 мкм. Затем, из полученных частиц были взяты навески массой 0,1 г, помещены в пробирки и залиты 10 мл дистиллированной воды. Смесь была выдержана в течение 24 ч с периодическим встряхиванием, после чего она была подвергнута центрифугированию в течение 15 мин при скорости 3-5 тыс. оборотов в мин. Полученный центрифугат, представляющий собой раствор (экстракт) исследуемого вещества, был использован в дальнейших исследованиях в соотношении 1:100.

В качестве контрольного образца при оценке биологической ценности образцов был принят хлеб ржано-пшеничный, изготовленный по традиционной технологии.

Для проведения эксперимента, были приготовлены растворы из образцов хлеба различных концентраций: 1:1000, 1:10000 и 1:100000. Затем, для проверки устойчивости к стрессу, в культуру инфузорий был введен повреждающий фактор.

Этим фактором являлся 10%-ный раствор хлорида натрия, который наносит вред клеточным структурам простейших. Количество введенного раствора постепенно увеличивалось от 0,1 до 0,7 см³ с шагом в 0,1. После добавления повреждающего фактора, наблюдали изменения в поведении простейших, контролируя их выживаемость с помощью микроскопии и тайминга» [75, 119].

Математические методы обработки результатов исследований

Для анализа результатов эксперимента были применены математические методы, основанные на статистической обработке экспериментальных данных. Были получены графические уравнения регрессии, которые позволяют увидеть зависимости между различными факторами, такими как температура, мощность и количество добавок. В результате анализа определены две характеристики: дисперсия неадекватности и дисперсия воспроизводимости, которые помогают оценить точность и повторяемость полученных результатов. Дисперсия неадекватности позволила оценить степень неадекватности уравнения регрессии, а дисперсия воспроизводимости - степень повторяемости результатов. Для проверки адекватности уравнения регрессии был использован критерий Фишера. Если значение этого критерия было меньше уровня значимости (принимаемого равным 0,05), то уравнение считалось адекватным.

Для оценки дисперсии коэффициентов был проведен анализ значимости коэффициентов по критерию Стьюдента. Если значения коэффициентов были значимыми при уровне значимости 0,05, то считалось, что коэффициенты имеют статистическую значимость.

Глава 3 НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СВЧ-ОБРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПАСТ

3.1 Исследование фруктов, овощей и трав на содержание природных антиоксидантов

Повышенное внимание ученых и технологов к продуктам природного происхождения, как к источникам физиологически активных ингредиентов с высокой антиоксидантной ценностью, обусловлено их доступностью, возобновляемостью, экологической безопасностью. При этом видовой состав высокоантиоксидантного растительного сырья, применяемого в пищевой промышленности для обогащения продуктов питания, в том числе хлебобулочных изделий, узок, что связано с недостаточной изученностью антиоксидантного статуса фруктов, овощей и трав.

В растительном сырье: листьях мяты и шишках хмеля, плодах рябины и боярышника, перце сладком и капусте брокколи, исследовано количественное содержание природных жиро- и водорастворимых антиоксидантов, в том числе витаминов и вторичных растительных соединений, обладающих антиоксидантным действием. Результаты исследования растительного сырья на содержание природных антиоксидантов представлены в таблице 3.1.

По суммарному содержанию антиоксидантов (ССА), определенному амперометрическим методом на приборе Цвет Яуза 01-АА, исследуемые растительные объекты выстраиваются по убыванию в следующем порядке: листья мяты (277,0 мг/100г) > перец сладкий (174,7 мг/100г) > шишки хмеля (95,9 мг/100г) > плоды рябины (76,7 мг/100г) > капуста брокколи (71,0 мг/100г) > плоды боярышника (64,0 мг/100г).

Таблица 3.1 - Содержание природных антиоксидантов в растительном сырье

Наименование сырья	СВ*, %	Природные антиоксиданты, мг/100г					
		Вита-мин С	β-каротин	ССА*	Флавоноиды		
					Антоцианы	Флавонолы	Катехины
Листья мяты	24,5±0,01	58,4±0,02	7,3±0,02	277,0±0,01	104,6±0,1	492,3±0,03	12,1±0,02
Шишки хмеля	26,3±0,02	12,8±0,01	0,6±0,01	95,9±0,02	206,4±0,01	72,1±0,1	61,1±0,01
Плоды рябины	22,7±0,02	39,9±0,1	3,5±0,02	76,7±0,1	54,0±0,02	135,1±0,02	56,6±0,02
Плоды боярышника	20,1±0,02	18,7±0,02	0,8±0,1	64,0±0,01	206,9±0,03	118,6±0,01	86,1±0,02
Перец сладкий	9,4±0,1	284,9±0,1	3,4±0,02	174,7±0,03	3,5±0,02	39,3±0,03	13,0±0,02
Капуста брокколи	10,1±0,03	85,7±0,02	0,4±0,03	71,0±0,02	11,9±0,02	26,8±0,02	0,5±0,1

*СВ - сухие вещества

*ССА - суммарное содержание антиоксидантов

Из водорастворимых антиоксидантов витамину С отводится важная роль в окислительно-восстановительных реакциях, обменных процессах и синтезе стероидных гормонов. Больше всего витамина С содержится в перце сладком и капусте брокколи в среднем 284,9 мг/100г и 85,7 мг/100г соответственно, а наименьшее его содержание отмечено в шишках хмеля и плодах боярышника в среднем 12,8 мг/100г и 18,7 мг/100г соответственно. Средние значения были установлены в плодах рябины 39,9 мг/100г и листьях мяты 58,4 мг/100г.

Согласно ГОСТ Р 54059, витамин С и флавоноиды «улучшают метаболизм углеводов, поддержание уровня глюкозы в крови, оказывают иммунокорректирующее действие, в части обеспечения системного иммуномодулирующего действия, оказывая при этом антиоксидантное действие, сохранение структуры и функциональной активности ДНК, антиоксидантную защиту полиненасыщенных жирных кислот в мембранных липидах, сохранение структуры и функциональной активности белков, а жирорастворимый антиоксидант β-каротин, помимо перечисленных, обладает антисклеротическим эффектом» [71].

Более высоким содержанием флавоноидов отличаются листья мяты – 609 мг/100г, плоды боярышника - 411,6 мг/100г, шишки хмеля - 339,6 мг/100г, плоды рябины - 245,7 мг/100г, меньше их содержится в перце сладком - 55,8 мг/100г, а также в капусте брокколи - 39,2 мг/100г. Количественное соотношение катехинов, флавонолов и антоцианов в растительных объектах различно и зависит от вида сырья.

По наличию β -каротина отличились листья мяты, содержание которого в них в среднем составило 7,3 мг/100г, плоды рябины - 3,5 мг/100г и перец сладкий 3,4 мг/100г. В капусте брокколи, шишках хмеля и плодах боярышника содержание β -каротина незначительно и находится в пределах 0,4-0,8 мг/100г.

Таким образом, проведенные исследования показали, что листья мяты, шишки хмеля, плоды рябины и боярышника, капуста брокколи, а также перец сладкий могут служить перспективным источником природных антиоксидантов для производства растительных полуфабрикатов и пищевых продуктов, предназначенных для функционального питания.

3.2 Исследование влияния СВЧ-обработки на физико-химические, органолептические показатели и антиоксидантную ценность продуктов переработки фруктов, овощей и трав, определение оптимальных способов и режимных параметров

В консервной промышленности, при изготовлении полуфабрикатов на основе растительных продуктов, тепловая обработка является незаменимым этапом в цепочке технологических операций. Главным методом, широко применяемым для достижения этой цели, является процесс бланширования. Бланширование представляет собой важную термическую процедуру, применяемую в производстве, для обеспечения размягчения плодов, с целью

пригодности для протирания.

Для производства полуфабрикатов (пюре, порошки) из плодов рябины, боярышника, капусты брокколи, перца сладкого, листьев мяты и шишек хмеля, была исследована возможность использования СВЧ-энергии для улучшения пищевой ценности продуктов. Учитывая важность сохранения физиологически активных компонентов, включая природные антиоксиданты, применение СВЧ-энергии для повышения пищевой ценности является актуальным направлением исследований.

СВЧ-нагрев плодов рябины и боярышника проводили при мощности 700 Вт с периодичностью 20 с. Для каждого образца плоды размещали на стеклянном поддоне в один слой. Протирание плодов осуществляли через сита с диаметром отверстий 1,2-0,8 мм.

При проведении экспериментальной работы с плодами рябины и боярышника объектом исследований явилось пюре, полученное из: свежих плодов (образец № 1), бланшированных (образец № 2) и после СВЧ-нагрева (образцы № 3-10; № 3-9). Плоды рябины и боярышника бланшировали в воде температурой 95 °С в течение 180 и 300 с соответственно.

Суммарное содержание антиоксидантов определялось по градуировочному графику, в качестве стандарта выступил кверцетин (рисунок 3.1). Содержание антиоксидантов в пюре из рябины без термической обработки, после бланширования и СВЧ-нагрева определяли по воспроизводимым дифференцированным выходным кривым (приложение Б, рисунок Б.1).

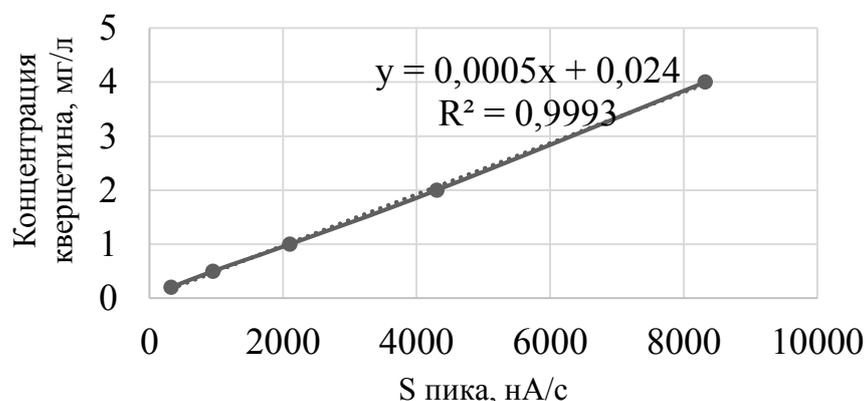


Рисунок 3.1 - Градуировочный график кверцетина

Результаты исследований влияния СВЧ-нагрева на физико-химические свойства рябинового пюре, в том числе изменение суммарного содержания антиоксидантов, представлены в таблице 3.2. Было проведено сравнение пюре из свежих плодов рябины, приготовленного традиционным способом с использованием бланширования, и пюре, полученного с использованием СВЧ-нагрева.

Таблица 3.2 - Влияние СВЧ-нагрева плодов рябины на ССА

№ п.п.	Время нагрева, с	Температура плодов, °С	Массовая доля сухих веществ, %	S пика, нА/с	ССА, мг/100г	ССА, мг/100г с.в.
Пюре из свежих плодов						
1	-	-	22,7±0,03	2740	76,7±0,1	337,9
Пюре из бланшированных плодов						
2	180	70	20,7±0,01	3536	76,8±0,01	371,0
Пюре из плодов после СВЧ-нагрева						
3	20	30	22,9±0,02	4825	96,6±0,02	421,8
4	40	50	23,9±0,1	5380	103,5±0,01	433,1
5	60	60	24,8±0,03	5664	109,4±0,1	441,1
6	80	70	26,0±0,1	6661	131,9±0,03	507,3
7	100	75	26,9±0,2	7152	136,2±0,01	506,3
8	120	80	27,8±0,03	6746	127,4±0,1	458,3
9	140	85	28,5±0,1	6257	123,3±0,04	432,6
10	160	90	29,2±0,1	6379	117,6±0,01	402,7

В процессе эксперимента, где плоды рябины были подвергнуты нагреванию до 70°C с использованием СВЧ-обработки, было установлено, что определенные параметры нагрева (мощность - 700 Вт, удельная работа - 560 Вт/г·с, время - 80 с) способствуют достижению максимального суммарного содержания антиоксидантов - 131,9 мг/100г (507,3 мг/100г с.в.), при массовой доле сухих веществ 26,0%.

Обработка плодов рябины при данном режиме СВЧ-нагрева приводит к

увеличению значения ССА в пюре рябины в 1,5 раза по сравнению с пюре из свежих плодов, и в 1,4 раза по сравнению с пюре, полученным после бланширования плодов.

Результаты определения массовой доли сухих веществ и суммарного содержания антиоксидантов в пюре из рябины, в зависимости от температуры нагрева, подвергались статистической обработке с помощью регрессионного анализа (рисунки 3.2, 3.3).

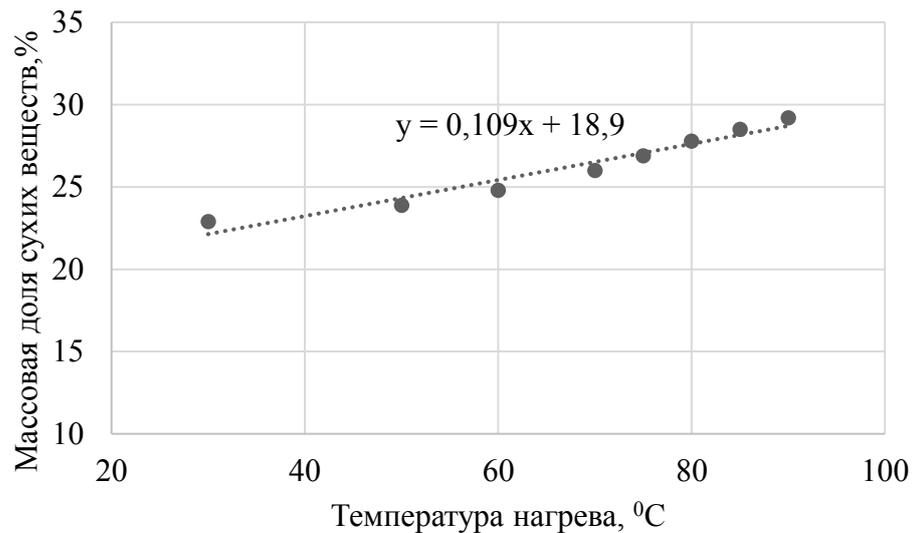


Рисунок 3.2 - График зависимости массовой доли сухих веществ в пюре от температуры нагрева плодов рябины

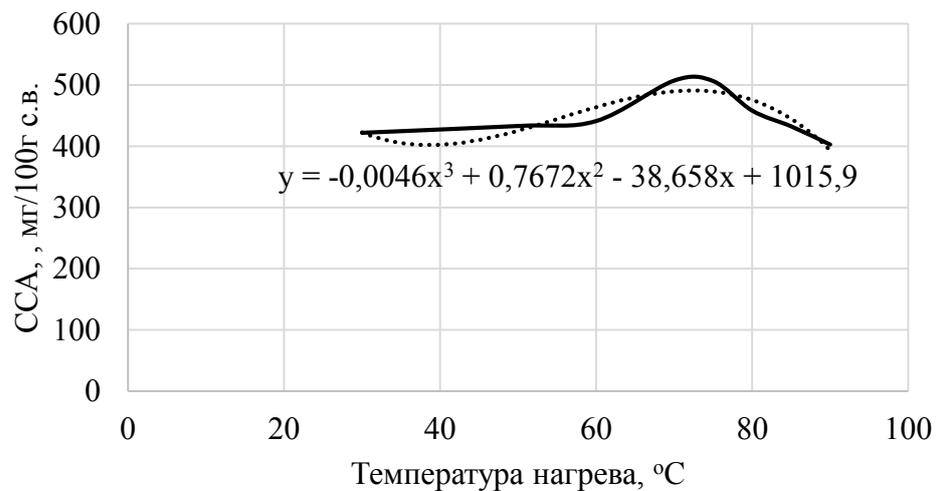


Рисунок 3.3 - График зависимости суммарного содержания антиоксидантов в пюре от температуры нагрева плодов рябины

Увеличение времени нагрева на 20-80 с и температуры внутри плодов рябины до 75-90°C привело к снижению значения ССА на 0,2-20,6%. В тоже время, массовая доля сухих веществ увеличилась на 0,9-3,2% по сравнению с пюре, полученным при удельной работе 560 Вт/г·с. Длительное воздействие СВЧ-нагрева и высокая температура внутри плодов привели к разрушению термолабильных антиоксидантов. Однако, значения ССА в образцах превышали в 1,4-1,1 раза значения свежих плодов и при традиционном бланшировании.

Для определения оптимальных параметров СВЧ-нагрева плодов рябины оценивали органолептические показатели качества опытных образцов пюре. Дегустация пюре из рябины, полученного с помощью традиционного бланширования и СВЧ-нагрева, проводилась по 10-ти балльной шкале (таблица 3.3).

Таблица 3.3 - Результаты дегустационной оценки образцов пюре из плодов рябины

№ п.п.	Время обработки, с	Внешний вид (K=0,4)	Вкус и запах (K=0,9)	Консистенция (K=0,4)	Цвет (K=0,3)	Итого баллов
Пюре из бланшированных плодов						
2	180	5,0/2,0	4,0/3,6	4,0/1,6	5,0/1,5	8,7
Пюре из плодов после СВЧ-нагрева						
3	20	5,0/2,0	4,0/3,6	4,0/1,6	3,0/0,9	8,1
4	40	5,0/2,0	4,0/3,6	4,0/1,6	4,0/1,2	8,4
5	60	5,0/2,0	4,0/3,6	4,0/1,6	4,0/1,2	8,4
6	80	5,0/2,0	5,0/4,5	5,0/2,0	5,0/1,5	10,0
7	100	5,0/2,0	5,0/4,5	5,0/2,0	5,0/1,5	10,0
8	120	5,0/2,0	4,0/3,6	4,0/1,6	5,0/1,5	8,7
9	140	4,0/1,6	3,0/2,7	3,0/1,2	4,0/1,2	6,7
10	160	4,0/1,6	2,0/1,8	3,0/1,2	4,0/1,2	5,8

* числитель - баллы, полученные при дегустационной оценке; знаменатель - баллы с учетом коэффициента значимости

По результатам дегустационной оценки опытных образцов по 10-балльной

шкале лучшими были признаны образцы после СВЧ-нагрева в течение 80 и 100 с соответственно. Внешний вид данных образцов представлен однородной пюреобразной массой, без частиц волокон, семян, кожицы; вкус и запах - ярко выраженные, свойственные рябине с легкой естественной горечью; консистенция - пюреобразная, более густая, текучая с небольшим отслаиванием жидкости розово-оранжевого цвета, цвет - красно-оранжевый.

Определена оптимальная удельная работа 560 Вт/г·с, при которой достигаются максимальные значения ССА, при оптимальных параметрах нагрева. Исследовано влияние различной мощности на ССА (таблица 3.4).

Таблица 3.4 - Влияние различной мощности СВЧ-нагрева плодов рябины на суммарное содержание антиоксидантов в пюре

Показатели	Свежие плоды (контроль)	Мощность, Вт				
		70	210	350	560	700
Время, с	-	800	280	160	100	80
Удельная работа, Вт/г ·с	-	560				
Влажность, %	77,3±0,03	74,8±0,02	74,6±0,02	74,5±0,1	74,4±0,03	74,0±0,1
Сухие вещества, %	22,7±0,03	25,2±0,02	25,4±0,1	25,5±0,03	25,6±0,02	26,0±0,02
ССА, мг/100г	76,7±0,1	102,9±0,1	110,8±0,02	113,4±0,1	115,6±0,03	131,9±0,03
ССА, мг/100г с.в.	337,9	408,3	436,2	444,7	451,6	507,3

Из полученных данных следует, что мощность оказывает влияние на время нагрева и содержание антиоксидантов в плодах рябины. При увеличении мощности с 70 до 700 Вт при постоянной удельной работе 560 Вт/г·с, время нагрева значительно сокращается. Например, при мощности 70 Вт, требуется 800 с для достижения оптимальной температуры 70°C, в то время как при мощности 700 Вт нагрев занимает всего 80 с, то есть происходит в 10 раз быстрее.

При мощности 700 Вт, максимальное содержание антиоксидантов составляет 131,9 мг/100г (507,3 мг/100г с.в.), в то время как при мощности 70 Вт это значение минимальное и составляет 102,9 мг/100г (408,3 мг/100г с.в.), что говорит об

увеличении содержания антиоксидантов в 1,5 и 1,2 раза соответственно, по сравнению со свежими плодами и образцами, которые были подвергнуты бланшированию. Относительно показателя влажности не было установлено существенных изменений, максимальная разница составила 0,8%. Результаты подчеркивают важность оптимальных параметров нагрева для достижения максимальной концентрации антиоксидантов в плодах рябины.

Содержание антиоксидантов в пюре из боярышника без термической обработки, после бланширования и СВЧ-нагрева определяли по воспроизводимым дифференцированным выходным кривым.

Таблица 3.5 содержит результаты исследования воздействия СВЧ-нагрева на физико-химические показатели боярышникового пюре, включая изменение общего содержания антиоксидантов. Было проведено сравнение между пюре, изготовленным из свежих плодов, с применением традиционной технологии (бланширование), и пюре, полученным с использованием СВЧ-нагрева.

Таблица 3.5 - Влияние СВЧ-нагрева плодов боярышника на ССА

№ п.п.	Время нагрева, с	Температура плодов, °С	Массовая доля сухих веществ, %	S пика, нА/с	ССА, мг/100г	ССА, мг/100г с.в.
Пюре из свежих плодов						
1	-	-	20,1±0,01	7064	64,0±0,1	318,4
Пюре из бланшированных плодов						
2	300	70	17,8±0,01	4825	67,7±0,1	380,3
Пюре из плодов после СВЧ-нагрева						
3	20	47	20,2±0,02	5852	79,2±0,03	392,1
4	40	64	21,3±0,1	5030	85,9±0,1	403,3
5	60	74	21,9±0,01	6025	143,3±0,01	654,3
6	80	76	22,3±0,1	4221	177,8±0,03	797,3
7	100	87	22,9±0,03	4827	204,3±0,1	892,1
8	120	90	24,8±0,01	2254	193,8±0,03	781,5
9	140	91	25,5±0,04	1661	147,9±0,1	580,0

Результаты исследований показывают, что плоды боярышника при нагреве

до 87 °С достигают оптимального содержания антиоксидантов и составляют 204,3 мг/100г (892,1 мг/100г с.в.), при массовой доли сухих веществ 22,9%. Использование подобранных параметров играет важную роль в достижении данных результатов. Рекомендуется использовать мощность 700 Вт, удельную работу 700 Вт/г·с и время нагрева в течение 100 с, что подтверждает не только важность правильного температурного режима, но и других факторов, которые могут оказывать влияние на содержание антиоксидантов в плодах боярышника.

При сравнении пюре из свежих плодов боярышника и пюре после традиционной обработки (бланширования) установили, что суммарное содержание антиоксидантов увеличивается в 2,8 и 2,4 раза соответственно.

Результаты определения массовой доли сухих веществ и суммарного содержания антиоксидантов в пюре из боярышника в зависимости от температуры нагрева подвергались статистической обработке с помощью регрессионного анализа (рисунки 3.4, 3.5).

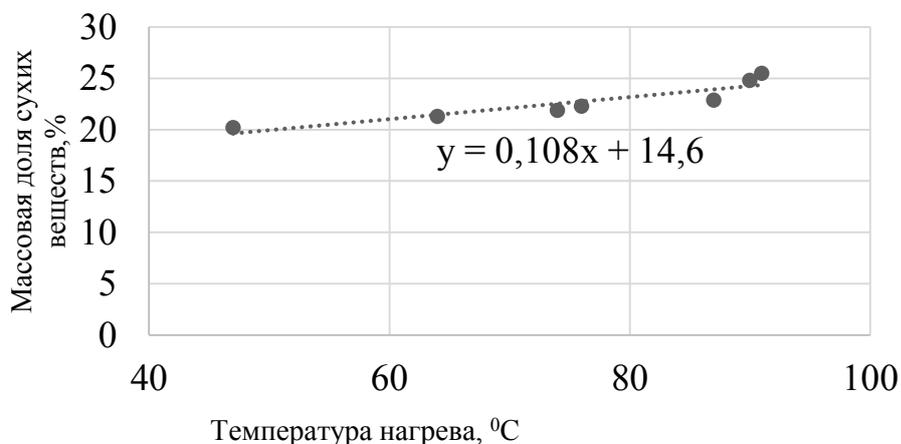


Рисунок 3.4 - График зависимости массовой доли сухих веществ в пюре от температуры нагрева плодов боярышника

При продолжительном СВЧ-нагреве до 120-140 °С с использованием мощности 700 Вт, температура плодов боярышника повышалась на 3-4 °С, а значения ССА уменьшились на 12,4-35,0%. Кроме того, содержание сухих веществ увеличилось на 1,9-2,6% по сравнению с пюре, полученным при оптимальной удельной работе 700 Вт/г·с.

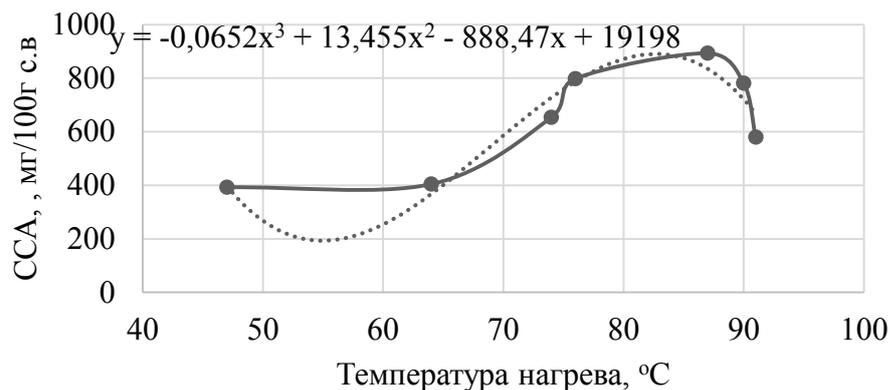


Рисунок 3.5 - График зависимости суммарного содержания антиоксидантов в пюре от температуры нагрева плодов боярышника

Для определения оптимальных параметров СВЧ-нагрева плодов боярышника оценивали органолептические показатели качества опытных образцов пюре. Дегустация пюре из боярышника, полученного с помощью традиционного бланширования и СВЧ-нагрева, проводилась по 10-ти балльной шкале (таблица 3.6).

Таблица 3.6 - Результаты дегустационной оценки образцов пюре из плодов боярышника

№ п.п.	Время обработки, с	Внешний вид (K=0,4)	Вкус и запах (K=0,9)	Консистенция (K=0,4)	Цвет (K=0,3)	Итого баллов
Пюре из бланшированных плодов						
2	300	4,0/1,6	5,0/4,5	4,0/1,6	5,0/1,5	9,2
Пюре из плодов после СВЧ-нагрева						
3	20	4,0/1,6	4,0/3,6	4,0/1,6	3,0/0,9	7,7
4	40	4,0/1,6	4,0/3,6	4,0/1,6	4,0/1,2	8,0
5	60	4,0/1,6	4,0/3,6	4,0/1,6	4,0/1,2	8,0
6	80	5,0/2,0	4,0/3,6	5,0/2,0	5,0/1,5	9,1
7	100	5,0/2,0	5,0/4,5	5,0/2,0	5,0/1,5	10,0
8	120	4,0/1,6	5,0/4,5	4,0/1,6	5,0/1,5	9,2
9	140	3,0/1,2	2,0/1,8	3,0/1,2	3,0/0,9	5,1

* числитель - баллы, полученные при дегустационной оценке; знаменатель - баллы с учетом коэффициента значимости.

Лучшим был признан образец после СВЧ-нагрева в течение 100 с. Внешний вид данного образца представлен однородной пюреобразной массой, без частиц волокон, косточек, кожицы; вкус и запах - ярко выраженные, свойственные боярышнику; консистенция - пюреобразная, более густая, текучая с небольшим отслаиванием жидкости розового цвета, цвет - кирпично-оранжевый.

Следующим этапом исследования стал нагрев плодов боярышника с использованием постоянной удельной работы 700 Вт/г·с с целью определения влияния мощности СВЧ-обработки на содержание ССА. Полученные результаты данного эксперимента приведены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 - Влияние различной мощности СВЧ-нагрева плодов боярышника на суммарное содержание антиоксидантов в пюре

Показатели	Свежие плоды (контроль)	Мощность, Вт				
		70	210	350	560	700
Время, с	-	1000	330	200	125	100
Удельная работа, Вт/г ·с	-	700				
Влажность, %	79,9±0,01	77,7±0,1	77,5±0,01	77,3±0,02	77,2±0,1	77,1±0,01
Сухие вещества, %	20,1±0,01	22,3±0,01	22,5±0,02	22,7±0,1	22,8±0,02	22,9±0,02
ССА, мг/100г	64,0±0,1	134,8±0,01	153,4±0,1	160,9±0,01	169,7±0,02	204,3±0,03
ССА, мг/100г <u>с.в.</u>	318,4	604,5	681,8	708,8	744,3	892,1

Увеличение мощности СВЧ-нагрева боярышника с 70 до 700 Вт приводит к значительному сокращению времени, необходимого для достижения температуры 87 °С внутри плода - в 10 раз. Таким образом, при использовании мощности 700 Вт плоды боярышника нагреваются в 10 раз быстрее, чем при мощности 70 Вт. Более того, при использовании мощности 700 Вт были достигнуты максимальные значения содержания антиоксидантов - 204,3 мг/100г (892,1 мг/100г с.в), что говорит о том, что более высокая мощность СВЧ-нагрева способствует увеличению содержания антиоксидантов в плодах боярышника. В сравнении с мощностью 70 Вт, при которой значения составляли 134,8 мг/100г (604,5 мг/100г с.в.) - это

существенное увеличение. Таким образом, повышение мощности СВЧ-нагрева боярышника до 700 Вт демонстрирует значительное сокращение времени нагрева и одновременное увеличение содержания антиоксидантов, что указывает на эффективность данного метода обработки. Сравнительно со свежими плодами, мощность нагрева влияет на увеличение содержания антиоксидантов в 1,9 раза (при 70 Вт) и 2,8 раза (при 700 Вт). Содержание сухих веществ (влажности) осталось практически неизменным, с незначительной разницей в 0,6%.

При проведении экспериментальной работы с капустой брокколи и перцем сладким объектом исследований явилось пюре, полученное из: свежих овощей (образец № 1), бланшированных (образец № 2) и после СВЧ-нагрева (образцы № 3-9; № 3-12). Бланширование капусты брокколи и перца сладкого проводили в воде температурой 95 °С в течение 480 и 600 с соответственно. Протираание овощей осуществляли через сита с диаметром отверстий 1,2-0,8 мм. СВЧ-обработку капусты проводили при мощности 700 Вт с периодичностью 30 с. Для каждого образца соцветия капусты размещали на стеклянном поддоне в один слой, добавляли воду в количестве 25% от массы сырья.

Суммарное содержание антиоксидантов определялось по градуировочному графику, в качестве стандарта выступил кверцетин (рисунок 3.6). Содержание антиоксидантов в пюре из капусты брокколи без термической обработки, после бланширования и СВЧ-нагрева определяли по воспроизводимым дифференцированным выходным кривым (приложение Б, рисунок Б.2).

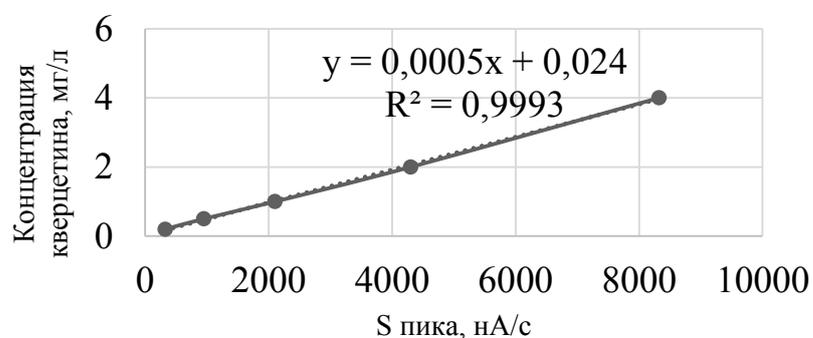


Рисунок 3.6 - Градуировочный график кверцетина

Следующим этапом стало определение оптимальных режимов СВЧ-нагрева для достижения максимального содержания антиоксидантов в пюре из брокколи.

Эксперимент показал, что при температуре 85°C было достигнуто максимальное увеличение суммарного содержания антиоксидантов, которое составило 153,7 мг/100г (1410,1 мг/100г с.в.) при влажности 89,1%.

Для достижения таких результатов были применены следующие параметры СВЧ-нагрева: мощность - 700 Вт, удельная работа - 1260 Вт/г·с и время обработки - 180 с. Параметры являются важными факторами, которые оказывают влияние на эффективность процесса и позволяют получить оптимальное содержание антиоксидантов в капусте брокколи. Таким образом, в результате проведенных исследований, были определены оптимальные условия СВЧ-нагрева, которые позволяют достичь максимального содержания антиоксидантов в пюре из капусты брокколи. Эти результаты имеют важное значение для разработки технологий обработки пищевых продуктов с использованием СВЧ-нагрева с целью сохранения и повышения их питательных свойств.

Разница значений ССА капусты брокколи после СВЧ-обработки со свежей и бланшированной составила 2,0 и 1,2 раза соответственно, что указывает на значимый эффект СВЧ-обработки в отношении сохранения антиоксидантных свойств капусты брокколи.

Влияние СВЧ-нагрева на физико-химические свойства пюре из капусты брокколи, в том числе изменение суммарного содержания антиоксидантов, представлено в таблице 3.8.

Таблица 3.8 - Влияние СВЧ-нагрева капусты брокколи на ССА

№ п.п.	Время нагрева, с	Температура, °С	Массовая доля сухих веществ, %	S пика, нА/с	ССА, мг/100г	ССА, мг/100г с.в.
Пюре из свежей капусты брокколи						
1	-	16	10,1±0,02	4449	71,0±0,01	703,0
Пюре из бланшированной капусты брокколи						
2	480	87	7,6±0,01	5182	87,8±0,02	1155,3
Пюре из капусты брокколи после СВЧ-нагрева						
3	30	60	8,5±0,01	5285	68,3±0,01	803,5
4	60	68	9,3±0,02	5402	86,4±0,1	929,0
5	90	72	9,7±0,1	5471	104,9±0,02	1081,4

6	120	78	10,3±0,1	5533	115,4±0,01	1120,4
7	150	80	10,7±0,02	6421	149,0±0,02	1392,5
8	180	85	10,9±0,01	7180	153,7±0,01	1410,1
9	210	88	13,1±0,03	5784	164,9±0,04	1258,8

Результаты определения массовой доли сухих веществ и суммарного содержания антиоксидантов в пюре из капусты брокколи в зависимости от температуры нагрева подвергались статистической обработке с помощью регрессионного анализа (рисунки 3.7, 3.8).

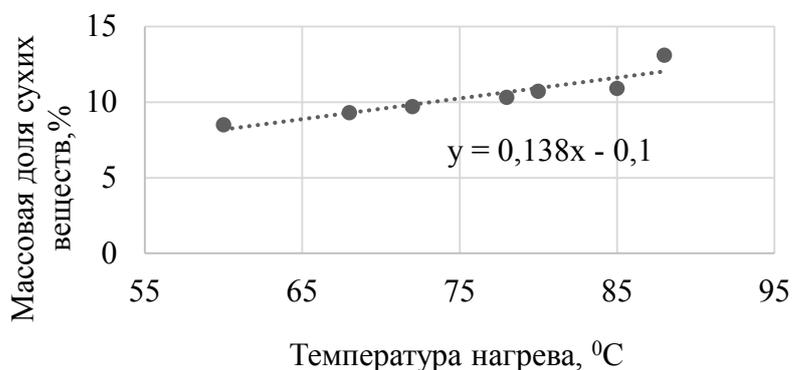


Рисунок 3.7 - График зависимости массовой доли сухих веществ в пюре от температуры нагрева капусты брокколи

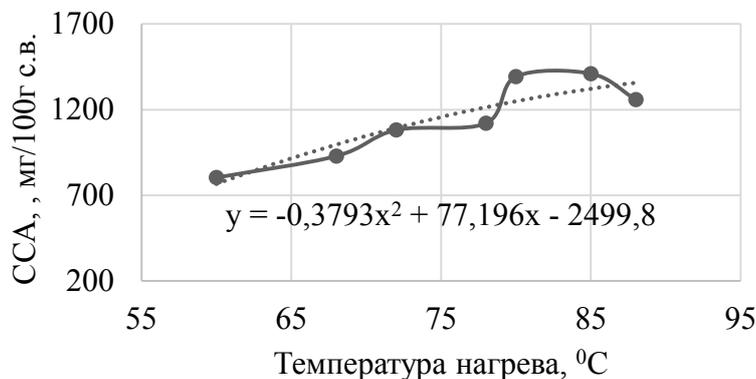


Рисунок 3.8 - График зависимости суммарного содержания антиоксидантов от температуры нагрева в пюре капусты брокколи

При проведении эксперимента с капустой брокколи было установлено, что при увеличении времени СВЧ-нагрева до 210 с и постоянной мощности 700 Вт происходят следующие изменения: температура капусты брокколи повышается на

3 °С, что указывает на эффективность нагрева и проникновение энергии в структуру плодов.

При увеличении времени нагрева при постоянной мощности 700 Вт происходят следующие изменения в образце капусты брокколи: значение ССА снижается на 10,7%, одновременно с увеличением содержания сухих веществ на 2,2%, что может свидетельствовать о потере влаги и возможной потере питательных веществ.

Эти изменения в температуре, ССА и содержании сухих веществ в образце капусты брокколи являются важными показателями при оптимизации процессов производства пищевых продуктов. Данные об увеличении времени нагрева, потере влаги и питательных веществ, помогут в выборе оптимального времени приготовления капусты брокколи, чтобы сохранить максимальное количество питательных веществ и предотвратить их потерю.

Была проведена оценка органолептических показателей качества опытных образцов пюре по 10-ти балльной шкале (таблица 3.9).

Таблица 3.9 - Результаты дегустационной оценки пюре из капусты брокколи

№ п.п.	Время обработки, с	Внешний вид (К=0,4)	Вкус и запах (К=0,9)	Консистенция (К=0,4)	Цвет (К=0,3)	Итого баллов
Пюре из бланшированной капусты						
2	480	4,0/1,6	4,0/3,6	4,0/1,6	5,0/1,5	8,3
Пюре из плодов после СВЧ-нагрева						
3	30	4,0/1,6	5,0/4,5	3,0/1,2	4,0/1,2	8,5
4	60	5,0/2,0	4,0/3,6	5,0/2,0	4,0/1,2	8,8
5	90	5,0/2,0	4,0/3,6	5,0/2,0	5,0/1,2	8,8
6	120	5,0/2,0	5,0/4,5	5,0/2,0	4,0/1,2	9,5
7	150	5,0/2,0	4,0/3,6	5,0/2,0	5,0/1,5	9,6
8	180	5,0/2,0	5,0/4,5	5,0/2,0	5,0/1,5	10,0
9	210	4,0/1,6	3,0/2,7	3,0/1,2	4,0/1,2	6,7

* числитель - баллы, полученные при дегустационной оценке; знаменатель - баллы с учетом коэффициента значимости.

По органолептическим показателям лучшим был признан образец пюре из

капусты брокколи после СВЧ-нагрева в течение 180 с. Внешний вид данного образца представлен однородной пюреобразной массой, без частиц волокон; вкус и запах - ярко выраженные, свойственные капусте брокколи; консистенция - плотная, пюреобразная, более густая, цвет - зеленый.

Далее было исследовано влияние различной мощности СВЧ-нагрева на общее содержание антиоксидантов в пюре. В эксперименте использовалась капуста брокколи, которая была подвергнута нагреву при постоянной удельной работе 1260 Вт/г·с. Результаты исследования представлены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 - Влияние различной мощности СВЧ-нагрева капусты брокколи на суммарное содержание антиоксидантов в пюре

Показатели	Свежая капуста (контроль)	Мощность, Вт				
		70	210	350	560	700
Время, сек	-	1800	600	360	225	180
Удельная работа, Вт/г · с	-	1260				
Влажность, %	89,9±0,01	89,4±0,01	89,4±0,1	89,4±0,02	89,2±0,04	89,1±0,01
Сухие вещества, %	10,1±0,02	10,6±0,03	10,6±0,01	10,6±0,01	10,8±0,1	10,9±0,01
ССА, мг/100г	71,0±0,01	116,4±0,1	128,7±0,01	145,1±0,02	179,6±0,03	153,7±0,01
ССА, мг/100г <u>с.в.</u>	703,0	1098,1	1214,2	1368,9	1663,0	1410,1

Полученные данные из таблицы 3.10 могут служить основой для разработки рекомендаций по выбору оптимальной мощности СВЧ-нагрева с целью сохранения максимального содержания антиоксидантов в различных продуктах. При исследовании обработки капусты брокколи с использованием постоянной удельной работы величиной 1260 Вт/г·с было установлено, что время, необходимое для обработки, зависит от мощности. Наблюдается линейная зависимость между временным интервалом и мощностью. Например, при использовании мощности 70 Вт время нагрева составляет 1800 с (30 мин), в то время как при мощности 700 Вт время сокращается до 180 с (3 мин).

Однако, изменения суммарного содержания антиоксидантов в зависимости от мощности отличаются от того, что происходило во фруктовом пюре. Наибольшее значение суммарного содержания антиоксидантов достигается при мощности 560 Вт и составляет 179,6 мг/100 г (1663,0 мг/100 г с.в.) при температуре 85°C. С другой стороны, минимальное значение ССА при использовании мощности 70 Вт, содержание антиоксидантов составляет 116,4 мг/100 г (1098,1 мг/100 г с.в.).

Полученные результаты указывают на важность выбора оптимальной мощности СВЧ-нагрева для достижения максимального содержания антиоксидантов в капусте брокколи.

Стоит отметить, что в сравнении со свежей капустой, содержание антиоксидантов в обработанной СВЧ капусте брокколи увеличивается в 1,6-2,4 раза. Изучение влияния различных мощностей СВЧ-нагрева на содержание антиоксидантов может быть полезным для оптимизации процессов приготовления пищевых продуктов, не только для капусты брокколи, но и для других овощей и фруктов.

СВЧ-нагрев перца сладкого проводили при мощности 700 Вт с периодичностью 30 с. Для каждого образца перец, нарезанный квадратиками, размещали на стеклянном поддоне в один слой. Суммарное содержание антиоксидантов в перце сладком определялось по градуировочному графику, в качестве стандарта выступил кверцетин.

Таблица 3.11 отображает результаты исследований, которые описывают влияние СВЧ-нагрева на физико-химические свойства пюре из перца сладкого, включая изменение суммарного содержания антиоксидантов. Было проведено сравнение свежего пюре из перца сладкого с пюре, полученным по традиционной технологии с применением бланширования и СВЧ-нагрева.

Результаты определения массовой доли сухих веществ и суммарного содержания антиоксидантов в пюре из перца в зависимости от температуры нагрева подвергались статистической обработке с помощью регрессионного анализа (рисунки 3.9, 3.10).

Таблица 3.11 - Влияние СВЧ-нагрева перца сладкого на ССА

№ п.п.	Время нагрева, с	Температура, °С	Массовая доля сухих веществ, %	S пика, нА/с	ССА, мг/100г	ССА, мг/100г с.в.
Пюре из свежего перца						
1	-	22	9,4±0,1	4872	174,7±0,01	1858,5
Пюре из бланшированного перца						
2	600	89	6,4±0,01	5124	143,8±0,02	2246,9
Пюре из перца после СВЧ-нагрева						
3	30	65	9,9±0,1	5227	184,8±0,1	1866,7
4	60	71	10,3±0,03	5374	200,1±0,02	1942,7
5	90	75	10,7±0,02	5678	221,3±0,1	2068,2
6	120	80	10,8±0,02	5874	241,3±0,01	2234,3
7	150	81	11,5±0,1	6014	276,3±0,02	2402,6
8	180	82	11,9±0,1	6245	307,8±0,03	2586,6
9	210	83	12,7±0,01	6378	350,2±0,02	2757,5
10	240	84	14,5±0,02	6578	411,4±0,01	2837,2
11	270	86	15,4±0,01	5978	369,4±0,02	2398,7
12	300	87	15,7±0,02	5302	294,9±0,01	1878,3

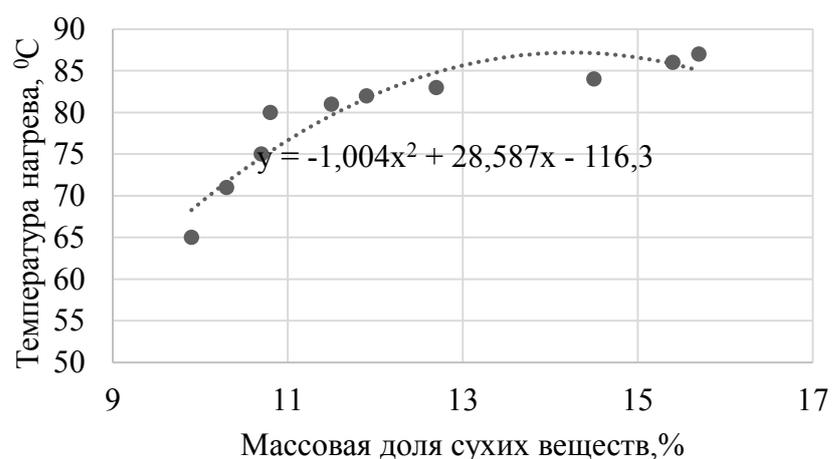


Рисунок 3.9 - График зависимости массовой доли сухих веществ в пюре от температуры нагрева перца сладкого

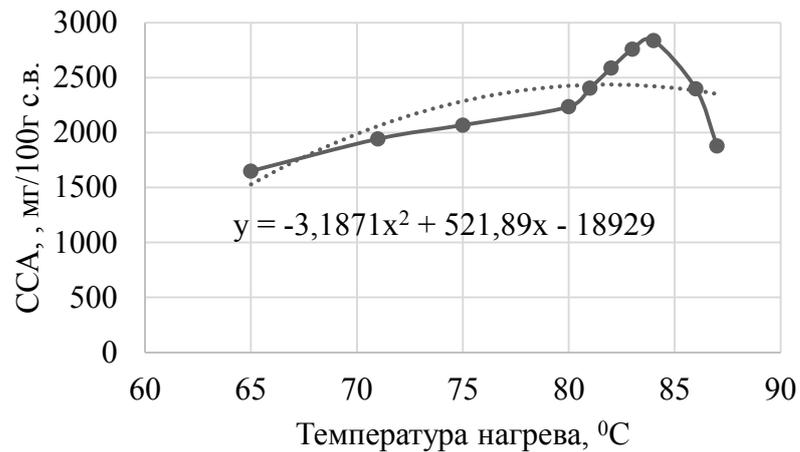


Рисунок 3.10 - График зависимости суммарного содержания антиоксидантов в пюре от температуры нагрева перца сладкого

Максимальное значение суммарного содержания антиоксидантов в перце достигается при определенных параметрах обработки продукта. Для их достижения необходима мощность СВЧ на уровне 700 Вт, удельная работа должна составлять 1680 Вт/г·с, время обработки продукта - 240 с.

Оптимальные параметры процесса обработки установлены при повышении температуры внутри перца до 84 °C, и массовой доли сухих веществ - 14,5%. При таких условиях будет достигнуто максимальное значение суммарного содержания антиоксидантов в перце, и составит 411,4 мг/100 г продукта или 2837,2 мг/100 г с.в.

Сравнительный анализ показал, что данный метод обработки перца превосходит по содержанию антиоксидантов пюре из свежего перца и пюре после традиционной обработки. Значение суммарного содержания антиоксидантов в перце после оптимальной обработки СВЧ увеличивается на 1,5 раза по сравнению с пюре из свежего перца и на 1,3 раза по сравнению с пюре после традиционной обработки.

Для определения оптимальных параметров СВЧ-нагрева перца оценивали органолептические показатели качества опытных образцов пюре. Дегустация пюре, полученного с помощью традиционного бланширования и СВЧ-нагрева, проводилась по 10-ти балльной шкале (таблица 3.12).

Оптимальным по органолептическим показателям качества был выбран

образец пюре перца сладкого после СВЧ-нагрева в течение 240 с. Внешний вид данного образца представлен однородной пюреобразной массой, без частиц волокон; вкус и запах - ярко выраженные, свойственные перцу сладкому; консистенция - плотная, пюреобразная, более густая, цвет - ярко-красный.

Таблица 3.12 - Результаты дегустационной оценки образцов пюре из перца сладкого

№ п.п.	Время обработки, с	Внешний вид (К=0,4)	Вкус и запах (К=0,9)	Консистенция (К=0,4)	Цвет (К=0,3)	Итого баллов
Пюре из бланшированного перца						
2	600	4,0/1,6*	4,0/3,6	4,0/1,6	5,0/1,5	8,3
Пюре из перца после СВЧ-нагрева						
3	30	4,0/1,6	5,0/4,5	3,0/1,2	4,0/1,2	8,5
4	60	4,0/1,6	4,0/3,6	4,0/1,6	5,0/1,5	8,3
5	90	5,0/2,0	4,0/3,6	5,0/2,0	4,0/1,2	8,8
6	120	5,0/2,0	4,0/3,6	5,0/2,0	5,0/1,2	8,8
7	150	5,0/2,0	4,0/3,6	5,0/2,0	5,0/1,5	9,1
8	180	5,0/2,0	5,0/4,5	5,0/2,0	4,0/1,2	9,5
9	210	5,0/2,0	4,0/3,6	5,0/2,0	5,0/1,5	9,6
10	240	5,0/2,0	5,0/4,5	5,0/2,0	5,0/1,5	10,0
11	270	4,0/1,6	3,0/2,7	3,0/1,2	4,0/1,2	6,7
12	300	3,0/1,2	2,0/1,8	2,0/0,8	3,0/0,9	4,7

* числитель - баллы, полученные при дегустационной оценке; знаменатель - баллы с учетом коэффициента значимости.

Далее исследовано влияние различной мощности СВЧ-нагрева на суммарное содержание антиоксидантов в пюре. Перец нагревали при постоянной удельной работе 1680 Вт/г·с. Результаты исследований представлены в таблице 3.13.

Проведенное исследование показало, что увеличение мощности СВЧ-нагрева перца сладкого до 700 Вт при постоянной удельной работе 1680 Вт/г·с приводит к значительному сокращению времени нагрева в 10 раз. Это означает, что использование более высокой мощности СВЧ-нагрева позволяет значительно сократить время, необходимое для готовности перца сладкого.

Таблица 3.13 - Влияние различной мощности СВЧ-нагрева перца сладкого на суммарное содержание антиоксидантов в пюре

Показатели	Свежий перец (контроль)	Мощность, Вт				
		70	210	350	560	700
Время, с	-	2400	800	480	300	240
Удельная работа, Вт/г · с	-	1680				
Влажность, %	90,6±0,01	85,9±0,02	85,8±0,01	85,8±0,01	85,7±0,02	85,5±0,03
Сухие вещества, %	9,4±0,1	14,1±0,02	14,2±0,03	14,2±0,02	14,3±0,01	14,5±0,02
ССА, мг/100г	174,7±0,01	286,7±0,1	319,7±0,02	404,1±0,1	447,7±0,02	411,4±0,01
ССА, мг/100г <u>с.в.</u>	1858,5	2033,3	2251,4	2845,8	3130,8	2837,2

Были выявлены оптимальные значения содержания антиоксидантов в перце при мощности 560 Вт. Содержание антиоксидантов составило 447,7 мг/100г (3130,8 мг/100г с.в.). С другой стороны, выявлены минимальные значения содержания антиоксидантов при мощности 70 Вт, которые составили 286,7 мг/100г (2033,3 мг/100г с.в.). Таким образом, использование низкой мощности СВЧ-нагрева может привести к снижению содержания антиоксидантов в перце. В сравнении с необработанным перцем (контрольным образцом) суммарное содержание антиоксидантов увеличивается в зависимости от мощности нагрева в 1,1 раза (при 70 Вт) и 1,7 раза (при 560 Вт). Это говорит о том, что СВЧ-нагрев имеет положительное влияние на содержание антиоксидантов в перце, и использование более высокой мощности СВЧ-нагрева может увеличить их содержание. Максимальная разница значений влажности составила 0,4%.

В ходе исследования влияния СВЧ-нагрева на растительные продукты, такие как рябина, боярышник, брокколи и перец сладкий, было установлено закономерное явление: мощность нагрева оказывает влияние на общее содержание антиоксидантов в продуктах. Чем ниже мощность нагрева, тем меньше увеличивается содержание антиоксидантов.

Одной из причин этого явления является уменьшение времени нагрева, одновременно с повышением мощности СВЧ-нагрева. При сокращении времени нагрева, термолабильные антиоксиданты сохраняются лучше, поскольку не успевают разрушиться, благодаря быстрой инактивации ферментов, которые обычно разрушают антиоксиданты в результате окисления. Таким образом, биологически активные соединения, такие как антиоксиданты, остаются в продуктах в значительном количестве при более высокой мощности нагрева.

Были получены регрессионные уравнения для каждого вида пюре, которые описывают зависимости между показателями содержания сухих веществ и антиоксидантов от значений температуры нагрева. Эти уравнения позволяют более точно прогнозировать изменения показателей ССА в продуктах при различных температурах нагрева.

Таким образом, определены оптимальные параметры СВЧ-нагрева, для:

- пюре из плодов рябины: мощность - 700 Вт, удельная работа - 560 Вт/г·с, время - 80 с;
- пюре из плодов боярышника: мощность - 700 Вт, удельная работа - 700 Вт/г·с, время - 100 с;
- пюре из капусты брокколи: мощность - 560 Вт, удельная работа - 1260 Вт/г·с, время - 225 с;
- пюре из перца сладкого: мощность - 560 Вт, удельная работа - 1680 Вт/г·с, время - 300 с.

При проведении экспериментальной работы с листьями мяты и шишками хмеля объектами исследований явились: № 1 - свежее сырье, № 2 - порошок, полученный конвективным способом сушки, № 3-7 - порошки, полученные сушкой в поле СВЧ. Листья мяты и шишки хмеля сушили в один слой до влажности 9-10%, обеспечивающей хрупкое состояние и перемалывали в порошок в молотковой дробилке.

Сушка листьев мяты в поле СВЧ выгодно отличает ее перед традиционным конвективным способом сушки. Следует отметить, что при сушке в поле СВЧ, несмотря на закономерный процесс термического разрушения термолабильных

физиологически активных ингредиентов, суммарное содержание антиоксидантов сохраняется на уровне выше, чем в образцах свежей мяты и порошке из мяты, высушенной конвективным способом, то есть в процессе воздействия энергии СВЧ высвобождается большее количество свободных антиоксидантов, чем их разрушается при сушке, эффективность которой обусловлена также меньшей продолжительностью по сравнению с традиционной сушкой.

Суммарное содержание антиоксидантов определялось по градуировочному графику (стандарт - кверцетин) (рисунок 3.11).

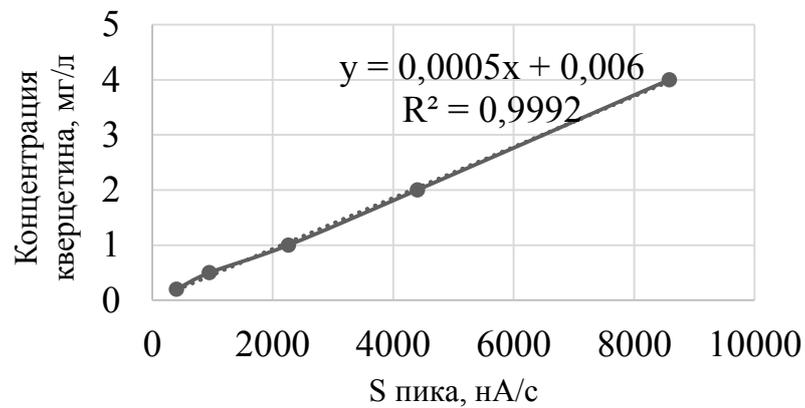


Рисунок 3.11 - Градуировочный график кверцетина

Содержание антиоксидантов в объектах исследования определяли по воспроизводимым дифференцированным выходным кривым (приложение Б, рисунок Б.3). Результаты эксперимента представлены в таблице 3.14.

Таблица 3.14 - Изменение суммарного содержания антиоксидантов (ССА) в порошках из листьев мяты, высушенных различными способами

№ п.п.	Наименование образца	Продолжительность сушки, с	S пика, нА/с	Массовая доля сухих веществ, %	ССА, мг/100г	ССА, мг/100г с.в.
1	Листья мяты свежей	-	3652	24,5±0,01	277,0±0,02	1130,6
2	Порошок из листьев мяты, высушенных конвективным способом (t=50 °С)	9000	5897	90,8±0,02	727,7±0,1	801,4

Порошки из листьев мяты, высушенных в поле СВЧ при мощности, Вт:						
3	700	1800	6147	90,5±0,02	1304,9±0,01	1441,9
4	560	2250	7135	90,3±0,1	1511,5±0,01	1673,9
5	350	3600	5927	90,1±0,01	1231,8±0,02	1367,1
6	210	6000	5199	89,9±0,03	1080,1±0,04	1201,4
7	70	18000	4578	90,2±0,02	475,6±0,01	527,3

Результаты определения суммарного содержания антиоксидантов в порошках из листьев мяты в зависимости от мощности СВЧ-нагрева подвергались статистической обработке с помощью регрессионного анализа (рисунок 3.12).

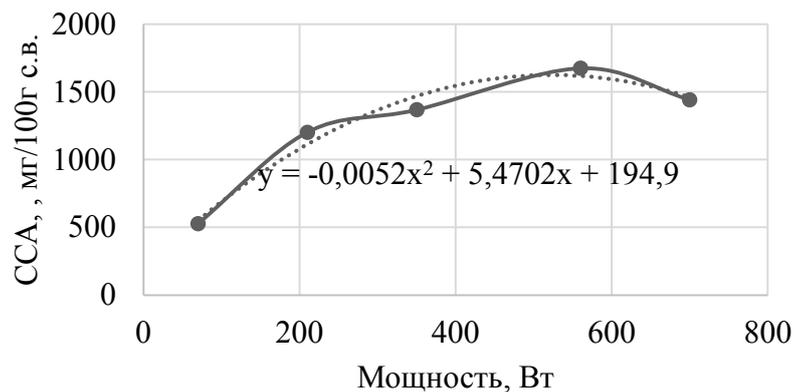


Рисунок 3.12 - График зависимости суммарного содержания антиоксидантов от мощности в порошках из листьев мяты, высушенных в поле СВЧ

Порошок из мяты, полученный при использовании мощности поля СВЧ 560 Вт, обладает высоким содержанием антиоксидантов по сравнению со свежей мятой и порошком из мяты, высушенным конвективным способом. Суммарное содержание антиоксидантов в этом порошке увеличилось в 1,5 и 2,1 раза соответственно. Порошок из мяты, полученный при сушке в поле СВЧ мощностью 560 Вт, содержит антиоксидантов 1511,5 мг/100 г продукта при влажности 9,7%.

Выявлено, что антиоксидантные свойства порошка из мяты зависят от мощности поля СВЧ, используемой при сушке. При использовании низкой

мощности СВЧ - 70 Вт, содержание антиоксидантов в порошке оказалось наименьшим 475,6 мг/100г (527,2 мг/100г с.в.). Это можно объяснить тем, что при низкой мощности листья мяты подвергались более продолжительному нагреву в течение 18000 с, что привело к разрушению термолабильных антиоксидантов.

Самым эффективным режимом сушки листьев мяты в поле СВЧ оказалось использование мощности 560 Вт в течение 2250 с. Именно при таких параметрах удалось достичь максимального значения ССА в порошке - 1673,8 мг/100г с.в. таким образом, использование высокой мощности СВЧ в сочетании с оптимальным временем сушки позволяет сохранить и даже увеличить содержание антиоксидантов в свободной форме в порошке из мяты по сравнению со свежим сырьем и традиционным способом сушки.

Для определения оптимальных параметров сушки листьев мяты, оценивали органолептические показатели качества опытных образцов порошков. Дегустация порошков из листьев мяты, высушенных конвективным способом и в поле СВЧ, проводилась по 10-ти балльной шкале (таблица 3.15).

Таблица 3.15 - Результаты дегустационной оценки образцов порошков из листьев мяты

№ п.п.	Продолжительность сушки, мин	Внешний вид (К=0,5)	Вкус (К=0,6)	Запах (К=0,5)	Цвет (К=0,4)	Итого баллов
Порошок из листьев мяты, высушенных конвективным способом						
2	150	4,0/2,0	5,0/3,0	5,0/2,5	4,0/1,6	9,1
Порошок из листьев мяты, высушенных в поле СВЧ						
3	30,5	5,0/2,5	5,0/3,0	4,0/2,0	5,0/2,0	9,5
4	38,1	5,0/2,5	5,0/3,0	5,0/2,5	5,0/2,0	10,0
5	61,0	5,0/2,5	4,0/2,4	5,0/2,5	5,0/2,0	9,4
6	101,7	4,0/2,0	3,0/1,8	4,0/2,0	4,0/1,6	7,4
7	305,0	2,0/1,0	3,0/1,8	3,0/1,5	3,0/1,2	5,5

* числитель - баллы, полученные при дегустационной оценке; знаменатель - баллы с учетом коэффициента значимости

Результаты органолептической оценки опытных образцов порошков, полученных из листьев мяты, высушенных различными способами, также показали, что образец порошка, полученного при сушке листьев мяты в поле СВЧ при мощности 560 Вт продолжительностью 2250 с, набрал максимальное количество баллов. Внешний вид данного порошка представлен однородной порошкообразной, сыпучей массой ярко зеленого цвета; запах - сильный, ароматный, свойственный мяте; вкус - слегка жгучий, охлаждающий.

Результаты эксперимента с шишками хмеля представлены в таблице 3.16.

Таблица 3.16 - Изменение суммарного содержания антиоксидантов (ССА) в порошках из шишек хмеля, высушенного различными способами

№ п.п.	Наименование образца	Продолжительность сушки, с	S пика, нА/с	Массовая доля сухих веществ, %	ССА, мг/100г	ССА, мг/100г с.в.
1	Шишки хмеля свежие	-	2975	26,3±0,02	95,9±0,01	363,1
2	Порошок из шишек хмеля, высушенных конвективным способом (t=50 °С)	5400	2245	91,2±0,01	223,3±0,02	244,8
Порошки из шишек хмеля, высушенных в поле СВЧ при мощности, Вт:						
3	700	780	6785	91,1±0,03	643,3±0,01	706,1
4	560	975	5374	91,1±0,02	596,5±0,01	654,8
5	350	1560	4215	91,0±0,03	457,5±0,1	502,7
6	210	2600	3478	90,9±0,02	404,3±0,02	444,8
7	70	7800	3157	90,9±0,04	324,7±0,01	357,2

Результаты определения суммарного содержания антиоксидантов в растительных объектах в зависимости от мощности подвергались статистической обработке с помощью регрессионного анализа (рисунок 3.13).

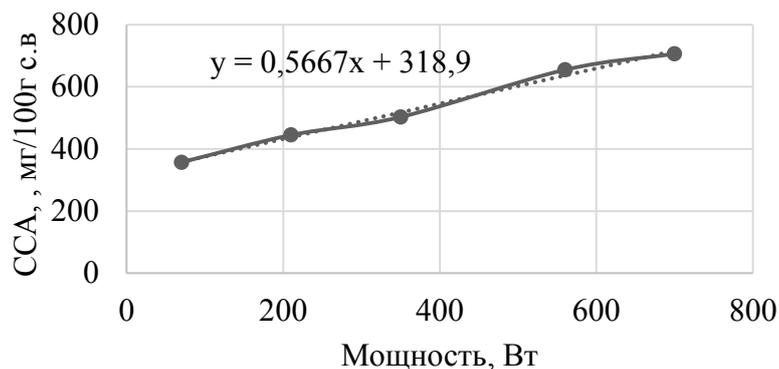


Рисунок 3.13 - График зависимости суммарного содержания антиоксидантов от мощности в порошках из шишек хмеля, высушенных в поле СВЧ

Сравнивая свежие и высушенные конвективным способом шишки хмеля, можно отметить, что содержание антиоксидантов в порошке из шишек хмеля, высушенных в поле СВЧ при мощности 700 Вт, значительно выше. Уровень антиоксидантов увеличивается в 1,9 и 2,9 раза по сравнению со свежими и высушенными шишками соответственно. Таким образом, содержание антиоксидантов в порошке составляет 643,3 мг/100г при влажности 8,9%. Это говорит о том, что использование метода высушивания шишек хмеля в поле СВЧ при мощности 700 Вт позволяет значительно увеличить их полезные свойства.

Тенденции по динамике суммарного содержания антиоксидантов в зависимости от мощности поля СВЧ схожи для шишек хмеля и листьев мяты. Минимальное значение ССА 324,7 мг/100г (357,2 мг/100г с.в.) в порошке из шишек хмеля получено при самой низкой мощности - 70 Вт, что обусловлено также более длительным нагревом шишек (7800 с). Наиболее эффективный режим сушки шишек хмеля в поле СВЧ обеспечивается при мощности 700 Вт в течение 780 с, при котором достигается максимальное значение ССА в порошке - 706,2 мг/100г с.в.

Для определения оптимальных параметров сушки шишек хмеля в поле СВЧ, оценивали органолептические показатели качества опытных образцов порошков. Дегустация порошков, полученных конвективным способом и в поле СВЧ, проводилась по 10-ти балльной шкале (таблица 3.17).

Таблица 3.17 - Результаты дегустационной оценки образцов

№ п.п.	Продолжительность сушки, мин	Внешний вид (K=0,5)	Вкус (K=0,6)	Запах (K=0,5)	Цвет (K=0,4)	Итого баллов
Порошок из шишек хмеля, высушенных конвективным способом						
2	90,0	4,0/2,0	5,0/3,0	4,0/2,0	4,0/1,6	8,6
Порошок из шишек хмеля, высушенных в поле СВЧ						
3	12,5	5,0/2,5	5,0/3,0	5,0/2,5	5,0/2,0	10,0
4	15,6	5,0/2,5	4,0/2,4	5,0/2,5	5,0/2,0	9,4
5	25,0	5,0/2,5	4,0/2,4	5,0/2,5	4,0/1,6	9,0
6	41,7	4,0/2,0	3,0/1,8	3,0/1,5	4,0/1,6	6,9
7	125,0	2,0/1,0	3,0/1,8	2,0/1,0	3,0/1,2	5,0

* числитель - баллы, полученные при дегустационной оценке; знаменатель - баллы с учетом коэффициента значимости

Результаты органолептической оценки опытных образцов порошков, полученных из шишек хмеля, высушенных в поле СВЧ при мощности 700 Вт продолжительностью 780 с набрал максимальное количество баллов. Внешний вид данного порошка представлен однородной порошкообразной, сыпучей массой золотистого цвета; запах - сильный, ароматный, свойственный хмелю; вкус - терпкий, слегка горьковатый.

Были разработаны регрессионные уравнения, которые описывают зависимость между содержанием антиоксидантов и значениями мощности в порошках из листьев мяты и шишек хмеля, высушенных с использованием СВЧ-обработки. Таким образом, определены оптимальные параметры сушки в поле СВЧ, для: листьев мяты: мощность - 560 Вт, удельная работа - $126 \cdot 10^2$ Вт/г·с, время – 2250 с; шишек хмеля: мощность - 700 Вт, удельная работа – $54,6 \cdot 10^2$ Вт/г·с, время – 780 с.

3.3 Определение качественного состава пектиновых веществ и количественного содержания антиоксидантов при оптимальных режимных параметрах СВЧ-обработки фруктов, овощей и трав

Для изучения влияния СВЧ-нагрева на содержание антиоксидантов в пюре из рябины, боярышника, капусты брокколи, перца сладкого и порошках из листьев мяты и шишек хмеля, было проведено исследование при оптимальных технологических режимах. В результате были измерены количественные показатели витамина С, флавоноидов (катехинов, антоцианов и флавонолов) и β -каротина до и после нагрева (таблицы 3.18-3.23).

В таблице 3.18 представлены результаты исследований, которые были проведены для изучения влияния СВЧ-нагрева на количественное содержание антиоксидантов в пюре из плодов рябины. Эти результаты позволяют оценить изменения в содержании антиоксидантов в зависимости от процесса СВЧ-нагрева плодов рябины.

Таблица 3.18 - Химический состав пюре из плодов рябины до СВЧ нагрева, после бланширования и СВЧ-нагрева при оптимальных параметрах

Наименование образцов	СВ, %	Витамин С		β -каротин		Флавоноиды					
						Антоцианы		Флавонолы		Катехины	
		мг/100г	мг/100г с.в.	мг/100г	мг/100г с.в.	мг/100г	мг/100г с.в.	мг/100г	мг/100г с.в.	мг/100г	мг/100г с.в.
Пюре из свежих плодов	22,7± 0,03	39,9± 0,01	175,7	3,5± 0,01	15,4	54,0± 0,02	237,9	135,1± 0,1	595,2	56,6± 0,01	249,4
Пюре из бланшированных плодов	20,7± 0,02	47,9± 0,02	231,2	4,8± 0,02	23,2	167,4± 0,01	808,8	166,6± 0,03	804,8	43,3± 0,02	209,3
Пюре из плодов после СВЧ-нагрева	26,0± 0,1	83,1± 0,1	319,7	6,1± 0,01	23,5	239,6± 0,1	921,7	241,6± 0,02	929,1	71,2± 0,1	274,0

Повышение антиоксидантной ценности пюре из плодов рябины после СВЧ-нагрева связано с увеличением витамина С, β -каротина, антоцианов, флавонолов и катехинов, содержание которых в пюре из свежих плодов составило соответственно, мг/100г (мг/100г с.в.): 39,9 (175,7), 3,5 (15,4), 54,0 (237,9), 135,1 (595,2), 56,6 (249,4), так их количество в пересчете на сухое вещество увеличивается соответственно в 1,8, 1,5, 3,9, 1,6, 1,1 раза по сравнению с пюре из свежих плодов и в 1,4, 1,01, 1,1, 1,2, 1,3 раза по сравнению с пюре из бланшированных плодов. В таблице 3.19 представлены результаты исследований, которые были проведены для изучения влияния СВЧ-нагрева на количественное содержание антиоксидантов в пюре из плодов боярышника.

Таблица 3.19 - Химический состав пюре из плодов боярышника до СВЧ нагрева, после бланширования и СВЧ-нагрева при оптимальных параметрах

Наименование образцов	СВ,%	Витамин С		β -каротин		Флавоноиды					
						Антоцианы		Флавонолы		Катехины	
		мг/100г	мг/100г с.в.	мг/100г	мг/100г с.в.	мг/100г	мг/100г с.в.	мг/100г	мг/100г с.в.	мг/100г	мг/100г с.в.
Пюре из свежих плодов	20,1±0,01	18,7±0,02	93,0	0,8±0,03	3,9	206,9±0,02	1029,4	118,6±0,01	589,9	86,1±0,02	428,6
Пюре из бланшированных плодов	17,8±0,01	17,7±0,01	99,4	0,9±0,01	4,8	113,1±0,01	635,6	106,0±0,1	595,5	139,4±0,1	783,1
Пюре из плодов после СВЧ-нагрева	22,9±0,1	24,5±0,1	107,1	1,1±0,02	4,9	367,8±0,01	1605,9	152,6±0,02	666,5	211,6±0,01	924,1

СВЧ-нагрев плодов боярышника, также как и в случае рябины, приводит к увеличению витамина С, β -каротина, антоцианов, флавонолов и катехинов, содержание которых в пюре из свежих плодов составило соответственно, мг/100г

(мг/100г с.в.): 18,7 (93,0), 0,8 (3,9), 206,9 (1029,4), 118,6 (589,9), 86,1 (428,6), их количество в пересчете на сухое вещество увеличивается соответственно в 1,2, 1,3, 1,6, 1,1, 2,2 раза по сравнению с пюре из свежих плодов и в 1,1, 1,02, 2,5, 1,1, 1,2 раза по сравнению с пюре из бланшированных плодов.

В таблице 3.20 представлены результаты исследований, проведенных для изучения влияния СВЧ-нагрева на количественное содержание антиоксидантов в пюре из капусты брокколи.

Таблица 3.20 - Химический состав пюре из капусты брокколи до СВЧ нагрева, после бланширования и СВЧ-нагрева при оптимальных параметрах

Наименование образцов	СВ,%	Витамин С		β-каротин		Флавоноиды					
		мг/100г	мг/100г с.в.	мг/100г	мг/100г с.в.	Антоцианы		Флавонолы		Катехины	
						мг/100г	мг/100г с.в.	мг/100г	мг/100г с.в.	мг/100г	мг/100г с.в.
Пюре из свежей капусты	10,1±0,02	85,7±0,1	848,7	0,4±0,02	3,6	11,9±0,02	118,0	26,8±0,1	265,7	0,5±0,1	4,7
Пюре из бланшированной капусты	7,6±0,01	68,0±0,02	894,8	0,3±0,03	3,8	2,7±0,1	35,4	20,7±0,02	272,7	0,9±0,02	11,8
Пюре из капусты после СВЧ-нагрева	10,8±0,1	119,2±0,03	1103,4	0,5±0,02	5,0	11,8±0,1	109,7	42,1±0,1	390,0	9,1±0,1	84,5

Количественное содержание антиоксидантов в пюре из капусты брокколи после СВЧ-нагрева свидетельствует, о том, что повышение антиоксидантной ценности не связано с антоцианами, так как их количество напротив незначительно снижается с 11,9 мг/100г (118,0 мг/100г с.в.) до 11,8 мг/100г (109,7 мг/100г с.в.). Для пюре из бланшированной капусты брокколи данный показатель соответствует значению 2,7 мг/100г (35,4 мг/100г с.в.), т.е. в 3 раза меньше, чем в пюре после СВЧ-нагрева.

Повышение антиоксидантной ценности пюре из капусты брокколи после СВЧ-нагрева обусловлено изменением содержания витамина С, β -каротина, флавонолов и катехинов, содержание которых в пюре из свежей капусты составило соответственно, мг/100г (мг/100г с.в.): 85,7 (848,7), 0,4 (3,6), 26,8 (265,7), 0,5 (4,7), так, их количество в пересчете на сухое вещество, увеличивается соответственно в 1,3, 1,4, 1,5, 18,0 раза по сравнению с пюре из свежей капусты в 1,2, 1,3, 1,4, 7,2 раза по сравнению с пюре из бланшированной капусты. Содержание антоцианов, напротив, снижается на 1,1 раза, однако сохранность по сравнению с бланшированием увеличивается в 1,1 раза.

В таблице 3.21 представлены результаты исследований, которые были проведены с целью изучения влияния СВЧ-нагрева на количественное содержание антиоксидантов в пюре из перца сладкого.

Таблица 3.21 - Химический состав пюре из перца сладкого до СВЧ-нагрева, после бланширования и СВЧ-нагрева при оптимальных параметрах

Наименование образцов	СВ, %	Витамин С		β -каротин		Флавоноиды					
						Антоцианы		Флавонолы		Катехины	
		мг/100г	мг/100г с.в.	мг/100г	мг/100г с.в.	мг/100г	мг/100г с.в.	мг/100г	мг/100г с.в.	мг/100г	мг/100г с.в.
Пюре из свежего перца	9,4± 0,02	284,9± 0,02	3031,1	3,4± 0,01	35,7	3,5± 0,02	37,4	39,3± 0,1	418,2	13,0± 0,03	138,3
Пюре из бланшированного перца	6,4± 0,01	151,3± 0,01	2363,8	2,9± 0,02	45,7	3,6± 0,3	56,2	31,9± 0,02	498,0	4,2± 0,01	66,4
Пюре из перца после СВЧ-нагрева	14,3±0 ,01	505,0± 0,01	3531,5	6,7± 0,1	46,8	9,4± 0,01	65,4	75,8± 0,01	530,4	12,4± 0,1	87,0

Повышение антиоксидантной ценности пюре из перца сладкого не связано с катехинами, так как их количество напротив снижается с 13,0 мг/100г (138,3) до

12,4 мг/100г (87,0 мг/100г с.в.). Для пюре из бланшированного перца данный показатель соответствует значению 4,2 мг/100г (66,4 мг/100г с.в.). Таким образом, содержание катехинов снижается в 1,6 раза, однако сохранность по сравнению с бланшированием увеличивается в 1,3 раза. Рост антиоксидантной ценности после СВЧ-нагрева связан с изменением содержания витамина С, β-каротина, антоцианов, флавонолов, содержание которых в пюре из свежего перца составило соответственно, мг/100г (мг/100г с.в.): 284,9 (3031,1), 3,4 (35,7), 3,5 (37,4), 39,3 (418,2), так, их количество в пересчете на сухое вещество, увеличивается соответственно в 1,2, 1,3, 1,8, 1,3 раза по сравнению с пюре из свежего перца и в 1,5, 1,02, 1,2, 1,1 раза по сравнению с пюре из бланшированного перца.

Результаты исследований влияния сушки листьев мяты в поле СВЧ и конвективным способом на количественное содержание антиоксидантов в полученном порошке представлены в таблице 3.22.

Таблица 3.22 - Химический состав порошка из листьев мяты, высушенных конвективным способом и в поле СВЧ

Наименование образцов	СВ, %	Витамин С		β-каротин		Флавоноиды					
						Антоцианы		Флавонолы		Катехины	
		мг/100г	мг/100г с.в.	мг/100г	мг/100г с.в.	мг/100г	мг/100г с.в.	мг/100г	мг/100г с.в.	мг/100г	мг/100г с.в.
Листья мяты	24,5± 0,01	58,4± 0,01	238,4	7,3± 0,02	29,9	104,6± 0,01	427,0	492,3± 0,02	2009,3	12,1± 0,01	49,4
Порошок из листьев мяты (конвективная сушка)	90,8± 0,02	124,9± 0,02	137,6	20,3± 0,01	22,4	185,0± 0,02	203,7	457,7± 0,01	504,1	39,3± 0,1	43,3
Порошок из листьев мяты (сушка в поле СВЧ)	90,3± 0,1	412,7± 0,1	457,0	28,9± 0,03	32,0	415,7± 0,1	460,4	2262,7± 0,01	2505,8	47,9± 0,02	53,1

Оценка количественного содержания антиоксидантов указывает на то, что

повышение антиоксидантной ценности в порошке из листьев мяты, высушенных в поле СВЧ связано с изменением содержания витамина С, β -каротина, антоцианов, флавонолов и катехинов, содержание которых в свежих листья составило соответственно, мг/100г (мг/100г с.в.): 58,4 (238,4), 7,3 (29,9), 104,6 (427,0), 492,3 (2009,3), 12,1 (49,4), так, их количество в пересчете на сухое вещество, увеличивается соответственно в 1,9, 1,1, 1,1, 1,3, 1,1 раза по сравнению со свежими листьями мяты и в 3,3, 1,4, 2,3, 5,0, 1,2 раза по сравнению с порошком из листьев мяты, высушенных конвективным способом.

Результаты исследования влияния сушки шишек хмеля в поле СВЧ и конвективным способом на количественное содержание антиоксидантов в полученном порошке, представлены в таблице 3.23.

Таблица 3.23 - Химический состав порошка из шишек хмеля, высушенных конвективным способом и в поле СВЧ

Наименование образцов	СВ,%	Витамин С		β -каротин		Флавоноиды					
						Антоцианы		Флавонолы		Катехины	
		мг/100г	мг/100г с.в.	мг/100г	мг/100г с.в.	мг/100г	мг/100г с.в.	мг/100г	мг/100г с.в.	мг/100г	мг/100г с.в.
Шишки хмеля	26,3± 0,02	12,8± 0,1	48,7	0,6± 0,02	2,3	206,4± 0,1	784,9	72,1± 0,1	274,1	61,1± 0,01	232,4
Порошок из шишек хмеля (конвективная сушка)	91,2± 0,01	21,2± 0,02	23,2	1,6± 0,03	1,7	111,0± 0,02	121,7	113,0± 0,01	123,9	127,4± 0,02	139,7
Порошок из шишек хмеля (сушка в поле СВЧ)	91,1± 0,03	35,2± 0,04	38,6	2,3± 0,1	2,5	367,2± 0,1	403,1	312,0± 0,02	342,5	429,9± 0,1	471,9

Рост антиоксидантной ценности в порошке из шишек хмеля, высушенных в поле СВЧ связан с количественным изменением β -каротина, флавонолов и катехинов, содержание которых в свежих шишках составило соответственно,

мг/100г (мг/100г с.в.): 0,6 (2,3), 72,1 (274,1), 61,1 (232,4), так, их количество по сухому веществу, увеличивается соответственно в 1,1, 1,3, 2,0 раза по сравнению со свежими шишками хмеля и в 1,5, 2,8, 3,4 раза по сравнению с порошком из шишек, высушенных конвективным способом. Содержание витамина С и антоцианов в порошке из шишек хмеля, высушенных в поле СВЧ, напротив, снижается в 1,3 и 2,0 раза соответственно по сравнению со свежим сырьем, однако сохранность по сравнению с конвективным (традиционным) способом сушки увеличивается в 1,7 и 3,3 раза.

Повышение антиоксидантной ценности растительных объектов, может быть обусловлено рядом физико-химических процессов, протекающих в процессе воздействия энергии СВЧ. При нагревании растительного материала до 50 °С активизируются окислительные ферменты, вызывающие разрушение флавоноидов и витамина С. Дальнейшее повышение температуры вызывает разрушение ферментов, инактивация которых происходит при температуре 70 °С, стабилизируется окраска, что наилучшим образом влияет на органолептические свойства. Следует отметить, что положительный эффект СВЧ-нагрева обусловлен тем, что достижение температуры 70 °С растительным материалом, на примере плодов рябины и боярышника, происходит соответственно за 80 и 60 с, тогда как при бланшировании за 180 и 300 с, таким образом применение СВЧ-нагрева позволяет в максимальном количестве сохранить водорастворимые антиоксиданты, которые в отличие от β -каротина, термонестабильны, о чем свидетельствуют полученные результаты исследований.

Воздействие энергии СВЧ на растительные объекты приводит к ряду изменений в их клеточной структуре и химическом составе. Одним из основных эффектов является плазмолиз - разложение, отделение протопласта от клеточной стенки. Энергия СВЧ также вызывает разрушение клеток, особенно протопектинов и структурного белка экстенсина клеточных стенок. Это приводит к повышению проницаемости материала и его мацерации - размягчению.

В результате воздействия СВЧ-энергии на растительные клетки нарушаются обменные взаимосвязи между их компонентами. Происходят разрывы клеточных

мембран, что меняет роль клеточной жидкости центральной вакуоли. В этой жидкости содержатся растворимые в воде антиоксиданты, такие как витамин С и флавоноиды. Увеличение концентрации этих антиоксидантов происходит вследствие повышения коэффициента внутренней диффузии в клетках.

СВЧ-нагрев растительного сырья также способствует переходу нерастворимых форм пектина в растворимые. Это объясняется увеличением проницаемости клеточных мембран под воздействием СВЧ-энергии. В результате проведенных исследований было выявлено влияние СВЧ-обработки на состав пектиновых веществ в растительных объектах. Количественный и качественный состав пектиновых веществ представлен в таблице 3.24.

Таблица 3.24 - Влияние оптимальных технологических параметров СВЧ-нагрева на количественный и качественный состав пектиновых веществ в растительном сырье

Наименование образцов	Вид обработки	СВ, %	Массовая доля водорастворимых пектинов		Массовая доля протопектинов		Пектиновые вещества	
			г/100г	г/100г с.в.	г/100г	г/100г с.в.	г/100г	г/100г с.в.
Рябина	свежая	22,7±0,03	0,7±0,1	2,9	0,7±0,04	3,3	1,4±0,1	6,2
	СВЧ-нагрев	26,0±0,1	0,9±0,01	3,6	0,6±0,1	2,4	1,5±0,01	6,0
Боярышник	свежий	20,1±0,01	0,3±0,04	1,6	2,4±0,01	11,8	2,7±0,04	13,4
	СВЧ-нагрев	22,9±0,1	0,7±0,1	3,0	2,4±0,03	10,4	3,1±0,1	13,4
Капуста брокколи	свежая	10,1±0,02	0,2±0,03	1,7	0,2±0,1	1,9	0,4±0,1	3,6
	СВЧ-нагрев	10,8±0,1	0,2±0,1	2,2	0,2±0,01	1,5	0,4±0,01	3,7
Перец сладкий	свежий	9,4±0,1	0,3±0,1	3,2	1,0±0,1	10,3	1,3±0,01	13,5
	СВЧ-нагрев	14,3±0,01	0,8±0,03	5,5	1,2±0,1	8,3	2,0±0,1	13,8
Листья мяты	свежие	24,5±0,01	0,3±0,03	1,4	0,7±0,1	2,9	1,0±0,01	4,3
	сушка в поле СВЧ	90,3±0,1	1,7±0,01	1,9	2,1±0,03	2,3	3,8±0,01	4,2
Шишки хмеля	свежие	26,3±0,03	1,4±0,02	5,4	1,1±0,01	4,2	2,5±0,02	9,6
	сушка в поле СВЧ	91,1±0,01	5,8±0,02	6,4	3,1±0,02	3,4	8,9±0,03	9,8

Результаты исследований показали, что СВЧ-нагрев приводит к изменениям в содержании пектиновых веществ в пюре. Общее содержание пектиновых веществ

в рябине, боярышнике, капусте брокколи, перце сладком, мяте, шишках хмеля до и после СВЧ-нагрева составило в г/100г (г/100г с.в.) соответственно составило: 1,4 (6,2) и 1,5 (6,0); 2,7 (13,4) и 3,1 (13,4); 0,4 (3,6) и 0,4 (3,7); 1,3 (13,5) и 2,0 (13,8); 1,0 (4,3) и 3,8 (4,2); 2,5 (9,6) и 8,9 (9,8).

После нагрева плодов рябины, происходит увеличение водорастворимого пектина с 46,8% до 60,0% от суммарного содержания пектинов и соответствует значению 3,6 г/100г с.в., количество протопектина снижается с 53,2% от суммарного содержания пектинов до 40% и соответствует значению 2,4 г/100г с.в.

Аналогичные изменения наблюдаются и в пюре из плодов боярышника. После СВЧ-нагрева количество водорастворимого пектина повышается с 11,9 до 22,4% от общего содержания, достигая значения 3,0 г/100г с.в. Также уменьшается доля протопектина с 88,1% от суммарного содержания пектинов до 77,6% и соответствует значению 13,4 г/100г с.в.

В ходе исследования воздействия СВЧ-нагрева на капусту брокколи были установлены изменения в составе пектиновых веществ. Согласно полученным данным, обработка СВЧ-нагревом привела к увеличению содержания водорастворимого пектина в капусте брокколи с 47,2% до 59,5% от общего содержания пектинов. Это означает, что после обработки СВЧ-нагревом, каждые 100 г с.в. капусты брокколи будут содержать 2,2 г водорастворимого пектина. Одновременно с увеличением содержания водорастворимого пектина, произошло снижение количества протопектина с 52,8% до 40,5%. После обработки СВЧ-нагревом, каждые 100 г с.в. капусты брокколи будут содержать 1,5 г протопектина.

В пюре из перца сладкого после СВЧ-нагрева содержание водорастворимого пектина равняется значению 5,5 г/100г с.в., протопектина - 8,3 г/100г с.в., таким образом процентное соотношение первого меняется с 23,7% до 39,9% от суммарного содержания пектинов, второго - с 76,3% до 60,1%.

Аналогичные изменения в составе пектиновых веществ были установлены при использовании сушки в поле СВЧ. После такой обработки, содержание водорастворимого пектина увеличилось с 32,6% до 45,2%, составляя 1,9 г/100г с.в. Одновременно количество протопектина снизилось с 67,4% до 54,8%, что

соответствует значению 3,8 г/100г с.в.

Также стоит отметить, что при сушке в поле СВЧ шишки хмеля подвергаются схожим изменениям в составе пектиновых веществ. Доля водорастворимого пектина увеличивается с 56,3% до 43,8%, достигая значения 6,4 г/100г с.в. В тоже время, количество протопектина снижается с 65,3% до 35,4%, составляя 3,4 г/100г с.в. Результаты подтверждают эффективность сушки в поле СВЧ для изменения состава пектиновых веществ.

Полученные результаты указывают на то, что СВЧ-нагрев оказывает влияние на состав и структуру пектиновых веществ в пюре и порошках. Увеличение содержания водорастворимого пектина для применения в хлебопечении актуально, так как этот компонент имеет свойства связывать воду, улучшать текстуру и структуру пищевых продуктов, снижение содержания протопектина также окажет положительный эффект, так как этот компонент придает густоту и упругость тесту.

Таким образом, СВЧ-нагрев может быть использован как метод для изменения качественного состава и количественного соотношения пектиновых веществ в пюре и порошках, что имеет важное значение для пищевой промышленности, так как пектиновые вещества являются важными компонентами в пищевых продуктах и могут влиять на их текстуру, структуру и функциональные свойства. Пюре и порошки по новой технологии рекомендуются для использования в технологии фруктовых и овощных паст.

3.4 Разработка рецептур и технологий фруктовой и овощной паст с повышенным содержанием природных антиоксидантов с применением СВЧ-обработки

В результате исследований разработаны рецептуры и технологии фруктовой и овощной паст. Технологический процесс производства фруктовой пасты из пюре рябины, боярышника и порошка из листьев мяты с применением СВЧ-нагрева

изображен на рисунке 3.14.

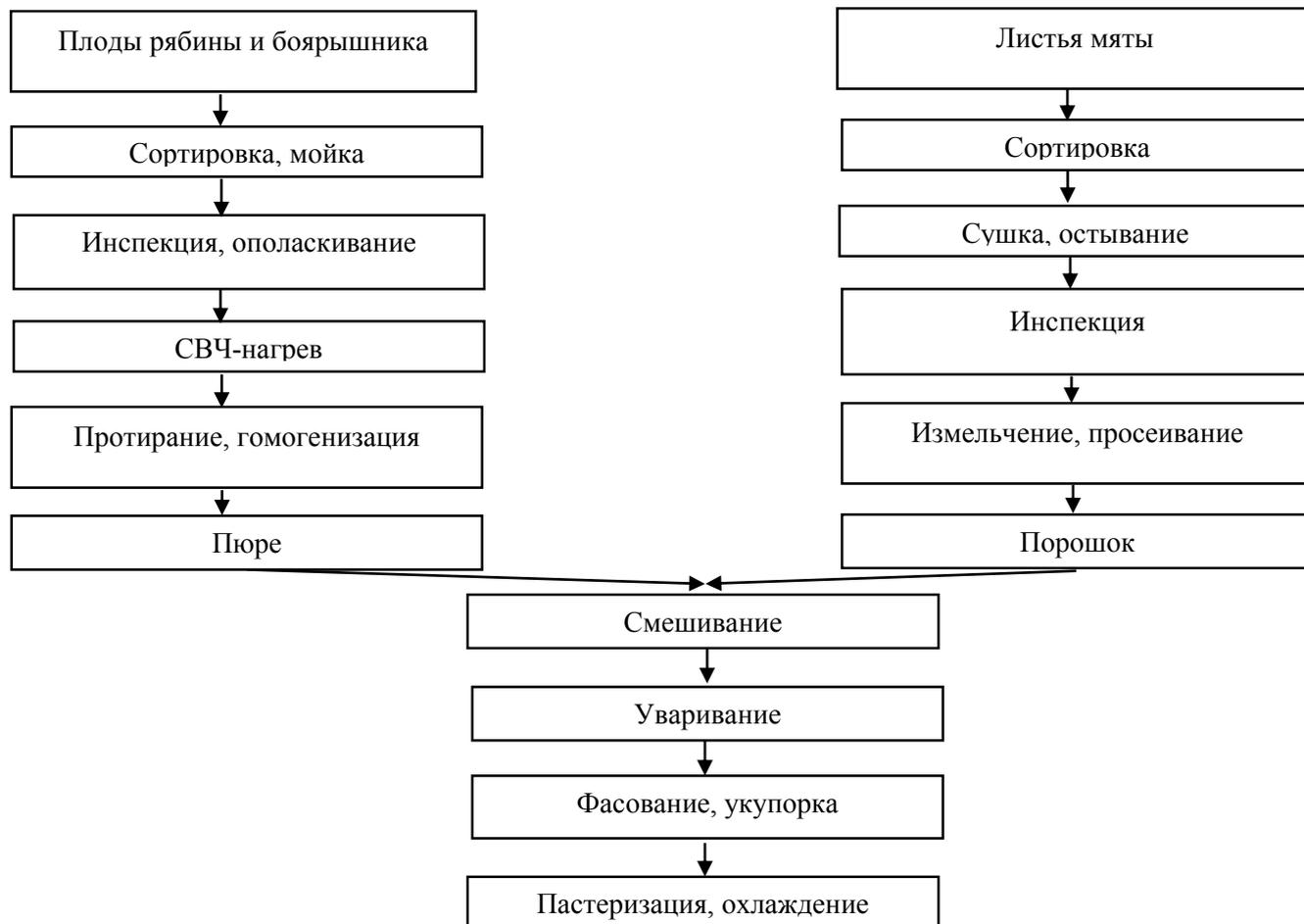


Рисунок 3.14 - Технологическая схема производства фруктовой пасты

Для производства фруктовой пасты используются следующие ингредиенты: пюре из плодов рябины и боярышника, порошок из листьев мяты. Технологический процесс производства фруктовой пасты заключается в следующем: плоды отделяются от веточек, сортируются по качеству, моются в чистой проточной воде с применением соответствующих моечных машин, например моечно-встряхивающей (вибрационной) машины, далее инспектируются, удаляются непригодные экземпляры и посторонние примеси, а затем ополаскиваются под водяным душем, затем подготовленные плоды направляются в СВЧ установку для нагрева при установленном оптимальном режиме, после чего размягченные плоды протираются на протирочных машинах с диаметром отверстий сит № 1 - 1,2 мм и № 2 - 0,8 мм с целью отделения мякоти от кожицы, семян, косточек и получения пюре, которое гомогенизируется, затем пюре из боярышника в количестве 57 кг,

рябины 38 кг смешиваются, добавляется 5 кг порошка из листьев мяты, высушенной в поле СВЧ при оптимальном режиме, полученную массу пасты уваривают в вакуум-аппарате до содержания СВ не менее 25%, фасуют в стеклянные банки горячим розливом: в стеклянные банки емкостью до 3 л включительно - с температурой не ниже 85 °С, более 3 л - не ниже 95 °С, укупоривают лакированными крышками и не позже чем через 30 мин подвергают пастеризации в течение 20 мин при значении давления в автоклаве 1,5 кг·с/см² (150 кПа), температуре 98 °С и охлаждению.

Технологический процесс производства овощной пасты из пюре капусты брокколи, перца сладкого и порошка из шишек хмеля с применением СВЧ-нагрева изображен на рисунке 3.15

Для производства овощной пасты используются следующие ингредиенты: пюре из капусты брокколи и перца сладкого, порошок из шишек хмеля.

Технологический процесс производства овощной пасты заключается в следующем:

Перец моется в вентиляторных моечных машинах с ополаскиванием на выходе, далее очищается от плодоножки и семян на машине для очистки перца от плодоножки и семян, ополаскивается под душем, головка капусты очищается от листьев, разрезается на отдельные соцветия, промывается под душем, перец нарезается в овощерезательной машине на квадратики размером 1x1 см, далее подготовленные овощи поступают на инспекционный транспортер, где проводится доочистка, отбираются плоды перца и соцветия капусты недоброкачественные, пораженные болезнями, сельскохозяйственными вредителями. Нарезанный перец и соцветия капусты направляются в СВЧ-установку для нагрева при оптимальных режимах (в случае с капустой брокколи добавляется вода в количестве 25% от массы сырья). Размягченные кусочки перца и соцветия капусты направляются в протирающую машину с диаметром отверстий сит № 1 - 1,2 мм и № 2 - 0,8 мм с целью получения пюре, которое дополнительно гомогенизируется.

Полученное пюре из перца сладкого в количестве 57 кг, капусты брокколи - 38 кг смешиваются, добавляется 5 кг порошка из шишек хмеля, высушенного в

поле СВЧ при оптимальном режиме, полученную массу пасты уваривают в вакуум-аппарате до содержания сухих веществ не менее 25%. Паста фасуется в стеклянные банки горячим розливом, как описано выше, укупоривается лакированными крышками и стерилизуется в автоклаве при следующем режиме: давление - 1,5 кг·с/см² (150 кПа), температура - 115 °С, время - 40 мин. Температура овощного пюре по окончании процесса стерилизации не должна превышать 35 °С.

В случае, если содержание сухих веществ в исходных фруктах и овощах обеспечивает на выходе значение данного показателя в готовой пасте не ниже 25%, технологическая операция вакуумирования исключается.

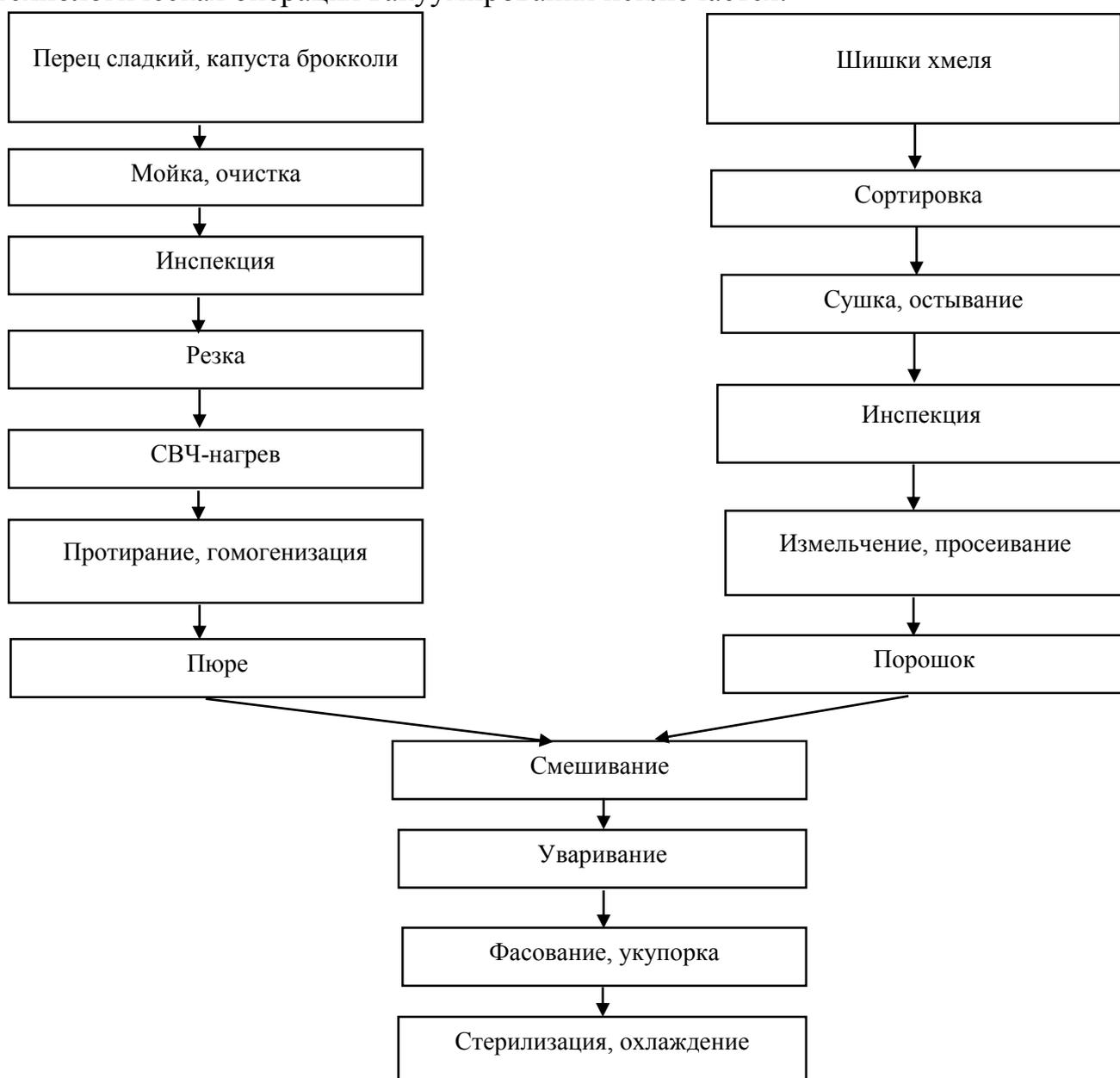


Рисунок 3.15 - Технологический процесс производства овощной пасты

Для определения оптимального %-го соотношения ингредиентов в фруктовой и овощной пастах, исследовали их качество по органолептическим показателям (по 10-ти балльной шкале), вязкости и антиоксидантной ценности при различных вариациях, представленных в таблице 3.25 и 3.26.

В основу разработанного нового вида фруктовой пасты легло следующее рецептурное соотношение ингредиентов, при котором достигается максимальная антиоксидантная ценность: пюре из боярышника 57 кг, пюре из рябины 38 кг, порошок из листьев мяты - 5 кг.

Таблица 3.25 - Рецептуры и показатели качества опытных образцов паст из пюре боярышника, рябины и порошка из листьев мяты

№ п/п	Процентное соотношение рецептурных ингредиентов (пюре рябины/пюре боярышника/порошок из листьев мяты)	Баллы органолептической оценки	Вязкость, Па·с	ССА, мг/100г
1	38/57/5	10,0±0,00	190±1,33	175,3±0,03
2	47,5/47,5/5	9,7±0,10	157±1,67	168,1±0,01
3	57/38/5	9,1±0,03	123±1,00	160,9±0,02

В основу разработанного нового вида овощной пасты легло следующее рецептурное соотношение ингредиентов, при котором достигается максимальная антиоксидантная ценность: пюре из перца сладкого - 57 кг, пюре из капусты брокколи - 38 кг, порошок из шишек хмеля - 5 кг.

Таблица 3.26 - Рецептуры и показатели качества опытных образцов паст из пюре перца сладкого, капусты брокколи и порошка из шишек хмеля

№ п/п	Процентное соотношение рецептурных ингредиентов (пюре перца/пюре капусты брокколи/порошок из шишек хмеля)	Баллы органолептической оценки	Вязкость, Па·с	ССА, мг/100г
1	38/57/5	8,7±0,03	228±1,33	286,8±0,03
2	47,5/47,5/5	9,5±0,02	187±1,33	313,7±0,04
3	57/38/5	10,0±0,00	113±2,33	340,5±0,1

На производство новых полуфабрикатов в ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ разработана и утверждена нормативно-техническая документация: СТО 00493534-001-2021 «Пасты: фруктовая и овощная» (приложение Д).

3.5 Определение показателей качества фруктовой и овощной паст, обоснование сроков их годности

С целью обоснования применения фруктовой и овощной паст, произведенных по новой технологии с применением СВЧ-нагрева, в технологии продуктов питания, в том числе хлебобулочных изделий функционального назначения, были исследованы их пищевая, энергетическая ценности и степень удовлетворения физиологической потребности, представленные в таблице 3.27.

Таблица 3.27 - Пищевая и энергетическая ценность фруктовой и овощной паст (на 100 г полуфабриката)

Показатель	Наименование паст			
	фруктовая (пюре рябины/пюре боярышника/порошок из листьев мяты)		овощная (пюре перца/пюре капусты брокколи/порошок из шишек хмеля)	
	содержание пищевых веществ	доля удовлетворения физиологических потребностей, %	содержание пищевых веществ	доля удовлетворения физиологических потребностей, %
Белок, г	1,98±0,02	2,64	3,82±0,01	5,09
Жиры, г	4,82±0,01	10,38	2,79±0,02	3,28
Углеводы, г	10,40±0,01	2,85	9,23±0,01	2,52
Массовая доля сухих веществ, %	27,49±0,03	-	25,31±0,01	-
Массовая доля золы, %	1,72±0,02	-	1,54±0,02	-
Пищевые волокна, г: клетчатка	4,07±0,01	16,28	5,10±0,02	20,40
пектиновые вещества	2,53±0,02	50,60	2,62±0,01	52,40
Органические кислоты, г	1,97±0,02	-	0,21±0,01	-
Витамины и вторичные растительные соединения, мг/100г:				
С	66,18±0,01	66,18	334,91±0,01	334,91
В ₁	0,05±0,01	3,33	0,07±0,01	4,67
В ₂	1,19±0,02	66,11	0,67±0,01	37,22

β-каротин	4,39±0,03	87,80	4,12±0,04	82,40
флавоноиды (катехины, антоцианы, флавонолы)	763,50±0,01	305,40	135,02±0,02	54,01
ССА, мг/100г	242,15±0,01	-	355,60±0,01	-
Макро- и микроэлементы, мг/100г: К	169,00±0,03	4,83	233,40±0,2	6,67
Са	316,40±0,02	31,64	246,30±0,05	24,63
Mg	49,30±0,05	11,74	50,10±0,01	11,93
P	58,80±0,02	8,40	130,80±0,01	18,69
Na	17,00±0,04	1,31	26,10±0,02	2,01
Fe	1,00±0,02	7,14	1,34 ±0,04	9,57
Cu	0,08±0,01	8,00	0,14±0,02	14,00
Zn	0,25±0,02	2,08	0,48±0,01	4,00
Mn	0,77±0,01	38,50	1,08±0,01	54,00
Энергетическая ценность, ккал	92,90	3,72	77,31	3,09

Употребление 100 г фруктовой и овощной паст восполняет физиологическую потребность организма человека в клетчатке соответственно на 16,28 и 20,40%, пектиновых веществах - 50,60 и 52,40%.

Антиоксидантная ценность паст обусловлена их видом. Употребление 100 г фруктовой или овощной пасты способно удовлетворить физиологическую потребность организма человека в витамине С, β-каротине и флавоноидах соответственно на 66,18-334,91%, 87,80-82,40% и 305,40-54,01%. Среди минеральных веществ фруктовая и овощная пасты являются источником кальция и марганца восполняют потребность организма человека по этим элементам соответственно на 31,64-24,63% и 38,50-54,00%.

Результаты исследований аминокислотного состава фруктовой и овощной паст приведены в таблице 3.28.

Во фруктовых и овощных пастах присутствуют незаменимые и заменимые аминокислоты. К незаменимым аминокислотам относятся валин, изолейцин, лизин, лейцин, метионин, треонин, фенилаланин, которые организм не может синтезировать самостоятельно и должен получать их с пищей. Заменимые аминокислоты, такие как аланин, аргинин, аспарагиновая кислота, гистидин, глицин, глутаминовая кислота, пролин, серин, тирозин, могут быть синтезированы организмом.

Таблица 3.28 - Аминокислотный состав фруктовой и овощной паст, мг/100г

Аминокислоты	Фруктовая паста	Овощная паста
Незаменимые аминокислоты:	23,82±0,01	46,17±0,02
валин	2,78±0,02	7,03±0,03
изолейцин	2,49±0,03	3,47±0,02
лизин	2,83±0,01	8,09±0,03
лейцин	5,60±0,02	10,30±0,01
метионин	0,83±0,02	1,50±0,02
треонин	4,98±0,01	8,97±0,01
фенилаланин	4,31±0,03	6,81±0,01
Заменяемые аминокислоты:	48,66±0,03	132,55±0,02
аланин	3,09±0,04	7,27±0,02
аргинин	5,86±0,01	11,20±0,01
аспарагиновая кислота	10,87±0,02	34,17±0,01
гистидин	1,76±0,02	3,52±0,01
глицин	3,61±0,03	6,67±0,03
глутаминовая кислота	6,99±0,01	35,89±0,04
пролин	7,54±0,03	7,62±0,01
серин	3,85±0,02	9,32±0,03
тирозин	2,38±0,02	4,22±0,03
цистин	2,71±0,01	12,67±0,01

Значения незаменимых и заменимых аминокислот в овощной пасте выше, чем во фруктовой в 1,90 и 2,70 раза. Аминокислоты оказывают влияние на деятельность бродильной микрофлоры полуфабрикатов, играют важную роль в образовании вкусовых и ароматических веществ хлеба.

Обязательным условием при хранении фруктовой и овощной паст является соблюдение определенных требований: помещение должно быть чистым, температура воздуха 20 °С, относительная влажность воздуха не более 75%.

Для определения сроков безопасного хранения фруктовой и овощной паст проводились микробиологические и органолептические исследования, с целью анализа их качественных показателей и сохранности антиоксидантов в процессе

хранения. Согласно МУК 4.2.1847-04 коэффициент резерва для нескоропортящихся продуктов составляет 1,15, таким образом пасты хранили на протяжении 16 месяцев при температуре до 20 °С.

Результаты исследований микробиологических показателей фруктовой и овощной паст представлены в таблицах 3.29-3.30.

Таблица 3.29 - Микробиологические показатели качества фруктовой пасты

№ п.п.	Определяемые показатели	Сроки хранения, мес.									Гигиенический норматив	Единицы измерения
		0	2	4	6	8	10	12	14	16		
1.	<u>КМАФАнМ</u>	0	100	100	200	200	400	800	1200	1600	<5000	КОЕ/г (см ³)
2.	БГКП	Не обнаружены в 1,0 г (см ³)									1,0	В 1,0 г (см ³)
3.	Патогенные, в т.ч. сальмонеллы	Не обнаружены в 25,0 г (см ³)									25,0	В 25 г (см ³)
4.	Плесени	<1	<1	<1	<1	4	9	12	21	52	<50	КОЕ/г (см ³)
5.	Дрожжи	<1	<1	<1	<1	3	8	11	24	58	<50	КОЕ/г (см ³)

Таблица 3.30 - Микробиологические показатели качества овощной пасты

№ п.п.	Определяемые показатели	Сроки хранения, мес.									Гигиенический норматив	Единицы измерения
		0	2	4	6	8	10	12	14	16		
1.	<u>КМАФАнМ</u>	0	100	200	300	300	500	900	1400	1700	<5000	КОЕ/г (см ³)
2.	БГКП	Не обнаружены в 1,0 г (см ³)									1,0	В 1,0 г (см ³)
3.	Патогенные, в т.ч. сальмонеллы	Не обнаружены в 25,0 г (см ³)									25,0	В 25 г (см ³)
4.	Плесени	<1	<1	<1	<1	5	10	12	22	53	<50	КОЕ/г (см ³)
5.	Дрожжи	<1	<1	<1	<1	4	9	13	25	59	<50	КОЕ/г (см ³)

Помимо микробиологических показателей качества паст в процессе хранения были оценены органолептические (рисунок 3.16).

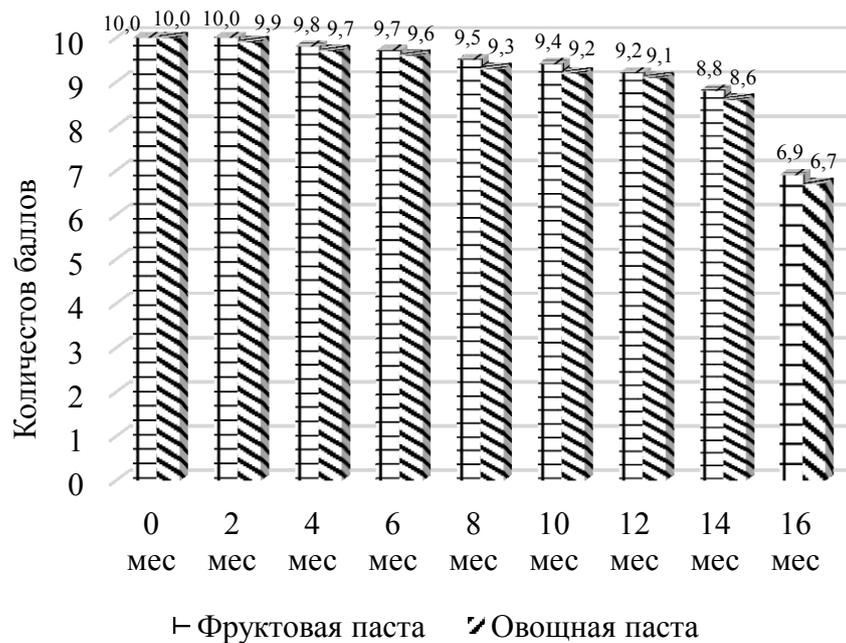


Рисунок 3.16 - Изменения органолептических показателей в процессе хранения

По органолептическим показателям качества наблюдали отличное качество до 12 месяцев хранения, затем показатели начинали постепенно ухудшаться, так, при хранении 14-16 месяцев образцы имели хорошее и удовлетворительное качество соответственно.

Рекомендовано фруктовые и овощные пасты упаковывать в стеклянную тару с металлическими лакированными крышками. Для сохранения свежести и безопасности следует хранить при температуре от 0 °С до 20 °С с учетом коэффициента резерва 1,15 - не более 12 месяцев с даты изготовления. При соблюдении указанных требований, фруктовые и овощные пасты останутся безопасными и будут соответствовать требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

С целью определения сохранности антиоксидантов во фруктовой и овощной пастах на протяжении всего срока хранения осуществляли контроль за изменением данного показателя в течение 3, 6 и 12 месяцев. Результаты представлены на рисунках 3.17 и 3.18.

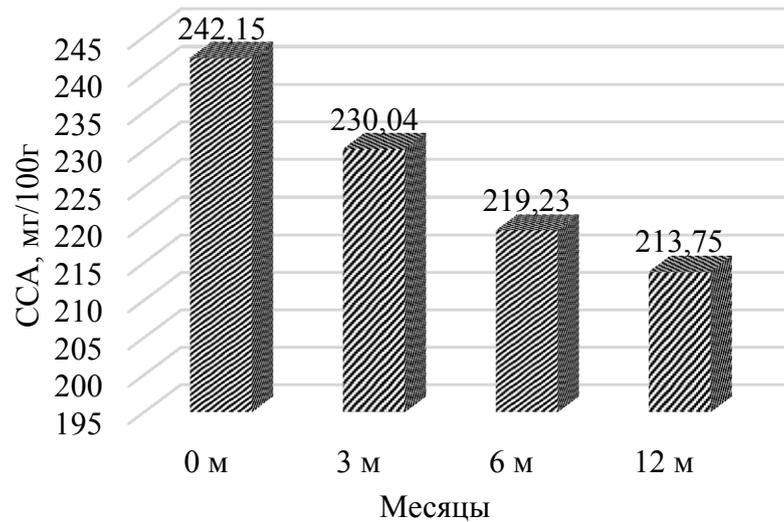


Рисунок 3.17 - Изменение суммарного содержания антиоксидантов в фруктовой пасте в течение 12 месяцев хранения

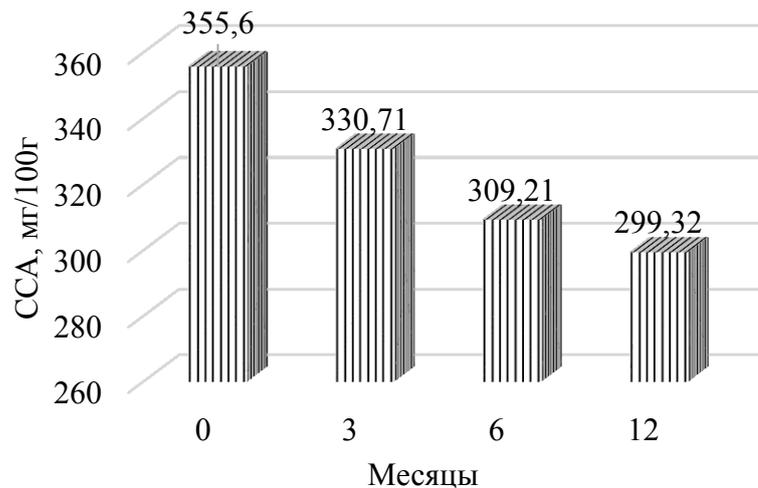


Рисунок 3.18 - Изменение суммарного содержания антиоксидантов в овощной пасте в течение 12 месяцев хранения

Установлено, что в процессе хранения фруктовой и овощной паст в течение 12 месяцев происходит частичное разрушение антиоксидантов. Так, значения суммарного содержания антиоксидантов во фруктовой и овощной пастах снижаются соответственно с 242,15 и 355,60 мг/100г до 213,75 и 313,89 мг/100г и, таким образом, процент разрушения составляет 11,73% и 15,83%, что указывает на хорошую сохранность антиоксидантов на протяжении всего срока хранения.

Выводы по третьей главе

Исследованы фрукты, овощи и травы на содержание природных антиоксидантов. Установлено, что плоды рябины и боярышника, капуста брокколи, перец сладкий, листья мяты, шишки хмеля могут выступать в качестве дополнительного источника природных антиоксидантов при производстве растительных полуфабрикатов и пищевых продуктов с их применением для функционального питания.

Определены оптимальные параметры СВЧ-обработки и сушки в поле СВЧ, при которых достигается максимальное высвобождение антиоксидантов в свободной форме. Установлены зависимости содержания антиоксидантов в пюре и порошках, обработанных и высушенных в поле СВЧ, от значений мощности СВЧ-нагрева. Доказана эффективность СВЧ-нагрева по сравнению с традиционными способами обработки: бланширование и конвективная сушка. Достигнуто увеличение суммарного содержания антиоксидантов в полуфабрикатах с применением СВЧ-нагрева на 36,74-188,44%. Применение СВЧ-нагрева является более перспективным методом обработки по сравнению с традиционными методами. Однако, необходимо учитывать, что продолжительность нагревания и температурный режим играют важную роль в сохранении антиоксидантной ценности сырья.

Разработаны рецептуры и технологии на два новых вида паст: фруктовая и овощная, обладающих высокой пищевой и антиоксидантной ценностью.

Определены показатели качества фруктовой и овощной паст, установлена их высокая пищевая ценность и способность восполнять физиологическую потребность организма человека в витамине С, β -каротине и флавоноидах соответственно на 66,18-334,91%, 87,80-82,40% и 305,40-54,00%

Для фруктовой и овощной паст установлены гарантийные сроки годности с учетом коэффициента резерва.

Глава 4 РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР И ТЕХНОЛОГИИ РЖАНО-ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ ДРОЖЖЕЙ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ

4.1 Определение оптимального способа приготовления ржано-пшеничного теста с добавлением фруктовой и овощной паст без применения дрожжей хлебопекарных

В борьбе производителей за привлекательный внешний вид и высокие вкусовые достоинства большинство пищевых продуктов в процессе их производства и переработки теряют полезные свойства, а именно снижается содержание в них пищевых волокон, витаминов, антиоксидантов и минеральных веществ наряду с увеличением калорийности единицы продукта. В связи с этим, при производстве продуктов питания целесообразно включать в их состав фрукты, овощи, травы и продукты их переработки, которые богаты физиологически активными ингредиентами.

Поэтому разработка новых технологических решений по производству ржано-пшеничного хлеба без применения дрожжей хлебопекарных с использованием фруктовой и овощной паст с высокой антиоксидантной ценностью является актуальной.

С целью научного обоснования возможности применения новых видов фруктовой (пюре боярышника и рябины, порошок из листьев мяты) и овощной паст (пюре из перца сладкого, капусты брокколи, порошок шишек хмеля) в технологии ржано-пшеничного хлеба был проведен комплекс исследований, направленных на установление оптимальных дозировок перечисленных добавок.

Качество хлеба закладывается уже на первых этапах его производства, а именно, в случае производства хлеба «Столичный», который был выбран в качестве контроля, важная роль отводится тестоведению. Поэтому целесообразно

При добавлении пасты в тесто использовались два метода: добавление после набухания в воде в течение 5 мин (ПН) и добавление в нативном виде без предварительной обработки (БПО). Качество теста с добавлением фруктовой или овощной пасты наблюдали в процессе его созревания. Были проведены измерения основных физико-химических показателей качества теста, таких как кислотность, влажность и вязкость.

Тестовые заготовки контрольного и опытных образцов хлеба представлены на рисунках 4.1 и 4.2.



Рисунок 4.1 - Тестовые заготовки контрольного и опытных образцов хлеба с фруктовой пастой: 1-контроль, 2 - 3% пасты, 3 - 5% пасты, 4 - 7% пасты, 5 - 9% пасты, 6 - 11% пасты



Рисунок 4.2 - Тестовые заготовки контрольного и опытных образцов хлеба с овощной пастой: 1-контроль, 2 - 3% пасты, 3 - 5% пасты, 4 - 7% пасты, 5 - 9% пасты, 6 - 11% пасты.

Важным показателем теста, характеризующим его качество и готовность, является кислотность. Тесто влажностью 46,12-46,26% подвергали брожению до достижения конечной кислотности 8-9%. Определение кислотности теста проводили через каждые 30 мин брожения. Активность кислотонакопления напрямую зависит от количества и активности молочнокислых бактерий закваски и теста. Для поддержания роста молочнокислых бактерий необходима определенная группа питательных веществ, включая пантотеновую кислоту, холин, аргенин, цистин, лейцин, метионин, фенилаланин, триптофан, тирозин, глицин, изолейцин, лизин, пролин, серин, марганец, медь, железо, натрий, калий, фосфор, йод, сера и магний. С этой целью рекомен дуются использовать дополнительные источники питательных веществ, в том числе на растительной основе, в качестве которых могут выступать фруктовые и овощные пасты, с введением которых в тесто поступают простые и сложные углеводы, органические кислоты, аминокислоты, растворимые соли металлов и органических оснований. Изменение кислотности теста с добавлением фруктовой пасты в процессе брожения представлено в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Изменение кислотности теста в зависимости от дозировки фруктовой пасты в процессе брожения

Кислотность, град	Конт- роль	Дозировка фруктовой пасты,%									
		3		5		7		9		11	
		ПН	БПО	ПН	БПО	ПН	БПО	ПН	БПО	ПН	БПО
начальная	3,30± 0,1	3,51± 0,17	3,50± 0,03	3,82± 0,03	3,80± 0,33	3,90± 0,1	3,89± 0,22	4,02± 0,18	4,00± 0,03	4,33± 0,03	4,31± 0,04
через 0,5 ч	3,50± 0,03	3,65± 0,03	3,55± 0,1	3,90± 0,03	3,74± 0,01	4,20± 0,03	4,10± 0,31	4,40± 0,03	4,30± 0,17	4,90± 0,1	4,80± 0,21
через 1 ч	3,60± 0,1	3,80± 0,1	3,70± 0,17	4,10± 0,03	4,01± 0,03	4,50± 0,03	4,30± 0,03	4,90± 0,1	4,72± 0,03	5,40± 0,31	5,31± 0,13
через 1,5 ч	4,10± 0,21	4,50± 0,03	4,30± 0,03	4,90± 0,28	4,76± 0,27	5,25± 0,03	5,11± 0,03	5,50± 0,22	5,30± 0,03	5,70± 0,1	5,54± 0,01
через 2 ч	4,90± 0,1	5,20± 0,1	5,10± 0,1	5,50± 0,03	5,33± 0,03	5,74± 0,04	5,60± 0,03	6,12± 0,1	6,00± 0,18	6,47± 0,03	6,32± 0,1
через 2,5 ч	6,10± 0,02	6,80± 0,05	6,60± 0,04	7,20± 0,03	6,90± 0,03	7,60± 0,04	7,40± 0,03	7,98± 0,03	7,84± 0,03	8,42± 0,16	8,20± 0,2
через 3 ч	8,00± 0,13	8,10± 0,13	8,05± 0,05	8,40± 0,02	8,21± 0,41	8,50± 0,1	8,39± 0,03	8,84± 0,2	8,60± 0,04	9,25± 0,17	9,02± 0,03

Выявлена положительная корреляция показателя начальной кислотности теста от дозировки фруктовой пасты. Так, начальная кислотность контрольного образца составляла 3,30 град, с увеличением дозировки пасты от 3 до 11% величина этого показателя повышалась и равнялась соответственно значениям от 3,50 до 4,30 град, что на 6 и 30% выше контроля. Объяснением этому служит тот факт, что фруктовая паста является дополнительным источником органических кислот. К концу брожения (через 3 ч) кислотность контрольного образца теста увеличилась на 4,70 град по сравнению с начальным значением и составила 8,00 град, у опытных образцов теста, с фруктовой пастой в количестве 3-11%, данный показатель максимально увеличился на 4,60-4,95 град и соответственно составил 8,10-9,25 град.

В образцах с использованием фруктовой пасты после набухания отмечено более интенсивное кислотонакопление по сравнению с образцами теста, где паста вводилась без предварительной обработки. Так, кислотность образцов теста с добавлением 3, 5, 7, 9, 11% фруктовой пасты после предварительного набухания через 1,5 часа брожения по сравнению с образцами теста с пастой без ее предварительной обработки нарастала интенсивнее на 4,4% (4,50 град), 2,9% (4,90 град), 2,7% (5,25 град), 3,6% (5,50 град), 2,8% (5,70 град), а через 3 часа - на 0,6% (8,10 град), 2,3% (8,40 град), 1,3% (8,50 град), 2,7% (8,84 град), 2,5% (9,25 град) соответственно. Это объясняется тем, что в процессе набухания фруктовой пасты в водную систему переходит большее количество аминокислот, содержащихся в пасте: аргинин, фенилаланин, лейцин, пролин, глутаминовая кислота, аспарагиновая кислота, являющихся питательной средой для роста молочнокислых бактерий. При введении пасты без предварительной обработки аминокислоты находятся в более труднодоступной форме, что затормаживает рост молочнокислых бактерий, а, соответственно, снижается и рост кислотонакопления.

Обработку данных для получения искомой статической характеристики зависимости кислотности теста от дозировки фруктовой пасты проводили методом регрессионного анализа. Значения показателя кислотности теста, полученные экспериментальным путем, в зависимости от дозировки фруктовой пасты,

подвергались статической обработке (таблица 4.3).

Таблица 4.3 - Данные для получения статической характеристики линейного одномерного объекта

Концентрация фруктовой пасты, %	Значения показателя кислотности, полученные экспериментальным путем (в трех повторностях), град			Средние значения кислотности, град	Количество повторностей, ед.	Значения показателя кислотности, полученные расчетным методом, град
	Y ₁	Y ₂	Y ₃			
X	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y _{ср.}	P _i	Y _{расч.}
0	8,00	7,90	8,20	8,03	3	7,89
3	8,10	8,20	8,00	8,10	3	8,22
5	8,35	8,40	8,50	8,42	3	8,44
7	8,60	8,50	8,70	8,60	3	8,66
9	8,74	8,84	8,94	8,84	3	8,88
11	9,12	9,37	9,25	9,25	3	9,10

С помощью полученных результатов можно выявить зависимость средних данных, полученных экспериментальным путем и расчетных показателей кислотности теста (рисунок 4.3).

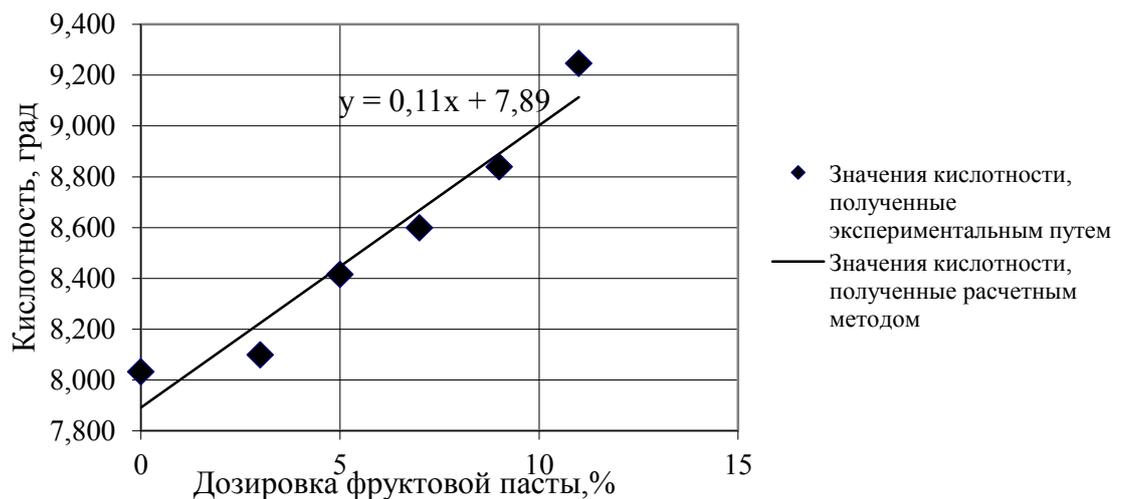


Рисунок 4.3 - График зависимости средних данных, полученных экспериментальным путем, и расчетных показателей кислотности теста

На рисунке 4.3 отображено линейное уравнение регрессии 1-ой степени

зависимости значения кислотности от дозировки фруктовой пасты в тесте, с помощью которого можно найти значение заданной кислотности при определенной концентрации дозировки фруктовой пасты:

$$y = 0,11x + 7,89,$$

где y - искомое значение кислотности;

x - концентрация фруктовой пасты.

Таким образом, оптимальное значение кислотности 9,00 град через 3 ч брожения будет достигнуто введением в тесто 10,09% фруктовой пасты.

Результаты определения кислотности теста в зависимости от дозировки овощной пасты и продолжительности брожения представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 - Изменение кислотности теста в зависимости от дозировки овощной пасты в процессе брожения

Кислотность, град:	Конт- роль	Дозировка овощной пасты, %									
		3		5		7		9		11	
		ПН	БПО	ПН	БПО	ПН	БПО	ПН	БПО	ПН	БПО
начальная	3,30± 0,1	3,30± 0,02	2,29± 0,2	3,39± 0,13	3,37± 0,2	3,47± 0,2	3,47± 0,2	3,56± 0,2	3,55± 0,03	3,72± 0,2	3,70± 0,03
через 0,5 ч	3,50± 0,03	3,61± 0,13	3,52± 0,1	3,71± 0,02	3,50± 0,02	3,85± 0,32	3,61± 0,03	3,90± 0,1	3,80± 0,03	4,10± 0,1	4,00± 0,13
через 1 ч	3,60± 0,1	3,77± 0,2	3,51± 0,2	3,90± 0,22	3,80± 0,1	4,10± 0,21	3,95± 0,02	4,21± 0,1	4,12± 0,02	4,35± 0,18	4,20± 0,2
через 1,5 ч	4,10± 0,21	5,54± 0,1	5,31± 0,02	5,90± 0,2	5,74± 0,13	6,10± 0,28	6,01± 0,33	6,40± 0,2	6,27± 0,19	6,74± 0,03	6,55± 0,27
через 2 ч	4,90± 0,1	6,85± 0,13	6,71± 0,1	6,99± 0,21	6,71± 0,31	7,35± 0,02	7,19± 0,02	7,65± 0,1	7,41± 0,02	7,87± 0,03	7,70± 0,03
через 2,5 ч	6,10± 0,02	8,05± 0,03	7,90± 0,02	8,14± 0,2	7,98± 0,1	8,32± 0,03	8,11± 0,03	8,45± 0,13	8,22± 0,2	8,89± 0,02	8,54± 0,13
через 3 ч	8,00± 0,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Анализ экспериментальных данных показал, что добавление овощной пасты в тесто, приготовленном на закваске, приводит к увеличению кислотности. Начальная кислотность теста увеличивается пропорционально увеличению дозировки овощной пасты до 11%, достигая максимального значения в 3,72 градуса по сравнению с контрольным значением в 3,30 градуса. Это означает, что активность дрожжевой микрофлоры усиливается. Показатели кислотности теста с

добавлением овощной пасты в дозировках от 3% до 11% к массе муки увеличиваются в течение 2,5 часов брожения.

Положительным эффектом стало то, что образцы с добавлением овощной пасты достигли необходимой конечной кислотности в среднем 8,00 град через 2,5 ч, тогда как контрольный образец через - 3 ч. Так, после 2,5 ч брожения кислотность опытных образцов теста возросла в среднем в 2,4 раза, тогда как контрольный образец набрал данную кислотность только через 3 часа брожения. Кислотность теста с 3-11% овощной пасты при брожении через 2,5 ч составила 8,05-8,89 град, что соответственно на 1,95-2,79 град выше по сравнению с контролем (6,10 град), таким образом, сократилось время брожения полуфабриката, что объяснимо компонентным составом пасты. Хмель, входящий в состав пасты в виде порошка, позволяет сохранить дрожжевые клетки от разрушительного действия посторонних и угнетающих микроорганизмов за счет бактерицидного действия хмелевых смол.

Наличие в хмеле альфа-кислот оказывает благоприятное влияние на активность размножения дрожжей. Хмель оказывает расслабляющее действие на клейковину и увеличивает пластическую деформацию в тесте по сравнению с контролем, за счет входящей в его состав эмульсии фосфолипидов, снижая тем самым упругость теста. Рост кислотности увеличивается также за счет содержания горько-ароматических кислот хмеля. Таким образом, анализ полученных данных показал, что рациональная продолжительность брожения теста составляет 2,5 часа.

При исследовании влияния способа внесения овощной пасты на процесс кислотонакопления в процессе брожения установлено, что при применении предварительного набухания пасты в количествах 3, 5, 7, 9 и 11% через 1,5 часа брожения кислотность нарастала интенсивнее соответственно на 4,2% (5,54 град), 2,7% (5,90 град), 1,5% (6,10 град), 2,0% (6,40 град), 2,8% (6,74 град) по сравнению со способом внесения пасты без предварительной обработки, через 3 часа брожения данная разница значений показателя кислотности составила 1,9% (8,05 град), 2% (8,14 град), 2,5% (8,32 град), 2,7% (8,45 град), 3,9% (8,89 град). Резонно предположить, что интенсификация процесса кислотонакопления связана с

наличием в овощной пасте аргинина, лизина, фенилаланина, лейцина, пролина, серина, глицина, цистина, оказывающих положительное влияние на активный рост молочнокислых бактерий, как и в случае с применением фруктовой пасты.

Оценку влияния овощной пасты на показатель кислотности ржанопшеничного теста при брожении проводили путем статистической обработки экспериментальных данных. Получены графические интерпретации уравнения регрессии 1-ой степени, представляющие зависимость показателя кислотности теста от количества вносимой добавки в виде овощной пасты (таблица 4.5, рисунок 4.4).

Таблица 4.5 - Данные для получения статической характеристики линейного одномерного объекта

Концентрация овощной пасты, %	Значения показателя кислотности, полученные экспериментальным путем (в трех повторностях), град			Средние значения кислотности, град	Количество повторностей, ед.	Значения показателя кислотности, полученные расчетным методом, град
	Y ₁	Y ₂	Y ₃			
X	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y _{ср.}	P _i	Y _{расч.}
0	7,90	8,00	8,10	8,00	3	7,86
3	7,95	8,05	8,15	8,05	3	8,09
5	8,01	8,14	8,25	8,13	3	8,24
7	8,20	8,32	8,45	8,32	3	8,39
9	8,32	8,60	8,43	8,45	3	8,54
11	8,74	9,03	8,89	8,89	3	8,70

Линейное уравнение регрессии данной зависимости имеет вид:

$$y = 0,076x + 7,86,$$

где y - искомое значение кислотности;

x - концентрация овощной пасты.

Адекватность полученных математических зависимостей установлена с использованием критерия Фишера.

График, полученный в результате статистической обработки зависимости кислотности теста от дозировки овощной пасты, представлен на рисунке 4.4.

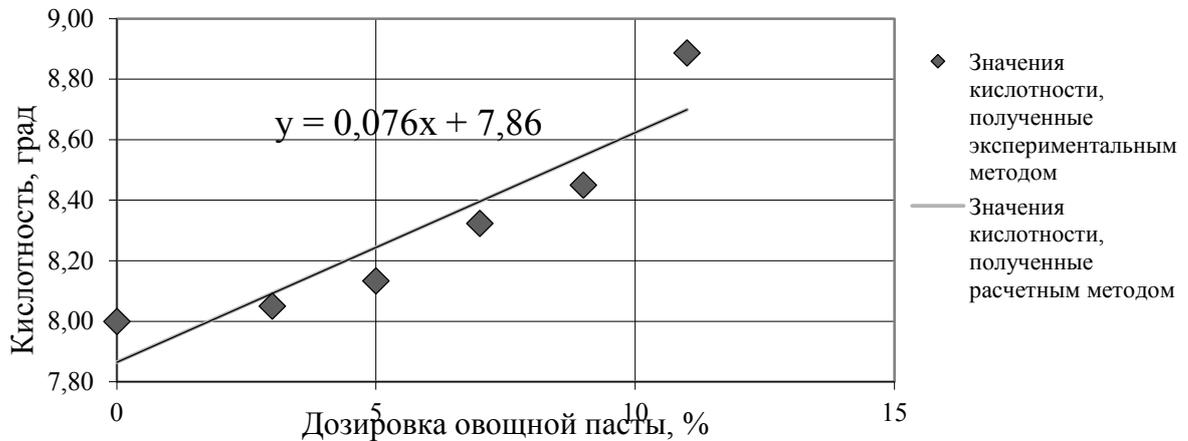


Рисунок 4.4 - График зависимости средних данных, полученных экспериментальным путем, и расчетных показателей кислотности теста

Таким образом, оптимальное значение кислотности теста 8,50 град через 2,5 ч брожения будет достигнуто введением в тесто 8,40% овощной пасты. Анализ полученных математических зависимостей показал, что внесение фруктовой и овощной паст, после предварительного замачивания, в тесто влияет на показатель его кислотности и продолжительность брожения. При определении влияния различных концентраций на кислотность теста установлено, что существует прямо пропорциональная зависимость значения кислотности от дозировки пасты, что связано с наличием в пастах органических кислот, способствующих созданию рН-среды, оптимальной для протекания биокаталитических процессов.

Для дальнейших исследований опытные образцы теста готовили с применением предварительного замачивания фруктовой или овощной пасты в воде, так как такой способ тестоведения показал лучшие результаты по кислотонакоплению.

Показатель влажности контрольного и опытных образцов теста с добавлением 3-11% фруктовой и овощной паст измеряли сразу после его замеса. Диаграммы изменения влажности теста при различных дозировках фруктовой и овощной паст представлены на рисунках 4.5 и 4.6.

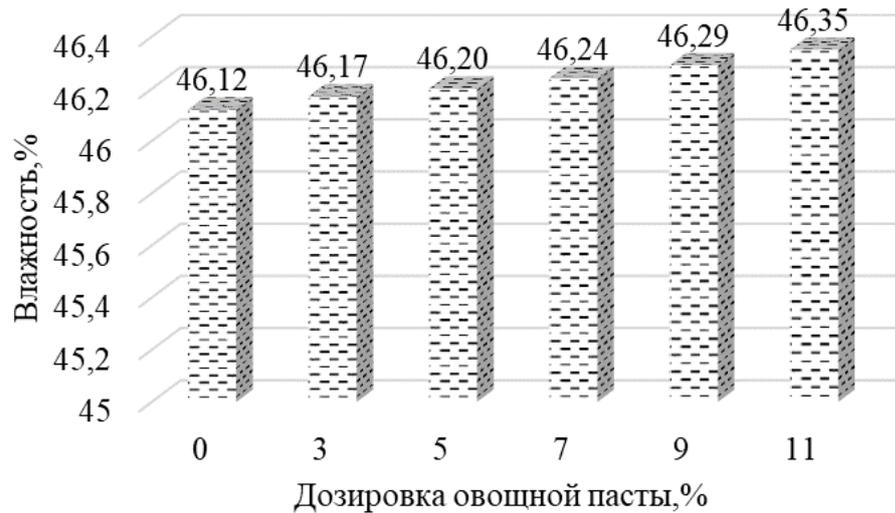


Рисунок 4.5 - Влияние дозировки фруктовой пасты на показатель влажности теста

Внесение фруктовой и овощной паст незначительно повлияло на водопоглощение теста. Влажность теста у опытных образцов примерно одинакова и незначительно увеличивается, по сравнению с контролем, пропорционально дозировке пасты, так, данное значение у контрольного образца теста составило 46,12%, а у опытных образцов теста, с фруктовой пастой - 46,16-46,26% и с овощной пастой - 46,17-46,35%.

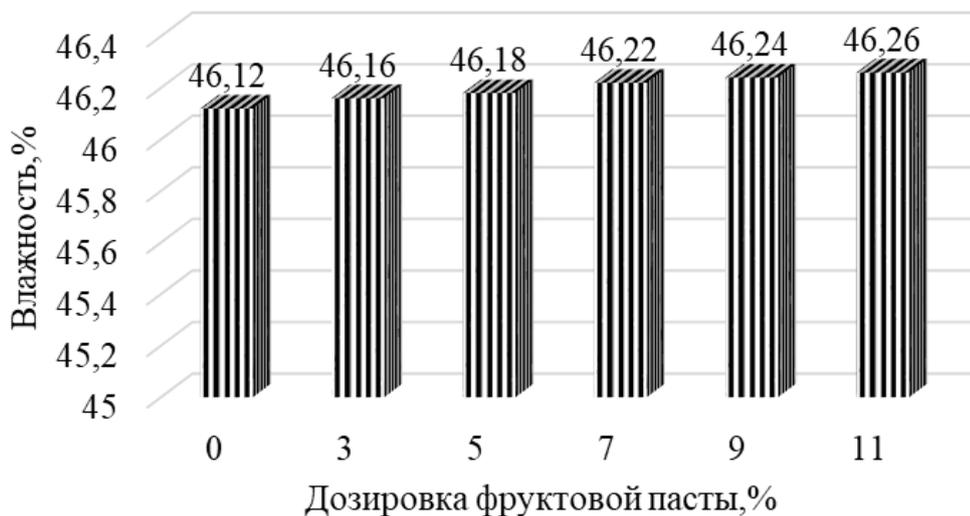


Рисунок 4.6 - Влияние дозировки овощной пасты на показатель влажности теста

Закономерности изменения вязкости теста, приготовленного традиционным способом и с применением фруктовой и овощной паст в количествах 3-11% к массе муки, приведены на рисунках 4.7 и 4.8.



Рисунок 4.7 - Влияние фруктовой пасты на показатель вязкости теста



Рисунок 4.8 - Влияние овощной пасты на показатель вязкости теста

Полученные данные исследования влияния паст на показатель вязкости теста говорят о том, что опытные образцы, по сравнению с контрольным, характеризуются более высокими значениями данного показателя. Вязкость контрольного образца теста составила 1284 Па·с, у опытных образцов теста, с дозировками 3, 5, 7, 9, 11% фруктовой пасты - в 1,17 (1497 Па·с), 1,33 (1702 Па·с), 1,49 (1912 Па·с), 1,64 (2111 Па·с), 1,78 (2287 Па·с) раза выше, овощной пасты - в 1,26 (1613 Па·с), 1,43 (1832 Па·с), 1,60 (2058 Па·с), 1,72 (2207 Па·с), 1,91 (2455 Па·с) раза выше по сравнению с контролем.

Увеличение вязкости опытных образцов теста вероятно обусловлено тем, что в состав паст входят пектиновые вещества, приводящие к увеличению вязкости и укреплению клейковины пшеничной муки.

Максимальная вязкость теста была достигнута при введении 11% овощной пасты и составила 2455 Па·с, при этом тесто имело плотную консистенцию, что отрицательным образом отразится на структурно-механических свойствах

готового изделия.

У экспериментальных образцов теста, в зависимости от дозировки фруктовой или овощной пасты, менялся цвет от бежевого до медово-бежевого оттенка. С добавлением фруктовой пасты кисловатый вкус теста усиливался, а запах теста становился фруктово-спиртовой с оттенком мяты, с добавлением овощной пасты кисловатый вкус теста практически не изменялся, а запах становился овоще-спиртовой.

Таким образом, проведенные исследования по влиянию фруктовой и овощной паст на реологические и физико-химические свойства ржано-пшеничного теста позволили выявить зависимость между дозировкой пасты и такими показателями как кислотность, влажность и вязкость. Применение паст при приготовлении теста привело к интенсивному кислотонакоплению в исследуемых образцах.

Разработан новый способ производства теста, технологической особенностью которого является применение предварительной обработки фруктовой и овощной паст путем их набухания в воде в течение 5 мин. Такое тесто быстрее достигает требуемой кислотности, следовательно, сокращается продолжительность его брожения, а также смешивание пасты с водой приводит к более равномерному распределению ее в тесте, исключая непромесы, что положительным образом отражается на органолептических свойствах готового хлеба.

4.2 Исследование влияния фруктовой и овощной паст на показатели качества ржано-пшеничного хлеба, определение оптимальной дозировки добавок

Выработка опытных образцов ржано-пшеничного хлеба без применения дрожжей хлебопекарных включала подготовку сырья к производству, в том числе

смешивание и выдерживание овощной или фруктовой пасты с водой (30% от расчетного количества) в течение 5 мин, приготовление теста путем смешивания густой ржаной закваски с водой, мукой ржаной хлебопекарной обдирной, пшеничной хлебопекарной первого сорта, набухшей в воде пастой, водным раствором соли и сахара, брожения, далее готовое тесто разделявали делительными машинами и тестовые заготовки укладывали в круглые кассеты, покрытые тканью, и направляли на расстойку, затем выпекали хлеб в увлажненной пекарной камере, перед выемкой из печи производили его опрыскивание водой.

Были проведены лабораторные выпечки для определения оптимальных дозировок фруктовой и овощной паст. В ходе экспериментов пасты добавлялись в количестве от 3% до 11% от массы муки. Полученные результаты подтвердили, что выбор дозировки паст оказывает существенное влияние на качество готового хлеба. Внешний вид выпеченных образцов хлеба контрольного и опытных с добавлением 3-11% фруктовой пасты представлен на рисунке 4.9.

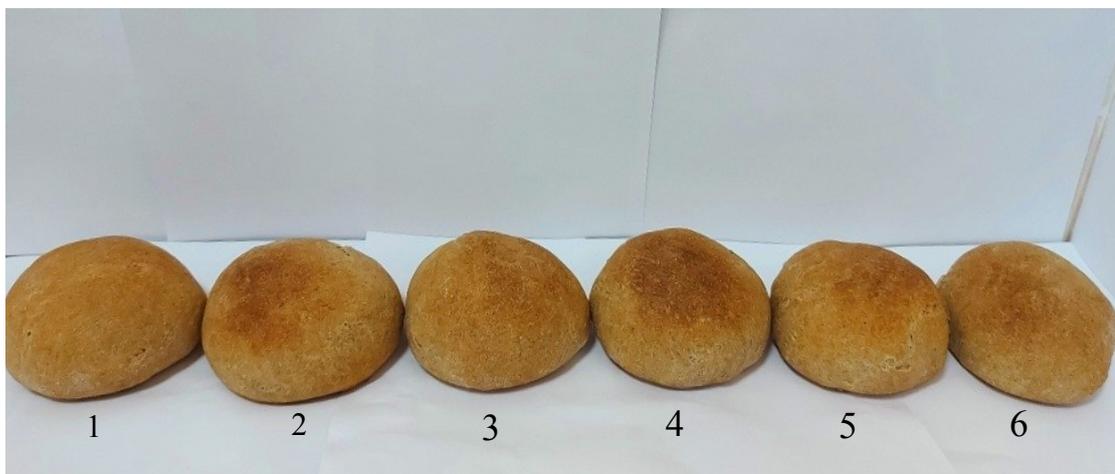


Рисунок 4.9 - Внешний вид ржано-пшеничного хлеба: контроль - 1, с фруктовой пастой в дозировках: 3% - 2, 5% - 3, 7% - 4, 9% - 5, 11% - 6

Приготовление хлеба осуществляли по истечении процесса брожения и достижения тестом кислотности не менее 8,00 градусов.

Внешний вид выпеченных образцов хлеба контрольного и опытных с добавлением 3-11% овощной пасты представлен на рисунке 4.10.



Рисунок 4.10 - Внешний вид ржано-пшеничного хлеба: контроль - 1, с овощной пастой в дозировках: 3% - 2, 5% - 3, 7% - 4, 9% - 5, 11% - 6

Через 16 часов после выпечки контрольного и опытных образцов хлеба оценивали влияние фруктовой и овощной паст на показатели качества готовых изделий (таблицы 4.6, 4.7).

Таблица 4.6 - Физико-химические показатели качества ржано-пшеничного хлеба без применения дрожжей хлебопекарных с различным содержанием фруктовой пасты по сравнению с контролем

Показатели	Конт- роль	Дозировка фруктовой пасты,%									
		3		5		7		9		11	
		ПН	БПО	ПН	БПО	ПН	БПО	ПН	БПО	ПН	БПО
Кислотность, град	6,39± 0,2	6,48± 0,03	6,31± 0,02	6,75± 0,13	6,62± 0,1	6,84± 0,01	6,71± 0,02	6,99± 0,2	6,88± 0,22	7,18± 0,21	7,02± 0,02
Влажность,%	40,59± 0,01	40,62± 0,1	40,60± 0,2	40,64± 0,2	40,62± 0,13	40,67± 0,13	40,68± 0,13	40,69± 0,12	40,7± 0,02	40,71± 0,21	40,74± 0,18
Пористость,%	62,79± 0,03	63,54± 0,01	63,40± 0,03	64,01± 0,17	63,77± 0,13	64,64± 0,2	64,50± 0,03	65,12± 0,13	64,99± 0,03	64,10± 0,19	63,89± 0,27
Формоустой- чивость (Н/D), ед.	0,43± 0,2	0,45± 0,02	0,44± 0,13	0,47± 0,02	0,46± 0,01	0,49± 0,13	0,47± 0,01	0,52± 0,02	0,51± 0,2	0,48± 0,02	0,45± 0,13
Удельный объем, см ³ /г	2,00± 0,02	2,01± 0,13	1,97± 0,2	2,02± 0,03	1,99± 0,22	2,04± 0,01	2,00± 0,33	2,15± 0,17	2,10± 0,03	1,95± 0,33	1,91± 0,01

Таблица 4.7 - Физико-химические показатели качества ржано-пшеничного хлеба без применения дрожжей хлебопекарных с различным содержанием овощной пасты по сравнению с контролем

Показатели	Контроль	Дозировка овощной пасты, %									
		3		5		7		9		11	
		ПН	БПО	ПН	БПО	ПН	БПО	ПН	БПО	ПН	БПО
Кислотность, град	6,39± 0,2	6,41± 0,02	6,39± 0,13	6,44± 0,19	6,41± 0,01	6,60± 0,13	6,49± 0,02	6,74± 0,2	6,64± 0,33	7,01± 0,01	6,80± 0,13
Влажность, %	40,59± 0,01	40,63± 0,02	40,60± 0,01	40,66± 0,02	40,61± 0,13	40,69± 0,1	40,70± 0,13	40,74± 0,01	40,78± 0,13	40,79± 0,02	40,85± 0,2
Пористость, %	62,79± 0,03	63,34± 0,17	63,1± 0,2	64,11± 0,11	63,95± 0,2	64,27± 0,01	64,11± 0,27	65,28± 0,13	64,71± 0,33	63,09± 0,21	62,85± 0,01
Формоустойчивость (Н/D), ед.	0,43± 0,2	0,45± 0,02	0,43± 0,01	0,48± 0,13	0,44± 0,02	0,51± 0,01	0,49± 0,02	0,54± 0,22	0,52± 0,13	0,49± 0,02	0,46± 0,26
Удельный объем, см ³ /г	2,00± 0,02	2,05± 0,2	2,02± 0,27	2,10± 0,01	2,05± 0,27	2,14± 0,1	2,10± 0,1	2,25± 0,01	2,20± 0,1	2,02± 0,1	2,00± 0,2

Выявлено, что количество фруктовой или овощной пасты, вводимой в тесто, влияет на параметры приготовления и качественные характеристики хлеба: с увеличением концентрации паст происходило увеличение кислотности теста и, соответственно, кислотности самого хлеба. Кислотность у контрольного образца хлеба - 6,39 град, у образцов с добавлением фруктовой и овощной паст в количествах 3, 5, 7, 9 и 11% кислотность максимально выросла прямо пропорционально введению добавки на 1,4, 5,6, 7,0, 9,4 и 12,4% и 0,3, 0,8, 3,3, 5,5, 9,7% соответственно.

Относительно способа внесения пасты - после набухания в воде в течение 5 мин и в исходном виде без предварительной обработки, то данные исследований говорят о том, что кислотность образцов хлеба, приготовленного с применением первого способа тестоведения, выше по сравнению со вторым при дозировках 3, 5, 7, 9 и 11% пасты фруктовой на 2,6, 1,9, 1,9, 1,6 и 2,2% соответственно и равнялась значениям 6,48, 6,75, 6,84, 6,99 и 7,18 град, овощной - на 0,4, 0,5, 1,7, 1,5, 3,1% соответственно и равнялась значениям 6,41, 6,44, 6,60, 6,74, 7,01 град. Резонно

предположить, что за счет введения в рецептуру хлеба фруктовой и овощной паст после набухания аминокислоты, входящие в их состав и являющиеся питательной средой для роста молочнокислых бактерий, переходят в легкодоступную форму, что влияет на кислотонакопление и интенсивность брожения. Хмель, входящий в состав овощной пасты является источником дрожжей, а также содержит изомеризованные альфа-кислоты, также благоприятно влияющие на бродильную активность, микрофлору и рост молочнокислых бактерий.

Для установления оптимальной кислотности и получения рациональной рецептуры ржано-пшеничного хлеба без применения дрожжей хлебопекарных с использованием фруктовой и овощной паст, с предварительным набуханием в воде, был использован метод регрессионного анализа статистической характеристики линейного одномерного объекта (таблица 4.8, 4.9).

С помощью полученных результатов выявлена зависимость средних данных, полученных экспериментальным путем, и расчетных показателей кислотности хлеба в зависимости от дозировки фруктовой и овощной паст (рисунки 4.11, 4.12).
Таблица 4.8 - Данные для получения статической характеристики линейного одномерного объекта

Концентрация фруктовой пасты, %	Значения показателя кислотности, полученные экспериментальным путем (в трех повторностях), град			Средние значения кислотности, град	Количество повторностей, ед.	Значения показателя кислотности, полученные расчетным методом, град
	Y ₁	Y ₂	Y ₃			
0	6,39	6,37	6,42	6,39	3	6,34
3	6,48	6,52	6,44	6,48	3	6,56
5	6,70	6,75	6,80	6,75	3	6,71
7	6,86	6,84	6,82	6,84	3	6,86
9	6,99	7,02	6,97	6,99	3	7,01
11	7,16	7,18	7,2	7,18	3	7,15

Таблица 4.9 - Данные для получения статической характеристики линейного одномерного объекта

Концентрация овощной пасты, %	Значения показателя кислотности, полученные экспериментальным путем (в трех повторностях), град			Средние значения кислотности, %	Количество повторностей, ед.	Значения показателя кислотности, полученные расчетным методом, град
	Y ₁	Y ₂	Y ₃			
0	6,39	6,37	6,42	6,39	3	6,28
3	6,39	6,41	6,42	6,41	3	6,45
5	6,40	6,48	6,44	6,44	3	6,56
7	6,60	6,61	6,60	6,60	3	6,67
9	6,71	6,76	6,74	6,74	3	6,78
11	6,98	7,03	7,01	7,01	3	6,89

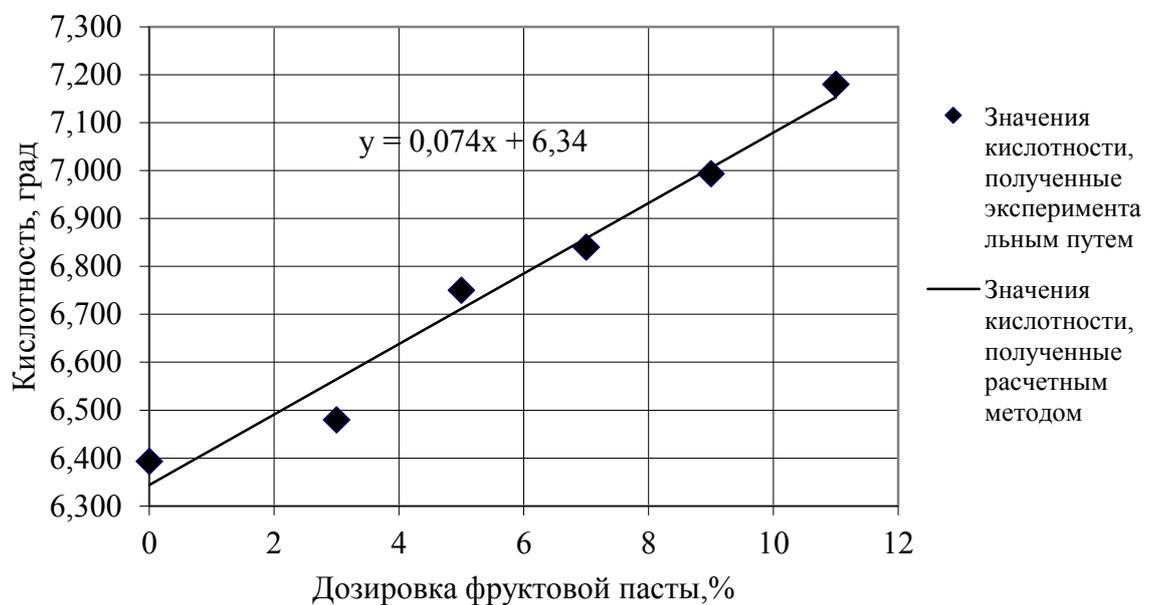


Рисунок 4.11 - График зависимости от дозировки фруктовой пасты средних данных, полученных экспериментальным путем, и расчетных показателей кислотности хлеба

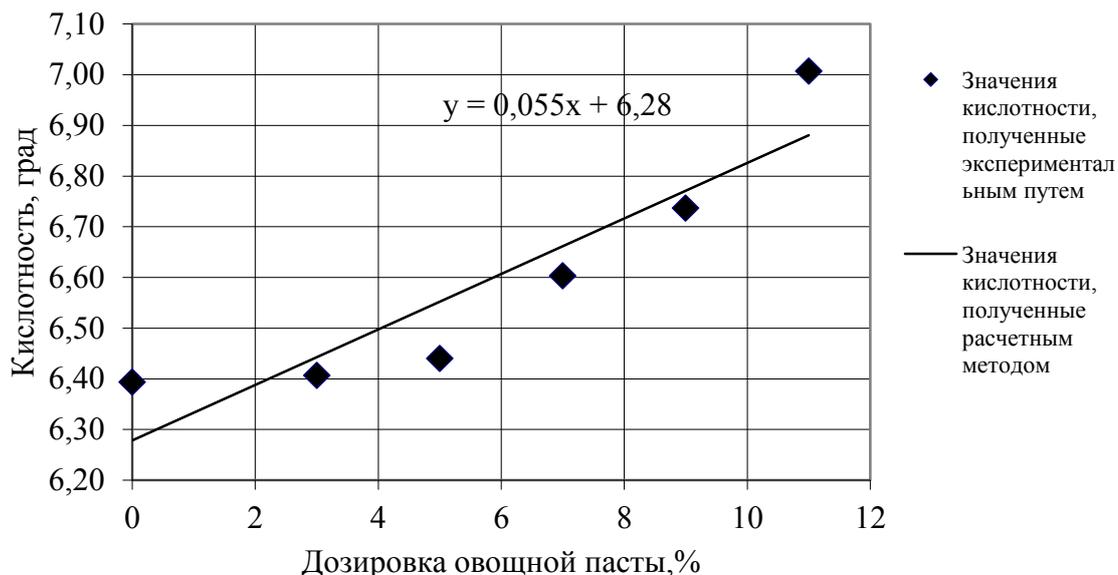


Рисунок 4.12 - График зависимости от дозировки овощной пасты средних данных, полученных экспериментальным путем, и расчетных показателей кислотности хлеба

Методом регрессионного анализа получены линейные уравнения зависимости кислотности мякиша хлеба от дозировки фруктовой и овощной паст после предварительного замачивания: $y=0,074x+6,34$ и $y=0,055x+6,28$. Так, оптимальное значение кислотности 7,10 град и 6,70 град будут достигнуты введением соответственно 10,27% фруктовой и 7,64% овощной пасты.

Влажность контрольного образца хлеба была ниже влажности опытных образцов и составила 40,59%, в то время как влажность хлеба с содержанием фруктовой и овощной паст от 3 до 11% к массе муки варьировала соответственно от 40,60 до 40,74% и от 40,60 до 40,85%. Значительных изменений во влажности опытных образцов хлеба в зависимости от способа приготовления теста не установлено.

Пористость опытных образцов хлеба увеличивалась относительно введения фруктовой и овощной паст соответственно на 0,61-2,33% и 0,06-2,49% в абсолютном значении по сравнению с контролем, где ее значение составило 62,79%.

Из опытных образцов самую высокую пористость 65,12% и 65,28% имел хлеб

с добавлением 9% фруктовой и овощной паст, после предварительного ее набухания в воде, самую низкую 63,40% и 62,85% - с добавлением соответственно 3% фруктовой и 11% овощной пасты без предварительной обработки. Следует предположить, что введение фруктовой и овощной паст, содержащих легкодоступные сахара, улучшало питание молочнокислых бактерий и дрожжевых клеток теста и увеличивало газообразование в тесте, тем самым увеличивая показатель пористости хлеба.

Снижение показателя пористости до 64,10 и 63,89% у образца хлеба с фруктовой пастой и до 62,86 и 63,09% с овощной пастой при дальнейшем увеличении дозировки добавки до 11% связано с тем, что избыточная концентрация сахаров приводит к противоположному эффекту - тормозит жизнедеятельность молочнокислых бактерий. Разница в значениях показателя пористости хлеба между способами внесения фруктовой и овощной паст в тесто в количествах 3, 5, 7, 9 и 11% составила соответственно 0,14, 0,24, 0,14, 0,13, 0,21% и 0,24, 0,16, 0,16, 0,57, 0,24%.

Показатель формоустойчивости хлеба находился в зависимости как от количества внесенной фруктовой и овощной паст, так и от способа их внесения. Так, максимальное значение показателя было достигнуто с внесением 9% фруктовой и овощной паст с предварительным набуханием и составило соответственно 0,52 и 0,54 ед., что на 20,90 и 25,60% выше контрольного образца, наименьшие значения имели образцы контрольный и опытные с добавлением 3% овощной, 11% фруктовой пасты без предварительной ее обработки, которые составили 0,43 и 0,45 ед. соответственно.

Удельный объем хлеба увеличивался соразмерно показателю пористости. Так, наименьшие значения удельного объема имели образцы хлеба с добавлением 11% фруктовой и 3, 11% овощной пасты без ее предварительной обработки - 1,91 и 2,02, 2,00 см³/г соответственно, что приближено к значению данного показателя у контрольного образца хлеба - 2,00 см³/г.

Максимальное значение удельного объема, также, как и пористости, достигалось у образцов с содержанием 9% фруктовой и овощной паст с

предварительным набуханием в воде - 2,15 и 2,25 см³/г, что на 7,50 и 12,50% выше по сравнению с контролем.

Органолептическую оценку контрольного и опытных образцов хлеба с добавлением 3-11% фруктовой и овощной паст (с предварительным набуханием в воде) осуществляли по стандартной 100-балльной шкале. Результаты дегустационной оценки представлены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 - Сводная таблица дегустационной оценки ржано-пшеничного хлеба, приготовленного по традиционной технологии и с добавлением фруктовой и овощной паст, баллы с учетом коэффициента значимости

Образцы хлеба	Показатели					Общая оценка
	форма	поверх-ность	состоя-ние мякиша	запах	вкус	
Контроль	14,1±0,1	14,2±0,2	22,1±0,4	17,4±0,2	22,3±0,3	90,1±0,3
С добавлением фруктовой пасты в дозировке: 3%	14,0±0,2	14,7±0,1	22,5±0,2	17,5±0,4	22,4±0,2	91,1±0,2
5%	14,2±0,4	14,2±0,3	23,1±0,3	18,7±0,3	24,6±0,1	94,8±0,4
7%	14,3±0,1	14,4±0,5	24,9±0,3	19,1±0,4	24,7±0,3	97,4±0,6
9%	14,8±0,3	14,9±0,1	25,0±0,4	20,0±0,1	25,0±0,5	99,7±0,3
11%	14,4±0,2	14,3±0,2	23,1±0,5	18,5±0,2	23,2±0,4	93,5±0,4
С добавлением овощной пасты в дозировке: 3%	14,2±0,4	14,1±0,3	22,3±0,4	17,5±0,2	22,4±0,3	90,5±0,4
5%	14,3±0,5	14,2±0,3	23,5±0,5	18,5±0,2	24,5±0,4	95,0±0,5
7%	14,3±0,4	14,4±0,6	24,5±0,2	18,9±0,2	24,7±0,4	96,8±0,3
9%	15,0±0,4	14,5±0,4	25,0±0,2	20,0±0,2	24,9±0,4	99,4±0,4
11%	14,2±0,4	14,2±0,3	23,4±0,4	18,1±0,2	23,1±0,3	93,0±0,2

В результате было установлено значительное отличие опытных образцов от контрольного, который набрал в сумме 90,1 балл, тогда как опытные образцы получили более высокие баллы 90,5-99,7.

Фруктовая и овощная пасты улучшили такие показатели качества, как форма,

поверхность, состояние мякиша, запах, вкус. По всем перечисленным показателям максимальную оценку 99,4 и 99,7 балла получили образцы хлеба соответственно с дозировкой овощной и фруктовой пасты 9%, что отвечает отличной категории качества.

На основании проведенных исследований установлена оптимальная дозировка фруктовой и овощной паст в рецептуре ржано-пшеничного хлеба без применения дрожжей хлебопекарных, которая составляет 9% к массе муки.

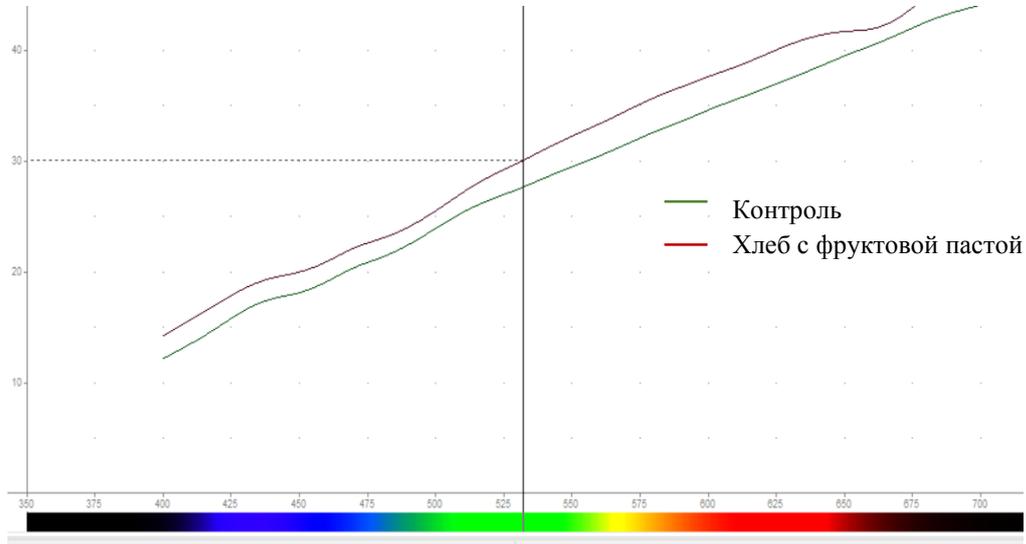
Наличие в хлебе фруктовой или овощной паст выгодно отличает от контроля, так как с этими добавками вносятся дополнительные природные ароматические и органические пигментные вещества, что позволяет улучшить вкус и запах хлеба. Хлеб с 9%-ой дозировкой фруктовой пасты отличается от контроля наличием аромата и привкуса, присущих мяте и фруктам, входящим в состав пасты, цвет мякиша приобретает медовый цвет с красновато-розовым оттенком, овощной пасты - наличием аромата и привкуса, присущих хмелю и овощам, входящим в состав пасты, цвет мякиша приобретает привлекательный медово-коричневый оттенок.

Органолептический анализ хлеба предусматривал и визуальную оценку цвета, являющегося эстетическим показателем, характеризующим привлекательность продукта для потребителей. Общепринятой классификации цвета хлебобулочных изделий не существует. Задачей цветового контроля является оценка цветовых различий образца и эталона. Измерение эталона и образца по отношению к нему позволяет узнать цветовое различие в цветовых характеристиках между исследуемыми объектами. В качестве эталона выступил контрольный образец ржано-пшеничного хлеба.

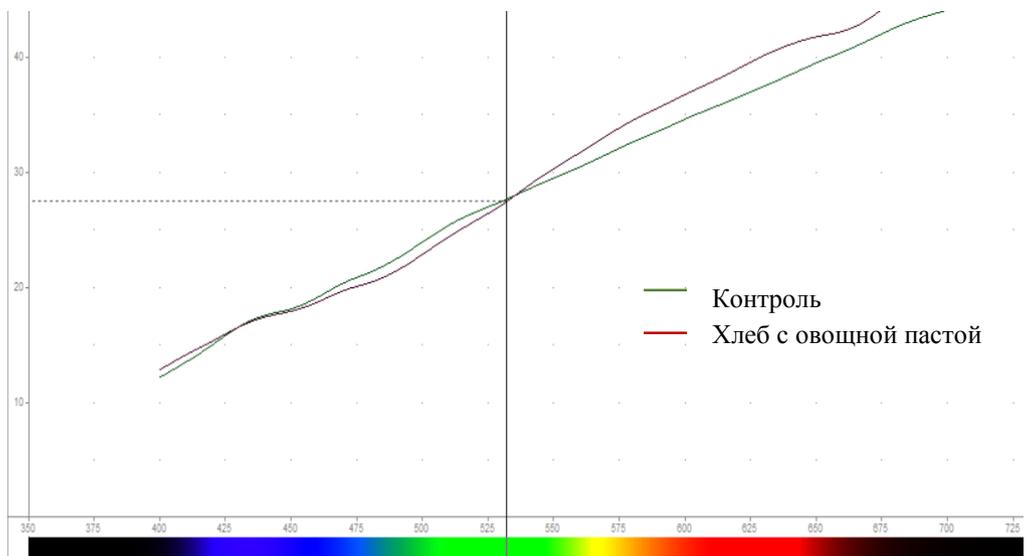
Цвет играет большое значение в пищевой промышленности: в сознании потребителя он неразрывно связан с критериями вкуса и свежести - и среди множества схожих товаров на полке покупатель скорее выберет продукт, который будет наиболее привлекателен внешне. Внешний вид изменяет восприятие вкуса пищи, влияя на вкусовые, обонятельные характеристики и на общее мультисенсорное восприятие вкуса. Поэтому данные цветовые характеристики

стандартизированы и строго контролируются при производстве.

В эксперименте в качестве эталона выступил контрольный образец ржано-пшеничного хлеба без добавок. Цветовые различия эталона и опытных образцов хлеба с 9% фруктовой и овощной паст представлены на рисунке 4.13.



а)



б)

Рисунок 4.13 - Цветовые различия эталона (контроля) и образцов ржано-пшеничного хлеба с добавлением: а) 9% фруктовой пасты, б) 9% овощной пасты

Из полученных результатов установлено, что с добавлением в ржано-пшеничный хлеб фруктовой или овощной паст ось светлости уменьшается,

преобладает коричневый цвет, таким образом, мякиш у контрольного образца хлеба наиболее светлый (рисунок 4.14).

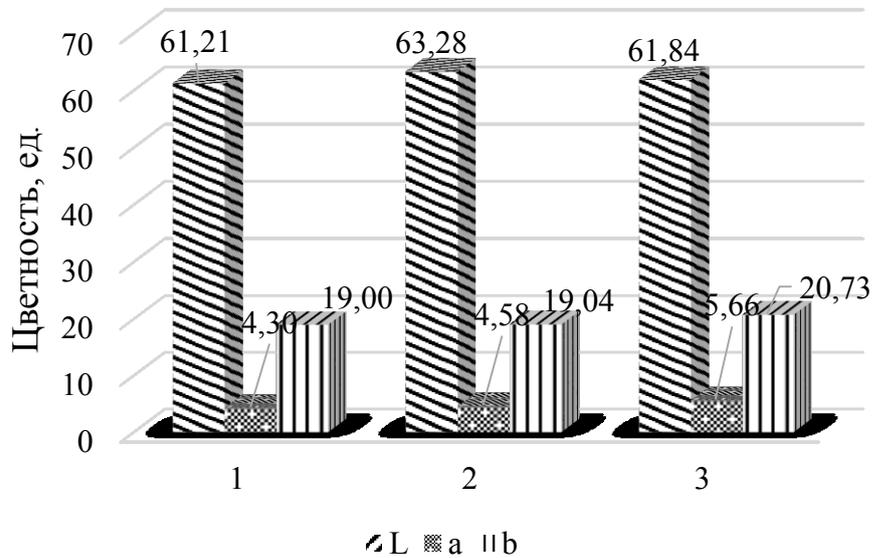


Рисунок 4.14 - Зависимость изменения цвета мякиша хлеба от вида применяемой пасты (1 - эталон (контроль), 2 - образец ржано-пшеничного хлеба с добавлением 9% фруктовой пасты, 3 - образец ржано-пшеничного хлеба с добавлением 9% овощной пасты)

Мякиш ржано-пшеничного хлеба без применения дрожжей хлебопекарных с овощной пастой отличался высоким содержанием красного и желтого оттенков, значения которых у хлеба с фруктовой пастой были ниже на 23,6 и 8,9% соответственно. Наиболее светлый мякиш выявлен у контрольного образца хлеба. Мякиш ржано-пшеничного хлеба с фруктовой и овощной пастами отличался от контроля более высоким содержанием красного и желтого оттенков, соответственно на 6,5-31,6% и 0,2-9,1%.

Комплексная оценка опытных образцов ржано-пшеничного хлеба без применения дрожжей хлебопекарных по ряду физико-химических и органолептических показателей качества позволила установить оптимальную дозировку фруктовой и овощной паст в количестве 9% к массе муки.

4.3 Исследование влияния фруктовой и овощной паст на пищевую и антиоксидантную ценность ржано-пшеничного хлеба

В результате исследования химического состава хлеба с добавлением 9% фруктовой и овощной паст установлено, что разработанные виды хлеба, выгодно отличаются по содержанию пищевых волокон и антиоксидантов (таблице 4.11).

Таблица 4.11 - Химический состав и энергетическая ценность опытных образцов хлеба с добавлением 9% фруктовой и овощной паст (на 100 г продукта)

Показатель	Хлеб ржано-пшеничный (контроль)		Хлеб ржано-пшеничный с фруктовой пастой		Хлеб ржано-пшеничный с овощной пастой	
	содержание пищевых веществ	доля удовлетворения потребности, %	содержание пищевых веществ	доля удовлетворения потребности, %	содержание пищевых веществ	доля удовлетворения потребности, %
Белок, г	6,64±0,1	8,85	6,40±0,01	8,53	6,48±0,1	8,64
Жиры, г	0,97±0,01	1,17	1,21±0,03	1,42	1,08±0,01	1,27
Углеводы, г	45,14±0,2	12,37	44,36±0,01	12,15	44,32±0,2	12,14
Массовая доля сухих веществ, %	59,41±0,01	-	59,31±0,12	-	59,26±0,01	-
Пищевые волокна, г:						
клетчатка	4,37±0,01	14,57	4,91±0,04	16,37	4,98±0,01	16,60
пектиновые вещества	4,37±0,1	17,48	4,79±0,01	19,16	4,85±0,06	19,40
	-	-	0,12±0,01	2,40	0,13±0,001	2,60
Органические кислоты, %	0,64±0,01	-	0,69±0,01	-	0,67±0,01	-
Зола, г	1,65±0,01	-	1,74±0,02	-	1,73±0,02	-
Витамины и вторичные растительные соединения, мг						
С	-	-	3,31±0,03	3,31	10,20±0,03	10,20
В ₁	0,18±0,003	12,00	0,18±0,001	12,00	0,18±0,01	12,00
В ₂	0,07±0,01	3,89	0,10±0,001	5,56	0,09±0,001	5,00
β-каротин	-	-	0,22±0,001	4,40	0,20±0,001	4,00
флавоноиды (катехины, антоцианы, флавонолы)	-	-	6,75±0,01	2,70	38,18±0,01	15,27
ССА, мг	34,8±0,10	-	45,23±0,03	-	49,85±0,04	-
Макро- и микроэлементы, мг						
К	151,21±0,1	4,32	155,42±0,29	4,44	158,64±0,1	4,53
Са	24,22±0,01	2,42	28,45±0,32	2,85	24,95±0,16	2,50
Mg	30,88±0,17	7,35	32,36±0,01	7,70	32,40±0,09	8,10
P	95,25±0,1	13,61	96,56±0,07	13,79	98,16±0,01	9,82
Fe	1,67±0,01	11,93	1,67±0,001	11,93	1,69±0,01	12,07
Cu	0,12±0,01	12,00	0,12±0,001	12,00	0,12±0,001	4,00
Zn	0,77±0,001	6,42	0,78±0,003	6,50	0,77±0,003	5,13
Mn	0,26±0,01	13,00	0,27±0,001	13,50	0,29±0,002	7,40
Энергетическая ценность, ккал	215,85	8,63	213,93	8,56	212,92	8,52

Применение фруктовой и овощной паст в технологии ржано-пшеничного хлеба без применения дрожжей хлебопекарных приводит к незначительному снижению энергетической ценности (213,93 и 212,92 ккал), которая по сравнению с контролем (215,85 ккал) ниже на 1,92 и 2,93 ккал соответственно, обусловленной снижением содержания углеводов.

Хлеб с фруктовой и овощной пастами, в отличие от контроля, содержит в своем составе пектиновые пищевые волокна, и содержание этого нутриента соответственно составило 0,12 и 0,13 г/100г, что восполняет физиологическую потребность организма человека на 2,40% и 2,60%. По совокупному содержанию пектиновых веществ и клетчатки хлеб с фруктовой и овощной пастами относится к продукции функционального назначения, так процент удовлетворения физиологической потребности в пищевых волокнах при употреблении 100 г хлеба составляет соответственно 16,37% и 16,60%.

Фруктовая и овощная пасты являются источником природных антиоксидантов, в том числе витамина С, β -каротина и флавоноидов, и наличие их в рецептуре разработанного хлеба отличает от традиционного повышенной антиоксидантной ценностью. Так, значения суммарного содержания антиоксидантов для хлеба с фруктовой и овощной пастами составили соответственно 45,23 мг/100г и 49,85 мг/100г, что на 30% и 43% выше по сравнению с контролем (34,8 мг/100г). В отличие от контроля, хлеб с фруктовой и овощной пастами содержит такие водо- и жирорастворимые антиоксиданты, как витамин С (3,31 и 10,2 мг/100г), β -каротин (0,22 и 0,2 мг/100г) и флавоноиды (6,75 и 38,18 мг/100г) соответственно. Употребление 100 г хлеба с овощной пастой покрывает физиологическую потребность организма человека в функциональном ингредиенте - флавоноидах на 15,27%.

Добавление фруктовой и овощной паст в хлеб способствовало увеличению в нем содержания витамина рибофлавина (0,10 и 0,09 мг/100г) на 42,9% и 28,6% соответственно, по сравнению с контролем (0,07 мг/100г).

В хлебе с фруктовой пастой возрастает содержание калия, кальция, магния, фосфора и цинка по сравнению с контролем на 2,8% (155,42 мг/100г), 17,5% (28,45

мг/100г), 4,8% (32,36 мг/100г), 1,4% (96,56 мг/100г) и 1,3% (0,78 мг/100г) соответственно, в хлебе с овощной пастой возрастает содержание калия, кальция, магния, фосфора и железа на 4,9% (158,64 мг/100г), 3,0% (24,95 мг/100г), 4,9% (32,40 мг/100г), 3,1% (98,16 мг/100г) и 1,2% (1,69 мг/100г).

Таким образом, разработанные новые виды ржано-пшеничного хлеба без применения дрожжей хлебопекарных с фруктовой и овощной пастами характеризуются наличием в своем составе функциональных ингредиентов: пищевых волокон и флавоноидов (хлеб с овощной пастой).

4.4 Определение свойств ржано-пшеничного хлеба с фруктовой и овощной пастами в процессе хранения и выбор оптимального срока годности

Сохранение свежести является одним из ключевых факторов, определяющих качество хлебобулочных изделий. При обычных температурных условиях во время хранения, появляются первые признаки черствения, которые постепенно усиливаются. Это приводит к потере эластичности, ухудшению вкуса и аромата, а изделия становятся жесткими и крошащимися.

Определены закономерности изменения показателей качества ржано-пшеничного хлеба без применения дрожжей хлебопекарных с добавлением 9% фруктовой и овощной паст. В лабораторных условиях было проведено исследование, где образцы хлеба хранились без упаковки при температуре воздуха 20-25 °С в течение 84 часов, с учетом коэффициента резерва для скоропортящихся продуктов, который составляет 1,5. Качество хлеба в процессе хранения контролировалось через определенные промежутки времени: 16, 24, 36, 48, 60, 72 и 84 часа. Оценка качества проводилась на основе физико-химических показателей и антиоксидантной ценности. Результаты физико-химических показателей контрольных и опытных образцов хлеба в процессе хранения приведены в таблицах 4.12-4.14.

Таблица 4.12 - Показатели влажности контрольного и опытных образцов хлеба с фруктовой и овощной пастами в процессе хранения

Время хранения	Влажность, %		
	хлеб ржано-пшеничный (контроль)	хлеб ржано-пшеничный с 9% фруктовой пасты	хлеб ржано-пшеничный с 9% овощной пасты
16 ч	40,59±0,01	40,69±0,12	40,74±0,2
24 ч	40,22±0,14	40,45±0,1	40,53±0,03
36 ч	39,72±0,01	40,12±0,18	40,22±0,01
48 ч	39,17±0,1	39,61±0,01	39,75±0,07
60 ч	38,97±0,22	39,25±0,13	39,36±0,1
72 ч	38,64±0,01	39,02±0,39	39,11±0,01
84 ч	37,55±0,33	38,10±0,04	38,35±0,01

Влияние фруктовой и овощной паст на показатели пористости и удельного объема хлеба в течение 84 ч хранения по сравнению с контролем представлено в таблице 4.13.

Таблица 4.13 - Показатели пористости и удельного объема контрольного и опытных образцов хлеба с фруктовой и овощной пастами в процессе хранения

Время хранения	Хлеб ржано-пшеничный (контроль)		Хлеб ржано-пшеничный с 9% фруктовой пасты		Хлеб ржано-пшеничный с 9% овощной пасты	
	удельный объем, см ³ /г	пористость, %	удельный объем, см ³ /г	пористость, %	удельный объем, см ³ /г	пористость, %
16 ч	2,00±0,02	62,79±0,03	2,15±0,17	65,12±0,13	2,25±0,01	65,28±0,13
24 ч	1,97±0,02	62,54±0,22	2,13±0,02	64,92±0,41	2,22±0,1	65,02±0,07
36 ч	1,93±0,23	62,21±0,1	2,11±0,04	64,71±0,16	2,19±0,02	64,81±0,04
48 ч	1,89±0,1	61,94±0,02	2,07±0,22	64,32±0,1	2,17±0,04	64,49±0,01
60 ч	1,86±0,04	61,63±0,13	2,01±0,18	63,84±0,04	2,13±0,1	64,03±0,1
72 ч	1,81±0,04	60,21±0,1	1,96±0,13	63,21±0,03	2,04±0,02	63,55±0,22
84 ч	1,71±0,33	58,14±0,02	1,91±0,04	62,03±0,27	1,93±0,14	62,41±0,02

По сравнению с контрольным в опытных образцах хлеба с фруктовой и овощной пастами процессы «черствения» проходили медленнее. Одним из важных

физико-химических показателей качества хлеба, который нормируется требованиями ГОСТ 26984, является влажность, наличие свободной влаги, ее активность и возможность участвовать в физико-химических реакциях. В контрольном образце хлеба усушка через 36 ч была максимальной и составила 2,1%, а в образце с добавлением фруктовой пасты - 1,4%, с добавлением овощной - 1,3%, в опытных образцах хлеба показатель усушки как у контроля достигался спустя 48 ч хранения. Установлено, что при хранении в течение 48 ч влажность хлеба с добавлением фруктовой пасты снизилась 40,69% до 39,61% (на 2,7%), с добавлением овощной пасты - с 40,74% до 39,75% (на 2,5%), в то время как влажность контрольного образца снизилась с 40,59% до 39,17% (на 3,5%), что на 0,8 и 1,0% ниже опытных образцов. Это объясняется тем, что фруктовая и овощная пасты характеризуются повышенным содержанием водорастворимых полисахаридов, которые обладают высокими влагоудерживающими свойствами.

У контрольного образца хлеба в процессе 48 ч хранения удельный объем и пористость уменьшаются на 5,5% (1,89 см³/г) и 1,4% (61,94%) соответственно, тогда как в образце хлеба с добавлением фруктовой пасты удельный объем и пористость через тот же временной период уменьшились на 3,7% (2,07 см³/г) и 1,2% (64,32%) соответственно, с добавлением овощной пасты - на 3,6% (2,17 см³/г) и 1,2% (64,49%). Через 48 часов хранения пористость контрольного образца не соответствовала требованиям ГОСТ 26984.

На начальной стадии хранения у хлеба с фруктовой и овощной пастами показатели удельного объема и пористости были выше, чем у контрольного образца. Данная тенденция сохранилась в процессе всего срока хранения.

Для оценки качества новых видов хлеба, разработанных с добавлением фруктовой и овощной паст, было проведено исследование микробиологических показателей в течение 84 часов хранения. Хлебобулочные изделия подвержены порче от микроорганизмов, поэтому было важно оценить состояние микрофлоры ржано-пшеничного хлеба с добавлением пасты. Для этого были определены такие показатели, как КМАФАнМ, БГКП, *S. aureus*, бактерии рода *Proteus*, а также наличие патогенных микроорганизмов, включая сальмонеллы, и плесени.

Результаты микробиологического анализа новых видов хлеба с фруктовой и овощной пастами представлены в таблице 4.14.

Таблица 4.14 - Микробиологические показатели качества ржано-пшеничного хлеба с фруктовой пастой

№ п.п.	Определяемые показатели	Сроки хранения, ч							Гигиенический норматив	Единицы измерения
		16	24	36	48	60	72	84		
1.	<u>КМАФАнМ</u>	0	0	100	100	200	500	700	<1000	КОЕ/г (см ³)
2.	БГКП	Не обнаружены в 1,0 г (см ³)							1,0	В 1,0 г (см ³)
3.	<u>S. aureus</u>	Не обнаружены в 1,0 г (см ³)							1,0	В 1,0 г (см ³)
4.	Бактерии рода <u>Proteus</u>	Не обнаружены в 0,1 г (см ³)							0,1	В 0,1 г (см ³)
5.	Патогенные, в т.ч. <u>сальмонеллы</u>	Не обнаружены в 25 г (см ³)							25	В 25 г (см ³)
6.	Плесени	<1	<1	<1	2	6	18	52	<50	КОЕ/г (см ³)

Таблица 4.15 - Микробиологические показатели качества ржано-пшеничного хлеба с овощной пастой

№ п.п.	Определяемые показатели	Сроки хранения, ч							Гигиенический норматив	Единицы измерения
		16	24	36	48	60	72	84		
1.	<u>КМАФАнМ</u>	0	0	100	200	300	400	800	<1000	КОЕ/г (см ³)
2.	БГКП	Не обнаружены в 1,0 г (см ³)							1,0	В 1,0 г (см ³)
3.	<u>S. aureus</u>	Не обнаружены в 1,0 г (см ³)							1,0	В 1,0 г (см ³)
4.	Бактерии рода <u>Proteus</u>	Не обнаружены в 0,1 г (см ³)							0,1	В 0,1 г (см ³)
5.	Патогенные, в т.ч. <u>сальмонеллы</u>	Не обнаружены в 25 г (см ³)							25	В 25 г (см ³)
6.	Плесени	<1	<1	<1	3	7	21	53	<50	КОЕ/г (см ³)

В результате микробиологических исследований установлено, образцы ржано-пшеничного хлеба без применения дрожжей хлебопекарных с фруктовой и овощной пастами имеют срок годности 48 ч и соответствуют требованиям

Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 021/2011.

Оценка физико-химических показателей сопровождалась органолептической. Образцы также оценивали 84 часа с интервалом 12 часов (рисунок 4.15).

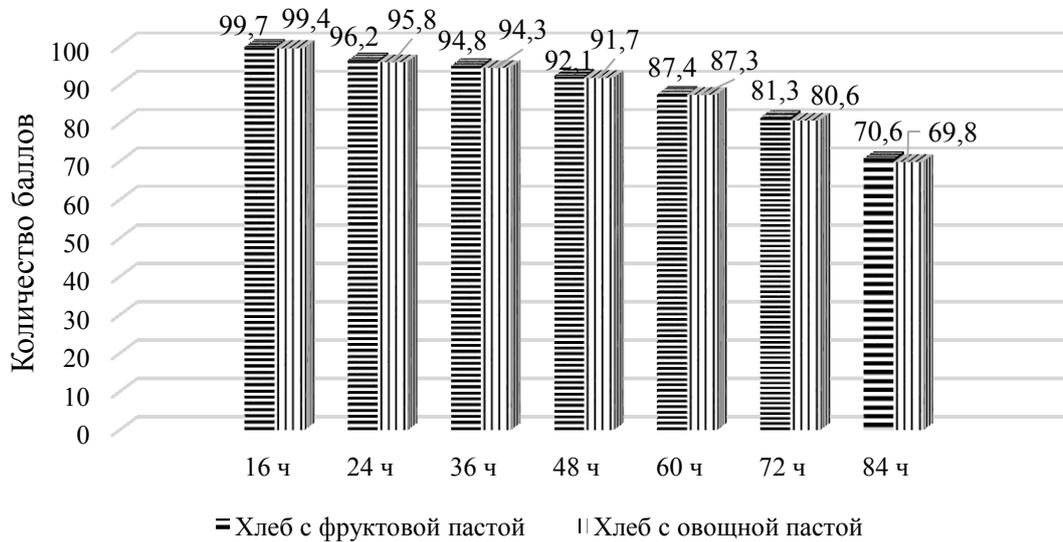


Рисунок 4.15 - Изменения органолептических показателей хлеба в процессе хранения

По органолептическим показателям наблюдали отличное качество до 48 часов хранения, затем показатели качества начинали постепенно ухудшаться, так, при хранении 60-72 часа изделия имели хорошее качество, 84 часа - удовлетворительное.

Таким образом, применение фруктовой и овощной паст в технологии ржано-пшеничного хлеба позволяет пролонгировать срок его хранения с 36 до 48 ч, при этом сохраняются высокие показатели качества хлеба.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что внесение фруктовой и овощной паст в хлеб повышает его антиоксидантную ценность. Большой интерес представило изучение динамики антиоксидантной ценности хлеба в процессе хранения. Результаты определения суммарного содержания антиоксидантов (по кверцетину) в хлебе с фруктовой и овощной пастами по сравнению с контролем представлены в таблице 4.16.

Таблица 4.16 - Показатели суммарного содержания антиоксидантов в контрольном и опытных образцах хлеба с фруктовой и овощной пастами в процессе хранения

Время хранения	Хлеб ржано-пшеничный (контроль)	Хлеб ржано-пшеничный с 9% фруктовой пасты	Хлеб ржано-пшеничный с 9% овощной пасты
16 ч	34,80±0,10	45,23±0,03	49,85±0,04
24 ч	34,11±0,33	44,82±0,01	49,33±0,13
36 ч	33,59±0,04	44,29±0,22	48,75±0,03
48 ч	33,04±0,12	43,70±0,16	48,09±0,19

В процессе хранения (48 часов) отмечается частичное разрушение антиоксидантов, так, в традиционном ржано-пшеничном хлебе потери составили 1,76 мг/100г (5,1%), в хлебе с фруктовой пастой - 1,53 мг/100г (3,4%) и овощной пастой - 1,76 мг/100г (3,7%), что, вероятно, связано с высоким содержанием и разнообразным составом антиоксидантов в этих образцах, которые, действуя совместно, создали синергетический эффект и способствовали их стабильности во время хранения.

4.5 Оценка относительной безопасности и биотической ценности ржано-пшеничного хлеба с фруктовой и овощной пастами

«Для экспертизы разработанных новых видов хлеба в сравнении с контролем использовали метод биотестирования с простейшими, в качестве тест-объекта применяли инфузории *Paramecium caudatum*.

Мониторинг состояния популяции *P. caudatum*, развивавшейся в экспериментальных субстратах показал отсутствие биоцидного действия по отношению к инфузориям (таблица 4.17).

При определении численности инфузорий, выращиваемых на субстрате с исследуемыми образцами в сравнении с контрольным субстратом, было установлено, что при исследуемых концентрациях наблюдалась более высокая репродуктивная активность на всех контрольных точках. Так, в субстратах,

содержащих хлеб с фруктовой и овощной пастами, численность популяции выросла относительно контроля соответственно на 116,28% (29575) и 141,85% (36082).

Таблица 4.17 - Численность популяции *P. caudatum*, культивируемой в среде на основе экспериментальных образцов хлеба ($P < 0,05$).

№ п.п.	Образец	Численность популяции
1	Хлеб ржано-пшеничный (контроль)	25435±1311
2	Хлеб ржано-пшеничный с овощной пастой	36082±1750
3	Хлеб ржано-пшеничный с фруктовой пастой	29575±1400
В% к контрольному образцу		
1	Хлеб ржано-пшеничный с овощной пастой	141,86
2	Хлеб ржано-пшеничный с фруктовой пастой	116,28

Инфузории, культивируемые на субстрате с хлебом, содержащим фруктовую и овощную пасты, имели более высокий биологический потенциал во всех исследуемых концентрациях по сравнению с контрольным образцом (0,265). За всю продолжительность жизненного цикла этот потенциал составлял соответственно 0,308 и 0,376 (таблица 4.18).

Стандартизованную относительную биологическую ценность исследуемых объектов рассчитывали по отношению к яичному белку через 48 ч инкубации. При расчете показателей биологической ценности учитывалось отсутствие биоцидного воздействия исследуемого объекта на *P. caudatum*.

Таблица 4.18 - Биотический потенциал *P. caudatum*, культивировавшейся в среде на основе экспериментальных образцов хлеба ($P < 0,05$).

№ п.п.	Образец	Биотический потенциал
1	Хлеб ржано-пшеничный (контроль)	0,265
2	Хлеб ржано-пшеничный с овощной пастой	0,376
3	Хлеб ржано-пшеничный с фруктовой пастой	0,308

По результатам исследования установлено, что СОБЦ исследуемых объектов, содержащих хлеб с фруктовой (116,28) и овощной пастами (141,86), превосходит

показатель, полученный при исследовании контрольного образца (100,00) (таблица 4.19).

Таблица 4.19 - Биологическая ценность экспериментальных образцов хлеба *P. Caudatum* ($P < 0,05$).

№ п.п.	Образец	Стандартизованная относительная биологическая ценность
1	Хлеб ржано-пшеничный (контроль)	100,00
2	Хлеб ржано-пшеничный с овощной пастой	141,86
3	Хлеб ржано-пшеничный с фруктовой пастой	116,28

По результатам исследования установлено, что СОБЦ исследуемых объектов превосходит показатели, полученные при исследовании контрольного образца.

Проведены исследования по оценке влияния на тест-культуру *Parametium caudatum* субстратов, полученных на основе хлеба ржано-пшеничного (контроль), хлеба ржано-пшеничного с овощной пастой без применения дрожжей хлебопекарных, хлеба ржано-пшеничного с фруктовой пастой без применения дрожжей хлебопекарных. В результате эксперимента было установлено, что продолжительность жизни инфузорий зависит от содержания хлорида натрия и устойчивости этих организмов к стресс-фактору во всех изученных концентрациях образцов хлеба (1:1000, 1:10000 и 1:100000). Продолжительность жизни тест-организмов увеличивалась по сравнению с контролем при введении раствора хлорида натрия в дозах от 0,1 до 0,4 см³, и их жизненные функции продолжали сохраняться при более высоких дозах. Наименьшая разница в продолжительности жизни была замечена между экспериментальными образцами и контролем при минимальных дозировках стресс-фактора (0,1-0,2 см³) (таблица 4.20).

У контрольных тест-организмов было выявлено, что они могут выдерживать максимальное количество стресс-фактора в размере 0,4 см³. В то же время, у инфузорий, выращиваемых в среде с ржано-пшеничным хлебом без добавления дрожжей хлебопекарных и содержащих фруктовую пасту количество составляло 0,6; 0,5 и 0,4 см³ при разведениях соответственно 1:100000, 1:10000 и 1:1000. А у

инфузорий, выращиваемых в среде с ржано-пшеничным хлебом с овощной пастой без добавления дрожжей хлебопекарных - 0,5; 0,5 и 0,4 см³.

Таблица 4.20 - Результаты стресс-теста на *P. Caudatum*, культивировавшейся в среде на основе экспериментальных образцов хлеба

№ п.п.	Образец	Концентрация исследуемого вещества	Объём раствора натрия хлорида 10%, см ³						
			0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
1	Хлеб с овощной пастой	1:1000	8,8	6,2	4,6	3,4	1,0	0	0
		1:10000	9,1	7,1	3,4	2,1	1,0	0	0
		1:100000	9,2	7,6	2,5	1,0	0	0	0
2	Хлеб с фруктовой пастой	1:1000	8,9	6,4	3,5	2,8	1,5	1,0	0
		1:10000	9,0	7,0	3,8	3,1	1,0	0	0
		1:100000	8,9	7,7	4,1	1,3	0		0
3	Хлеб (контроль)	1:1000	9,0	8,5	4,2	1,0	0	0	0
		1:10000	8,9	4,4	1,2	0	0	0	0
		1:100000	9,0	2,2	0	0	0	0	0

Как показали проведённые исследования, разработанные новые виды хлеба не обладают биоцидным действием и, соответственно, являются малоопасными продуктами. Опытные образцы, относительно контрольного субстрата на основе традиционного хлеба ржано-пшеничного, проявляли большую генеративную функцию. Установлено, что стандартизованная относительная биологическая ценность исследуемых опытных образцов хлеба с фруктовой и овощной пастами превосходит биологическую ценность контрольного хлеба ржано-пшеничного.

Исследование стресс устойчивости *P. Caudatum* показало, что введение в культуральную среду субстратов, полученных на основе хлеба с фруктовой и овощной пастами при соотношении 1:1000, приводит к увеличению стресс-устойчивости организмов» [128].

4.6 Разработка рецептур и технологии новых видов ржано-пшеничного хлеба функционального назначения с фруктовой и овощной пастами без применения дрожжей хлебопекарных

Разработаны технологическая схема и рецептуры производства новых видов ржано-пшеничного хлеба без применения дрожжей хлебопекарных «Фруктовое настроение» (9% фруктовой пасты) и «Овощная гармония» (9% овощной пасты), представленные на рисунке 4.16, в таблице 4.21.

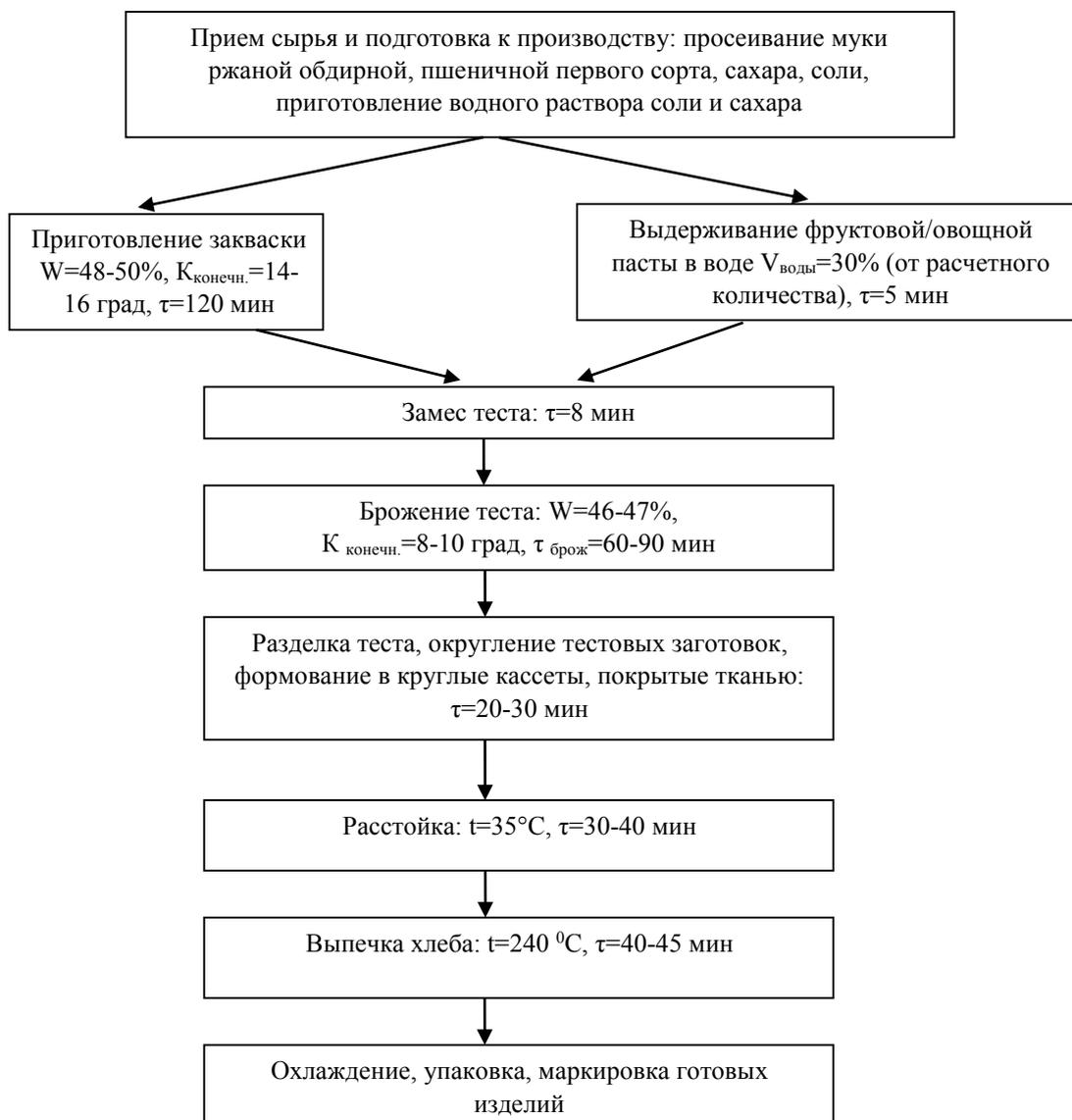


Рисунок 4.16 - Технологическая схема производства ржано-пшеничного хлеба без применения дрожжей хлебопекарных «Фруктовое настроение» и «Овощная гармония»

Таблица 4.21 - Рецептуры приготовления ржано-пшеничного хлеба без применения дрожжей хлебопекарных «Фруктовое настроение» и «Овощная гармония»

Наименование сырья	Хлеб «Фруктовое настроение»	Хлеб «Овощная гармония»
	Количество, кг	
Закваска ржаная густая	57,0	57,0
Мука пшеничная хлебопекарная первого сорта	50,0	50,0
Мука ржаная хлебопекарная обдирная	17,0	17,0
Паста фруктовая	9,0	-
Паста овощная	-	9,0
Сахар белый	3,0	3,0
Соль пищевая	1,5	1,5
Вода	по расчету	по расчету

Для производства новых видов хлеба с добавлением фруктовой и овощной паст рекомендован периодический способ приготовления теста из смеси ржаной обдирной муки и пшеничной хлебопекарной муки первого сорта на густой закваске, полученной с использованием спонтанного брожения, без хлебопекарных дрожжей. Закваска разделяется на две части – одна используется для замеса теста, вторая - для возобновления закваски. Закваска имеет влажность от 48 до 50%, кислотность от 14 до 16 град и подъемную силу от 18 до 25 мин.

Тесто готовят следующим способом: муку ржаную хлебопекарную обдирную, пшеничную хлебопекарную первого сорта, сахар, соль просеивают, готовят водный раствор соли и сахара, овощную или фруктовую пасту смешивают и выдерживают с водой (30% от расчетного количества) в течение 5 мин. Далее подготовленные ингредиенты смешиваются с густой ржаной закваской и водой. Замешенное тесто оставляют на брожение.

Выброженное готовое тесто разделяют делительными машинами, затем тестовые заготовки укладывают в круглые кассеты, покрытые тканью, и направляют на расстойку в течение 30-40 мин. Выпекают хлеб в увлажненной

пекарной камере при температуре 240 °С в течение 40-45 мин, перед выемкой из печи производят опрыскивание водой.

Ржано-пшеничный хлеб без применения дрожжей хлебопекарных «Фруктовое настроение» и «Овощная гармония» рекомендуется для здорового питания, в том числе функционального.

Выводы по четвертой главе

Установлена эффективность применения фруктовой и овощной паст в технологии ржано-пшеничного теста. Определен способ внесения пасты - с предварительной обработкой фруктовой и овощной паст путем набухания в воде в течение 5 мин, благодаря чему сокращается продолжительность брожения и улучшаются структурно-механические свойства теста.

Изучено влияние фруктовой и овощной паст в качестве рецептурных ингредиентов на свойства ржано-пшеничного хлеба, заключающееся в изменении реологических и физико-химических характеристик, обеспечивающих высокие органолептические показатели качества. Доказано, что применение паст позволяет увеличить значения показателей качества: кислотности до 5,48%, пористости до 0,37%, формоустойчивости до 25,58%, удельного объема до 12,50%. По результатам комплексной оценки установлена оптимальная дозировка фруктовой и овощной паст в количестве 9% к массе муки.

Проведены исследования влияния паст на пищевую и антиоксидантную ценность ржано-пшеничного хлеба. Новые виды хлеба обладают высокой пищевой и антиоксидантной ценностью, благодаря содержанию пищевых волокон, витамина С, β-каротина, флавоноидов, рибофлавина, калия, кальция, магния, фосфора, цинка, марганца, а также аминокислот. Содержание пищевых волокон в хлебе с фруктовой и овощной пастами составляет 4,91 и 4,98 г/100г, что составляет 16,37% и 16,60% от физиологической потребности.

Установлен рекомендуемый срок годности ржано-пшеничного хлеба с фруктовой и овощной пастами без упаковки - 48 часов при температуре не ниже +6°С, обеспечивающий сохранение качества продукта с учетом коэффициента резерва.

Проведена оценка относительной безопасности и биотической ценности ржано-пшеничного хлеба с фруктовой и овощной пастами, показавшая превосходство относительной биологической ценности, генеративной функции и стресс-устойчивости исследуемых опытных образцов хлеба с фруктовой и овощной пастами над контрольным. Разработанные новые виды хлеба не обладают биоцидным действием и, соответственно, являются малоопасными продуктами.

Разработаны рецептуры и технологии новых видов ржано-пшеничного хлеба без применения дрожжей хлебопекарных с заданным химическим составом и обогащенные функциональными ингредиентами фруктовой и овощной паст.

Проведены производственные испытания по приготовлению хлебобулочных изделий без применения дрожжей хлебопекарных с добавлением фруктовой и овощной паст произведены в промышленных условиях АО «Знак Хлеба» (г. Саратов Саратовской обл.) и ИП Ларионов П.Н. (г. Тамбов Тамбовской обл.).

Глава 5 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА РЖАНО-ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Под объектом для оценки экономической эффективности разработанного хлеба понимается разработка фруктовой и овощной паст и новых изделий ржано-пшеничного с их добавлением.

Экономическая эффективность - это соотношение между полученными результатами производства - продукцией и услугами, с одной стороны, и затратами труда и средств производства - с другой. Для выявления экономической эффективности от введения фруктовой и овощной паст в технологию ржано-пшеничного хлеба «Столичного» были рассмотрены основные экономические показатели.

Использование паст в технологии ржано-пшеничного хлеба имеет ряд значительных преимуществ, которые способствуют улучшению качества готовых изделий и продлению их срока годности. Пасты, добавляемые в процессе производства, обладают свойствами, которые положительно влияют на готовый продукт. Во-первых, они способствуют улучшению текстуры и структуры хлеба, увеличивают вязкость теста, что приводит к формированию более равномерной и плотной структуры хлеба. Это делает его более мягким, упругим и приятным на вкус. Во-вторых, использование паст способствует повышению объема и пористости хлеба. Пасты содержат вещества, которые способны удерживать углекислый газ, образующийся в процессе брожения.

Кроме того, пасты являются источником антиоксидантов, которые помогают задерживать окислительные процессы в продукте, что позволяет продлить срок годности хлеба, сохраняя его свежесть и качество на протяжении более длительного периода времени. Благодаря этому, производство ржано-пшеничного хлеба становится экономически целесообразным, поскольку продукт может храниться и транспортироваться дольше без потери своих потребительских

свойств.

В данном разделе рассмотрены два основных вида расчета - себестоимость фруктовой и овощной паст и стоимость хлеба с ними.

5.1 Определение себестоимости фруктовой и овощной паст

На первом этапе была рассчитана стоимость сырья для добавок к хлебу «Фруктовое настроение» и «Овощная гармония». Внедрение новых видов хлеба в уже существующую технологию будет наименее затратным и более выгодным. Предположим, что предприятие будет в день вместо традиционного выпекать 1 подъем нового хлеба в количестве 504 шт. на первом этапе, следовательно, в год предприятие будет производить по 68,5 тонн каждого вида хлеба функционального назначения (таблицы 5.1-5.2).

Таблица 5.1 - Расчет общей суммы дополнительных затрат, связанных с производством добавок, руб.

Наименование	Сырье	Зарплата с отчислениями	Эл. энергия	Аморт. отчис.	Всего
Фруктовая паста	40726,96	8729,62	6416,83	4621,83	60495,24
Овощная паста	38847,24	8316,62	6158,95	4402,95	57725,76
Итого	79574,21	17046,24	12575,78	9024,78	118221,00

Таблица 5.2 - Себестоимость добавок

Добавки	Количество пасты на год, кг	Всего затрат, тыс. руб.	Себестоимость 1 кг добавки, руб.	Добавки на 1 т хлеба	
				кг	сумма, руб.
Фруктовая паста	376,80	60495,24	160,55	54,88	8810,98
Овощная паста	376,80	57725,76	153,20	54,88	8407,62

Себестоимость добавок варьирует от 160,55 до 153,20 рублей за 1 кг пасты и

от 60,50 до 57,70 тыс. руб. за весь объем необходимого сырья на год.

5.2 Расчет экономической эффективности производства функционального ржано-пшеничного хлеба «Фруктовое настроение» и «Овощная гармония»

Была составлена смета для определения общей стоимости сырья, включающая все его виды, отдельную стоимость каждого вида и совокупные расходы на сырье, необходимое для производства заданного объема готовой продукции. Цены на сырье были взяты из таблицы 5.3, основываясь на оптовых закупочных ценах.

Таблица 5.3 - Калькуляция себестоимости сырья на 1 т хлеба

Сырье	Цена за 1 кг, руб.	Хлеб «Столичный»		Хлеб «Фруктовое настроение»		Хлеб «Овощная гармония»	
		Расход, кг	Сумма, руб.	Расход, кг	Сумма, руб.	Расход, кг	Сумма, руб.
Мука пшеничная хлебопекарная первого сорта	16,10	320,51	5160,26	304,88	4908,54	304,88	4908,54
Мука ржаная хлебопекарная обдирная	15,20	320,51	4871,79	304,88	4634,15	304,88	4634,15
Дрожжи	90,00	3,21	288,46	0,00	0,00	0,00	0,00
Соль	12,00	9,62	115,38	9,15	109,76	9,15	109,76
Сахар	52,50	19,23	1009,62	18,29	960,37	18,29	960,37
вода	0,05	448,08	22,40	426,22	21,31	426,22	21,31
Паста фруктовая	220,50	0,00	0,00	54,88	8810,98	0,00	0,00
Паста овощная	217,80	0,00	0,00	0,00	0,00	54,88	8407,62
Итого	-	-	11467,92	-	19445,10	-	19041,73

При расчете были учтены не только сырьевые затраты, но и эксплуатационные расходы, включающие следующие составляющие: заработная плата производственного персонала, занятого на технологической линии; отчисления на социальные нужды во внебюджетные государственные фонды, такие как Пенсионный фонд РФ, фонд обязательного медицинского страхования и фонд социального страхования; амортизационные отчисления на технологическое оборудование; затраты на ремонт оборудования и техническое обслуживание; стоимость израсходованной электроэнергии; стоимость израсходованного топлива (природного газа) и другие расходы. Размеры выплат и процентные ставки для отчислений на социальные нужды определяются законодательством и зависят от общего или льготного режима налогообложения: общий размер социальных отчислений составляет 30,2%, а в льготном режиме налогообложения - 26,0% от общего фонда заработной платы.

В процессе эксплуатации все виды оборудования подвергаются естественному износу: мебель, технические устройства, производственное оборудование, автотранспорт и прочие основные средства со временем теряют свои первоначальные качества, устаревают, их техническое состояние ухудшается, что, соответственно приводит к снижению стоимости. Техническое обслуживание хлебопекарного оборудования представляет собой комплекс мероприятий, направленных на обеспечение его бесперебойной работы.

Объемы потребления топлива и электроэнергии для технологических целей определялись на основе ГосНИИХП «Инструкции по нормированию расхода топлива на хлебопекарных предприятиях при производстве хлеба и хлебобулочных изделий», «Рекомендаций по расчету норм расхода топлива и тепловой энергии на хлебопекарных предприятиях» и «Инструкций по нормированию расхода электроэнергии на хлебопекарных предприятиях при производстве хлеба и хлебобулочных изделий» (таблица 5.4).

Из данных таблицы можно сделать вывод, что в значительной степени увеличилась цена на сырье от 66,0 до 69,6%, следовательно, выросла и себестоимость 1 т хлеба на 22,9-24,1%. Затраты на электроэнергию, топливо,

заработную плату с отчислениями на социальные нужды, амортизацию и общехозяйственные расходы изменились незначительно, так как введение паст в технологию хлеба не вносит существенных изменений в технологические операции по производству продукта.

В качестве ориентира для определения верхней границы цены выступают цены конкурирующих видов хлеба. Цена может превышать эту границу только в случае явно выраженного превосходства в качестве данного вида хлеба над другим видом.

Таблица 5.4 - Калькуляция себестоимости производства 1 т хлеба с фруктовой и овощной пастами

Статьи затрат	Хлеб «Столичный»		Хлеб «Фруктовое настроение»		Хлеб «Овощная гармония»	
	руб.	в% к итогу	руб.	в% к итогу	руб.	в% к итогу
Сырье	11467,92	34,66	19445,10	47,36	19041,73	46,83
Электророзэнергия	981,46	2,97	981,46	2,39	981,46	2,41
Топливо	1608,51	4,86	1608,51	3,92	1608,51	3,96
Заработная плата с отчислениями на социальные нужды	14707,81	44,46	14707,81	35,82	14707,81	36,17
Амортизация	414,17	1,25	414,17	1,01	414,17	1,02
Общехозяйственные расходы	3904,00	11,80	3904,00	9,51	3904,00	9,60
Себестоимость 1 т	33083,87	100,00	41061,05	100,00	40657,68	100,00

Отпускную цену можно определить несколькими способами: путем анализа цен конкурентов и путем подсчета среднеотраслевой прибыли. В наших исследованиях цену рассчитывали первым способом, так как при проведении маркетинговых исследований было установлено, что присутствуют некоторые виды функциональных хлебобулочных изделий, представленные фирмами «Золотой ключик», «Хлебушки», «Хлебный дом» и др. (таблица 5.5).

Расчет цены показал увеличение оптовой и розничной цен разработанных изделий с добавлением фруктовой и овощной паст по сравнению с контрольным (хлеб «Столичный») на 31,6-31,4% и 31,4-31,2% соответственно. Это связано с включением в рецептуры дополнительного сырья, увеличивающего общую стоимость сырья и транспортно-заготовительные расходы. Однако оптовая цена новых видов хлебобулочных изделий находится в ценовой категории изделий функционального назначения, которая несколько выше цены изделий массовых сортов.

Таблица 5.5 - Определение цены исходя из превосходства новых видов хлеба над другими видами хлеба для здорового питания

Статьи затрат	Хлеб «Столичный»	Хлеб «Фруктовое настроение»	Хлеб «Овощная гармония»
Себестоимость 1 т, руб.	33083,87	41061,05	40657,68
Прибыль, руб.	5293,42	9444,04	9757,84
Уровень рентабельности, %	16,0	23,0	24,0
Оптовая цена 1 т, руб.	38377,29	50505,09	50415,52
Оптовая цена 1 шт. (0,55 кг), руб.	21,11	27,78	27,73
Упаковка 1 шт., руб.	0,20	0,22	0,22
Оптовая цена с упаковкой 1 шт., руб.	21,31	28,00	27,95
НДС, %	10,00	10,00	10,00
Цена с НДС 1 шт., руб.	23,44	30,80	30,75
Торговая надбавка, %	15,00	15,00	15,00
Розничная цена 1 шт., руб.	26,96	35,42	35,36

Прибыль от реализации 1 т новых видов хлеба без применения дрожжей хлебопекарных увеличится на 78,4-84,3%, уровень рентабельности вырастет на 7,0-8,0%. Производственно-экономические показатели внедрения в производство нового продукта представлены в таблице 5.6.

Под экономическим эффектом понимается дополнительная валовая прибыль, которую получит предприятие за счет расширения ассортимента выпускаемой продукции. Согласно расчетам, предприятие сможет дополнительно получить 284,32 и 305,81 тыс. руб. прибыли на годовой объем производства - 68,5 тонн каждого вида хлеба. Прибыль от выпуска 1 т хлеба с фруктовыми и овощными пастами составит соответственно 9444,04 и 9757,84 руб., уровень рентабельности – 23,0 и 24,0%.

Таблица 5.6 - Производственно-экономические показатели внедрения в производство нового вида хлеба «Фруктовое настроение» и «Овощная гармония» с различными пастами в год

Показатели	Хлеб «Столичный»	Хлеб «Фруктовое настроение»	Хлеб «Овощная гармония»
Объем выпуска продукции, т	1463,62	68,50	68,50
Себестоимость 1 т продукции, руб.	33083,87	41061,05	40657,68
Себестоимость реализованной продукции, тыс. руб.	48422,21	2812,68	2785,05
Цена реализации 1 т	38377,29	50505,09	50415,52
Выручка без НДС, тыс. руб.	59559,32	3459,60	3425,61
Валовая прибыль, тыс. руб.	11137,11	646,92	640,56
Прибыль на 1 т, руб.	5293,42	9444,04	9757,84
Дополнительная прибыль: на 1 т, руб.	-	4150,62	4464,42
на годовой объем производства, тыс. руб.	-	284,32	305,81

В результате внедрения новых видов продукции, изменения структуры объема выпускаемой продукции дополнительная прибыль может быть увеличена.

Внедрение в отрасль хлебопекарной промышленности хлебобулочных изделий без применения дрожжей хлебопекарных с введением в их рецептуру функциональных ингредиентов позволяет достигнуть определенный экономический и социальный эффекты.

Социальная значимость внедрения разработанных рецептур изделий заключается в следующем:

1. расширение ассортимента хлебобулочных изделий функционального назначения, выпускаемых предприятиями отрасли;
2. улучшение вкусовых и пищевых достоинств изделий;
3. обогащение хлеба антиоксидантами, пищевыми волокнами, флавоноидами, которые способны удовлетворить часть суточной потребности организма человека;
4. возможность использования разработанных изделий в профилактическом и здоровом питании.

Таким образом, расчеты экономической эффективности разработанных технологий производства хлебобулочных изделий функционального назначения с добавлением фруктовой и овощной паст подтверждают выводы о конкурентоспособности данной продукции на рынке.

Выводы по пятой главе

Новые виды хлебобулочных изделий характеризуются повышенным содержанием функциональных ингредиентов. Результирующим экономическим эффектом является увеличение основных экономических показателей - прибыли и уровня рентабельности.

Определена себестоимость функциональных ингредиентов, которая варьирует от 160,55 до 153,20 рублей за 1 кг пасты и от 60,50 до 57,70 тыс. руб. за весь объем необходимого сырья на год. Прибыль от выпуска 1 т хлеба с фруктовыми и овощными пастами составит соответственно 9444,04 и 9757,84 руб., уровень рентабельности – 23,0 и 24,0%. В результате внедрения новых видов продукции, изменения структуры объема выпускаемой продукции дополнительная прибыль может быть увеличена.

Внедрение в отрасль хлебопекарной промышленности хлебобулочных изделий без применения дрожжей хлебопекарных с введением в их рецептуру функциональных ингредиентов позволит достигнуть определенный экономический и социальный эффекты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Плоды рябины, боярышника, капуста брокколи, перец сладкий, листья мяты и шишки хмеля могут выступать в качестве дополнительного источника природных антиоксидантов: витамина С (18,7-284,9 мг/100г), β -каротина (0,6-7,3 мг/100г), антоцианов (3,5-206,9 мг/100г), флавонолов (26,8-492,3 мг/100г) и катехинов (0,5-86,1 мг/100г) при производстве растительных полуфабрикатов и пищевых продуктов с их применением для функционального питания.

2. Установлены оптимальные значения удельной работы СВЧ-нагрева растительного сырья, при которых наблюдается максимальное увеличение суммарного содержания антиоксидантов (на 48,05-180,18%) в полуфабрикатах (пюре из фруктов и овощей, порошки из трав) по сравнению со свежим сырьем, наряду с достижением высокого качества по органолептическим и физико-химическим показателям для: плодов рябины - 560 Вт/г·с; плодов боярышника - 700 Вт/г·с; капусты брокколи - 1260 Вт/г·с; перца сладкого - 1680 Вт/г·с; листьев мяты - $126 \cdot 10^2$; шишек хмеля - $54,6 \cdot 10^2$ Вт/г·с. Выявлено преимущество СВЧ-нагрева над бланшированием и конвективной сушкой растительного сырья, при котором содержание антиоксидантов в полуфабрикатах выше на 36,74-188,44%. Применение СВЧ-нагрева при производстве пюре из плодов рябины, боярышника, капусты брокколи, перца сладкого и порошков из листьев мяты и шишек хмеля способствует увеличению содержания витаминов и флавоноидов, являющихся природными антиоксидантами: витамина С – в 1,15-1,81 раза, β -каротина – в 1,07-1,53 раза, антоцианов – в 1,07-3,87 раза, флавонолов в 1,12-1,56 раза и катехинов в 1,07-17,98 раз по сравнению с традиционными способами обработки.

3. При СВЧ-обработке растительного сырья качественные изменения в содержании пектиновых веществ проявляются в увеличении содержания водорастворимого пектина в среднем на 1,29-5,67 раз по сравнению со свежим сырьем, что обуславливает повышение проницаемости клеточных мембран и содержания водорастворимых антиоксидантов в свободной форме.

4. Разработаны рецептуры и технологии фруктовой (пюре из рябины и

боярышника, порошок из листьев мяты) и овощной паст (пюре из капусты брокколи и перца сладкого, порошок из шишек хмеля) с применением СВЧ-нагрева. Фруктовая и овощная пасты характеризуются высоким содержанием (более 15% от суточной потребности) функциональных ингредиентов: клетчатки, пектиновых веществ, витамина С, β -каротина, флавоноидов, кальция и марганца, что позволяет использовать их при производстве продуктов питания функционального назначения. С учетом коэффициента резерва, микробиологических и органолептических показателей установлен срок годности фруктовой и овощной паст – 12 месяцев.

5. Определена оптимальная дозировка фруктовой и овощной паст в рецептуре ржано-пшеничного хлеба без применения дрожжей хлебопекарных в количестве 9% к массе муки с предварительным набуханием в воде, позволяющая улучшить качество изделий по органолептическим, физико-химическим и реологическим показателям качества. Использование фруктовой и овощной паст приводит к увеличению показателей кислотности и вязкости теста, характеризующих его готовность и качество, соответственно на 10,50-5,62% и 64,40-71,88% по сравнению с контролем. Качество готового ржано-пшеничного хлеба с фруктовой или овощной пастой выше, чем у контроля на 9,39-5,48% по кислотности, 0,25-0,37% по пористости, 20,93-25,58% по формоустойчивости, 7,50-12,50% по удельному объему.

6. Новые виды ржано-пшеничного хлеба без применения дрожжей хлебопекарных рекомендуются для здорового, в том числе функционального питания, так употребление 100 г хлеба с 9% фруктовой или овощной пасты удовлетворяет физиологическую потребность организма человека в пищевых волокнах на 16,37% и 16,60%, флавоноидах – 2,7-15,27% соответственно. Применение фруктовой и овощной паст в технологии ржано-пшеничного хлеба позволяет пролонгировать срок годности с 36 ч до 48 ч при сохранении высоких показателей качества и соответствии требованиям ТР ТС 021/2011.

7. Экспертиза новых видов хлеба методом биотестирования с простейшими *P. Caudatum* показала, что они не обладают биоцидным действием и,

соответственно, являются малоопасными продуктами, их относительная биологическая ценность превосходит контроль. Введение в культуральную среду субстратов, полученных на основе образцов ржано-пшеничного хлеба без применения дрожжей хлебопекарных с фруктовой и овощной пастами при соотношении 1:1000, приводит к максимальному увеличению стресс-устойчивости организмов при воздействии раствора натрия хлорида 10% в объемах от 0,4 до 0,6 см³, тогда как максимальное количество стресс-фактора, которое выдерживали контрольные тест-организмы, составило 0,4 см³.

8. Разработаны рецептуры и технология новых видов ржано-пшеничного хлеба без применения дрожжей хлебопекарных с добавлением фруктовой и овощной паст: «Фруктовое настроение» и «Овощная гармония».

9. Определена ожидаемая экономическая эффективность от производства новых видов хлебобулочных изделий, которая составит: для хлеба «Фруктовое настроение» - 9444,04 руб., для хлеба «Овощная гармония» - 9757,84 руб. на 1 т готовой продукции.

10. Разработаны проекты нормативной документации СТО 00493534-001-2021 «Пасты: фруктовая и овощная», СТО 00493534-002-2022 «Изделия хлебобулочные из смеси ржаной и пшеничной муки с фруктовой и овощной пастами для функционального питания». Проведена производственная апробация новых видов ржано-пшеничного хлеба функционального назначения в условиях АО «Знак хлеба» (Саратовская область, г. Саратов) и ИП Ларионова С.Г. (Тамбовская область, г. Тамбов).

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы

1. Разработанные технологии и рецептуры фруктовой, овощной паст с высоким содержанием функциональных ингредиентов, в том числе антиоксидантов, и ржано-пшеничного хлеба с их применением рекомендуются к использованию на предприятиях консервной и хлебопекарной промышленности.

2. Результаты научных исследований будут взяты за основу при разработке широкой линейки хлебобулочных изделий, направленных на здоровое питание, с применением фруктовой и овощной паст как по отдельности, так и в комбинации

друг с другом с целью обеспечения наряду с расширением вкусовых характеристик эффекта синергизма в отношении антиоксидантной ценности готового продукта, включение которого в рацион питания человека будет способствовать укреплению его резистентности к неблагоприятным факторам окружающей среды.

3. Материалы научных исследований будут задействованы в учебном процессе, а именно – в лекционных курсах дисциплин «Пищевые добавки функционального назначения», «Технология продуктов функционального питания» и практике НИР обучающихся по направлению подготовки 19.04.04 Технология и организация общественного питания, профилю – Технология продуктов функционального и профилактического питания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Австриевских, А. Н. Продукты здорового питания: новые технологии, обеспечение качества, эффективность применения / А. Н. Австриевских, А. А. Венковцев, В. М. Позняковский. - Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2005. - 413 с.
2. Алехина, Н. Н. Оценка функциональных свойств и показателей безопасности зернового хлеба с амарантовой мукой / Н. Н. Алехина, Е. И. Пономарева, И. М. Жаркова, А. В. Гребенщиков // Техника и технология пищевых производств. - 2021. - Т. 51. - № 2. - С. 323-332.
3. Алтухов, И. В. Анализ способа сушки пищевых продуктов / И. В. Алтухов, В. Д. Очиров // Вестник Иркутской Государственной Сельскохозяйственной Академии. - 2009. - № 36. - С. 16-21.
4. Апаршева, В. В. Совершенствование технологий хлебобулочных изделий, обогащенных региональными растительными ингредиентами : дис. ... канд. т. наук : 05.18.01 / Апаршева Вера Викторовна. - Тамбов, 2016. - 169 с.
5. Арсеньева, Т. П. Основные вещества для обогащения продуктов питания / Т. П. Арсеньева, И. В. Баранова // Пищевая промышленность. - 2007. - №1. - С. 6-7.
6. Арсланов, Ш. Влияние электрофизических воздействий на технологический процесс хлебопечения / Ш. Арсланов // Хлебопродукты. - 2010. - № 11. - С. 56-57.
7. Ауэрман, Л. Я. Технология хлебопекарного производства / Л. Я. Ауэрман ; под общ. ред. Л. И. Пучковой. - СПб : Профессия, 2005. - 416 с.
8. Афонин, В. В. Функциональные продукты питания - новое направление пищевых технологий / В. В. Афонин // Наука и инновации. - 2009. - № 6. - С. 50-52.
9. Бакаева, И. А. Разработка технологии хлеба повышенной пищевой ценности на густой закваске из биоактивированного зерна пшеницы : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Бакаева Ирина Александровна. - Воронеж, 2015. - 233 с.

10. Бакуменко, О. Е. Технология обогащенных продуктов питания для целевых групп. Научные основы и технология / О. Е. Бакуменко. - М. : ДеЛи плюс, 2013. - 287 с.
11. Белявская, И. Г. Научно-практические основы технологии хлебобулочных изделий с направленной коррекцией пищевой ценности и антиоксидантных свойств : дис. ... д. техн. наук : 05.18.01 / Белявская Ирина Георгиевна. - Москва, 2019. - 381 с.
12. Биохимический состав плодов и ягод и их пригодность для переработки / Н. И. Савельев, В. Г. Леонченко, В. Н. Макаров [и др.]. - Мичуринск : ГНУ ВНИИГ и СПР им. И.В. Мичурина Россельхозакадемии, 2004. - 124 с.
13. Бобренева, И. В. Подходы к созданию функциональных продуктов питания. Монография / И. В. Бобренева. - СПб. : ИЦ Интермедия, 2012. - 465 с.
14. Богатырев, А. Н. Качество пищи и культура питания / А. Н. Богатырев // Пищевая промышленность. - 2006. - № 8. - С. - 68-69.
15. Богатырев, А. Н. Здоровая пища - здоровая нация / А. Н. Богатырёв // Пищевая промышленность. - 2001. - № 8. - С. 68-69.
16. Брыксина, К. В. Исследование влияния овощной пасты на технологические свойства и качество бездрожжевого теста / К. В. Брыксина // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК - продукты здорового питания. - 2022. - № 3. - С. 144-151.
17. Брыксина, К. В. Изучение влияния порошка капусты брокколи на физико-химические показатели качества хлеба / К. В. Брыксина, Н.Ю. Толстова // Наука и Образование. - 2022. - № 3. - С. 155-159.
18. Брыксина, К. В. Исследование качества ржано-пшеничного теста в зависимости от дозировки фруктовой пасты / К. В. Брыксина, О. В. Перфилова // Наука и Образование. - 2022. - Т. 5. - № 1.
19. Брыксина, К. В. Перспективы использования нетрадиционного растительного сырья при производстве функциональных продуктов питания / К. В. Брыксина, О. В. Перфилова // Наука и Образование. - 2020. - Т. 3. - № 4. - С. 126.

20. Брыксина, К. В. Использование перца сладкого в производстве хлебобулочных изделий функционального назначения / К. В. Брыксина, О. В. Перфилова // Наука и Образование. - 2020. - Т. 3. - № 4. - С. 254.

21. Брыксина, К. В. Применение функционального ингредиента растительного происхождения с высокими антиоксидантными свойствами при разработке продукта для здорового питания / К. В. Брыксина, А. С. Ратушный // Приоритетные направления развития садоводства (I Потаповские чтения) : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 85-й годовщине со дня рождения профессора, доктора сельскохозяйственных наук, лауреата Государственной премии Потапова Виктора Александровича, Мичуринск, 11-13 декабря 2019 года ; отв. ред. Григорьева Л.В. - Мичуринск : Мичуринский ГАУ, 2019. - С. 281-284.

22. Брыксина, К. В. Перспективы применения природных антиоксидантов в технологии продуктов для здорового питания / К. В. Брыксина, Н. В. Казьмина, К. А. Волынщикова // Наука и Образование. - 2018. - Т. 1. - № 1. - С. 54.

23. Брыксина, К. В. Расширение ассортимента хлебобулочных изделий с функциональной направленностью / К. В. Брыксина // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. - 2017. - № 4. - С. 65-69.

24. Булдаков, А. С. Пищевые добавки: справ. / А. С. Булдаков. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : ДеЛи принт, 2001. - 435 с.

25. Буховец, В. А. Разработка технологии производства хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности / В. А. Буховец, Д. В. Ефимова, Л. В. Давыдова // Техника и технология пищевых производств. - 2019. - Т. 49. - № 2. - С. 193-200.

26. Васюкова, А. Т. Современные технологии хлебопечения. Учеб.-практ. пособие / А. Т. Васюкова, В. Ф. Пучкова. - 2-е изд. - М. : «Дашков и Ко», 2010. - 224 с.

27. Винницкая, В. Ф. Расширение ассортимента продуктов для лечебно-профилактического питания из фруктов и овощей / В. Ф. Винницкая, Д. В. Акишин, А. С. Давыдов [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей

- промышленности АПК - продукты здорового питания. - 2022. - № 2. - С. 130-137.
28. Влияние фруктовой и овощной паст на органолептические показатели качества ржано-пшеничного хлеба / Перфилова О.В., Брыксина К.В., Иванова Е.П., Толстова Н.Ю. // Наука и Образование. 2022. Т. 5. № 4.
29. Возможность применения хмеля обыкновенного в технологии хлебобулочных изделий функционального назначения / К. В. Брыксина, О. В. Перфилова, Е. П. Иванова [и др.] // Наука и Образование. - 2021. - Т. 4. - № 2.
30. ГОСТ ISO 750-2013. Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности. - Введ. 2015-07-01. - М. : Стандартинформ, 2019. - 8 с.
31. ГОСТ 3852-93. Плоды боярышника. Технические условия. - Введ. 1995-01-01. - Минск : Госстандарт России, 1993. - 8 с.
32. ГОСТ 5667-2022. Хлеб и хлебобулочные изделия. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий. - Введ. 2022-07-11. - М. : Российский институт стандартизации, 2022. - 12 с.
33. ГОСТ 5668-2022. Хлеб и хлебобулочные изделия. Методы определения массовой доли жира. – Введ. 2023-07-01. - М. : Стандартинформ, 2006. - 10 с.
34. ГОСТ 5669-96. Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости. - Введ. 1997-08-01. - Минск : Госстандарт России, 1993. - 8 с.
35. ГОСТ 5670-96. Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности. - Введ. 1997-08-01. - Минск : Госстандарт России, 1996. - 5 с.
36. ГОСТ 6714-74. Плоды рябины обыкновенной. - Введ. 1975-07-01. - М. : Стандартинформ, 2010. - 3 с.
37. ГОСТ 7045-2017. Мука ржаная хлебопекарная. Технические условия. - Введ. 2019-01-01. - М. : Стандартинформ, 2019. - 10 с.
38. ГОСТ 8756.1-2017. Продукты пищевые консервированные. Методы определения органолептических показателей, массы нетто или объема и массовой доли составных частей, массы нетто или объема. - Введ. 2019-01-01. - М. : Стандартинформ, 2019. - 4 с.

39. ГОСТ 8756.21-89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения жира. - Введ. 1990-07-01. - М. : Стандартинформ, 2010. - 6 с.
40. ГОСТ 10444.12-2013. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов. - Введ. 2015-07-01. - М. : Стандартинформ, 2010. - 10 с.
41. ГОСТ 10444.15-94. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. - Введ. 1996-01-01. - М. : Стандартинформ, 2010. - 4 с.
42. ГОСТ 10846-91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка. - Введ. 1993-05-31. - М. : Стандартинформ, 2009. - 8 с.
43. ГОСТ 15113.0-77. Концентраты пищевые. Правила приемки, отбор и подготовка проб. - Введ. 1979-01-01. - М. : ИПК Издательство стандартов, 1977. - 6 с.
44. ГОСТ 21094-75. Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности. - Введ. 1976-07-01. - М. : Стандартинформ, 2006. - 3 с.
45. ГОСТ 21946-76. Хмель-сырец. Технические условия. - Введ. 1979-07-01. - М. : ИПК Издательство стандартов, 1979. - 5 с.
46. ГОСТ 23768-94. Листья мяты перечной обмолоченные. Технические условия. - Введ. 1996-01-01. - Минск : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1996. - 5 с.
47. ГОСТ 24556-89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. - Введ. 90-01-01. - М. : ИПК Издательство стандартов, 2003. - 10 с.
48. ГОСТ 25555.4-91. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения золы и щелочности общей и водорастворимой золы. - Введ. 1993-01-01. - М. : Стандартинформ, 2011. - 6 с.
49. ГОСТ 26313-84. Продукты переработки плодов и овощей. Правила приемки, методы отбора проб. - Введ. 2007-11-01. - М. : Стандартинформ, 2015. - 10 с.
50. ГОСТ 26574-2017. Мука пшеничная хлебопекарная. Технические

условия. - Введ. 2019-11-01. - М. : Стандартиформ, 2018. - 12 с.

51. ГОСТ 26669-85. Продукты пищевые и вкусовые. Подготовка проб для микробиологических анализов. - Введ. 1986-07-01. - М. : Стандартиформ, 2010. - 9 с.

52. ГОСТ 26984-86. Хлеб столичный. Технические условия. - Введ. 1986-12-01. - М. : Стандартиформ, 2006. - 5 с.

53. ГОСТ 27669-88. Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба. – Введ. 1989-06-30. - М. : Стандартиформ, 2013. - 10 с.

54. ГОСТ 28560-90. Продукты пищевые. Метод выявления бактерий родов *Proteus*, *Morganella*, *Providencia* - Введ. 1991-07-01. - М. : Стандартиформ, 2010. - 6 с.

55. ГОСТ 28561-90. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги. - Введ. 1991-07-01. - М. : Стандартиформ, 2011. - 11 с.

56. ГОСТ 29059-91. Продукты переработки плодов и овощей. Титриметрический метод определения пектиновых веществ. - Введ. 1992-06-30. - М. : Стандартиформ, 2010. - 6 с.

57. ГОСТ 31659-2012. Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*. - Введ. 2013-07-01. - М. : Стандартиформ, 2014. - 20 с.

58. ГОСТ 31746-2012. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества коагулазоположительных стафилококков и *Staphylococcus aureus*. – Введ. 2013-07-01. - М. : Стандартиформ, 2013. - 22 с.

59. ГОСТ 31747-2012. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий). - Введ. 2013-07-01. - М. : Стандартиформ, 2013. - 16 с.

60. ГОСТ 31904-2012. Продукты пищевые и вкусовые. Методы отбора проб для микробиологических испытаний. - Введ. 2013-07-01. - М. : Стандартиформ, 2014. - 6 с.

61. ГОСТ 32044.1-2012. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье.

Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина. Часть 1. Метод Къельдаля. – Введ. 2014-07-01. - М. : Стандартинформ, 2020. - 12 с.

62. ГОСТ 32195-2013. Корма, комбикорма. Метод определения содержания аминокислот. - Введ. 2015-07-01. - М. : Стандартинформ, 2020. - 20 с.

63. ГОСТ 33222-2015. Сахар белый. Технические условия. - Введ. 2016-07-01. - М. : Стандартинформ, 2015. - 8 с.

64. ГОСТ 33479-2015. Продукты переработки фруктов и овощей. Определение цвета колориметрическим методом. - Введ. 2016-07-01. - М. : Стандартинформ, 2019. - 12 с.

65. ГОСТ 33854-2016. Капуста брокколи свежая. Технические условия. - Введ. 2017-01-01. - М. : Стандартинформ, 2016. - 13 с.

66. ГОСТ 34325-2017. Перец сладкий свежий. Технические условия. - Введ. 2018-07-01. - М. : Стандартинформ, 2018. - 14 с.

67. ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества. - Введ. 1999-07-01. - М. : Госстандарт России, 1998. - 18 с.

68. ГОСТ Р 51574-2018. Соль пищевая. Техническая условия. - Введ. 2018-05-18. - М. : Стандартинформ, 2016. - 8 с.

69. ГОСТ Р 52349-2005. Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. - Введ. 2005-05-31. - М. : Стандартинформ, 2006. - 17 с.

70. ГОСТ Р 54014-2010. Продукты пищевые функциональные. Определение растворимых и нерастворимых пищевых волокон ферментативно-гравиметрическим методом. - Введ. 2010-11-30. - М. : Стандартинформ, 2019. - 8 с.

71. ГОСТ Р 54059-10. Продукты пищевые функциональные. Ингредиенты пищевые функциональные. Классификация и общие требования. - Введ. 2010-11-30. - М. : Стандартинформ, 2019. - 8 с.

72. ГОСТ Р 56372-2015. Комбикорма, концентраты и премиксы. Определение массовой доли железа, марганца, цинка, кобальта, меди, молибдена и селена методом атомно-абсорбционной спектроскопии. - Введ. 2016-07-01. - М. :

Стандартинформ, 2015. - 16 с.

73. ГОСТ Р 56374-2015. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли катионов аммония, калия, натрия, магния и кальция методом капиллярного электрофореза. - Введ. 2016-07-01. - М. : Стандартинформ, 2015. - 14 с.

74. ГОСТ Р 56375-2015. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли хлорид-, сульфат-, нитрат- и фосфат-ионов методом капиллярного электрофореза. - Введ. 2016-07-01. - М. : Стандартинформ, 2015. - 14 с.

75. Гребенщиков, А. В. Перспективы использования простейших в биотестировании биологической ценности и безопасности функциональных пищевых продуктов / А. В. Гребенщиков, И. М. Жаркова, В. Г. Густинович // Состояние и перспективы развития наилучших доступных технологий специализированных продуктов питания : Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённый 60-летию со дня окончания Омского сельскохозяйственного института (ОмСХИ), академиком РАН, д-ром техн. наук, профессором, заслуженным деятелем науки РФ, лауреатом Премии Правительства РФ Храмцовым Андреем Георгиевичем, Омск, 30 мая 2019 года / Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина. - Омск : Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2019. - С. 305-308.

76. Гребенщиков, А. В. Р. Caudatum как биоиндикатор эффективности и безопасности БАВ / А. В. Гребенщиков, Л. И. Василенко, И. М. Жаркова // Материалы LVIII отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2019 год : В 3 частях, Воронеж, 06-07 февраля 2019 года. Часть 1. - Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2020. - С. 55.

77. Гудков, Д. В. Способ производства пшеничного или ржаного хлеба / Д. В. Гудков // Хлебопродукты. - 1999. - № 5. - С. 31.

78. Донченко, Л. В. Безопасность пищевой продукции / Л. В. Донченко,

В. Д. Надыкта. - М. : ДеЛи-принт, 2005. - 539 с.

79. Донченко, Л. В. Технология функциональных продуктов питания / Л. В. Донченко. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Издательство Юрайт, 2019. - 176 с.

80. Дроздова, Т. М. Микробиологический контроль продовольственных товаров. Учебное пособие / Т. М. Дроздова - Кемерово : КемГУ, 2015. - 136 с.

81. Дроздова, Т. М. Физиология питания. Учебное пособие для вузов / Т.М. Дроздова, П. Е. Влощинский, В. М. Позняковский. - Новосибирск : Сиб. Унив. изд-во, 2007. - 352 с.

82. Дубровская, Н. О. Современные проблемы пищевой ценности и качества хлебобулочных изделий и возможные пути их решения / Н. О. Дубровская, Л. П. Нилова ; М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Мичурин. гос. аграр. ун-т. - Мичуринск : МичГАУ, 2010. - 224 с.

83. Дудкин, М. С. Новые продукты питания / М. С. Дудкин, Л. Ф. Щелкунов. - М. : Наука, 1998. - 303 с.

84. Ершов П. С., Сборник рецептур на хлеб и хлебобулочные изделия / сост. П. С. Ершов. - 12-е изд. - СПб. : Профи, 2010. - 207 с

85. Есаулков, Д. О. Эффективное использование СВЧ-энергии в пищевой промышленности / Д. О. Есаулков // Научная сессия МИФИ-2008; Сб. науч.тр. - М. : МИФИ, 2008. - Т.5. - С. 1.

86. Заболеваемость населения по субъектам Российской Федерации [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <https://statprivat.ru/zdo?r=5> (дата обращения: 25.12.2022).

87. Закревский, В. В. Безопасность пищевых продуктов и биологически активных добавок к пище. Практическое руководство / В. В. Закревский. - СПб. : ГИОРД, 2004. - 280 с.

88. Зайнулин, Р. А. Функциональные продукты питания. Учебное пособие / коллектив авторов. - М. : КНОРУС, 2012. - 304 с.

89. Зотова, Л. В. Совершенствование технологий многокомпонентных функциональных снеков из отечественного растительного сырья : дис. ...канд. техн. н. : 05.18.01 / Зотова Лилия Валентиновна. - Краснодар, 2019. - 157 с.

90. Ильина, И. Г. Антиоксиданты: фармацевтические и биохимические аспекты применения / И. Г. Ильина, И. П. Рудакова, И. А. Самылина // Фармация. - 2013. - № 8. - С. 3-6.

91. Ильина, О. А. Производство хлебобулочных и кондитерских изделий с пищевыми волокнами / О. А. Ильина // Кондитерское и Хлебопекарное производство. - 2004. - № 3. - С. 1-3.

92. Инновации в области технологии продукции общественного питания функционального и специализированного назначения / Коллективная монография; ФГБОУ ВПО «СПбГТЭУ»; под общ. ред. Н.В. Панковой. - СПб. : Изд-во «ЛЕМА», 2012. - 184 с.

93. Инновационные технологии в пищевой и перерабатывающей промышленности: Электронный сборник материалов I Международной научно-практической конференции, 20-22 ноября 2012 г. - Краснодар : КубГТУ, 2013. - 880 с.

94. Исследования малоиспользуемого в ЦЧР овощефруктового сырья по содержанию биологически активных веществ и создание из него функциональных продуктов питания нового поколения / В. Ф. Винницкая, С. И. Данилин, О. В. Перфилова [и др.] // Продовольственная безопасность : научное, кадровое и информационное обеспечение : Материалы Международной научно-технической конференции, Воронеж, 13-14 ноября 2014 года / Воронежский государственный университет инженерных технологий. Том 1. - Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2014. - С. 443-446.

95. Исследования функциональных свойств овощей, фруктов, ягод, листьев и трав и создание функциональных продуктов питания нового поколения / В. Ф. Винницкая, Е. И. Попова, К. В. Парусова [и др.] // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. - 2014. - № 5. - С. 63-68.

96. Кагановский, Б. М. Хмель, его лечебные свойства и перспектива использования / Б. М. Кагановский, Н. Г. Рейтман // Растительные ресурсы. - Л. : Наука, 1980. - Т.16. - С. 459-465.

97. Казаков, Е. Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов / Е. Д. Казаков,

Г. П. Карпиленко. - 3-е изд., испр. и доп. - СПб. : ГИОРД, 2005. - 512 с.

98. Каликинская, Е. Антиоксиданты - защита от старения и болезней / Е. Каликинская // Наука и жизнь. - 2000. - №8. - С. 14-17.

99. Карпенко, А. Ю. Сравнительное изучение сортовых особенностей перца стручкового сладкого / А. Ю. Карпенко, К. В. Брыксина // Наука и Образование. - 2020. - Т. 3. - № 4. - С. 255.

100. Кацерикова, Н. В. Технология продуктов функционального питания. Учебное пособие / Н. В. Кацерикова ; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. - Кемерово, 2004. - 146 с.

101. Ковалева, А. В. Применение фитоэкстрактов, фитосиропов и пробиотиков в производстве хлебобулочных изделий : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Ковалева Анна Валерьевна. - Орел, 2016. - 169 с.

102. Колесниченко, М. Н. Разработка технологии ржано-пшеничного хлеба с плодами жимолости : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Колесниченко Марина Николаевна. - Барнаул, 2017. - 136 с.

103. Корячкина, С. Я. Инновационные технологии хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий. Монография / С. Я. Корячкина, Н. А. Березина, Ю. В. Гончаров. - Орел : ФГОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», 2011. - 265 с.

104. Корячкина, С. Я. Контроль качества сырья, полуфабрикатов и хлебобулочных изделий / С. Я. Корячкина, Н. В. Лабутина, Н. А. Березина. - М. : Дели плюс, 2012. - 496 с.

105. Корячкина, С. Я. Методы исследования качества хлебобулочных изделий. Учебно-методическое пособие для вузов / С. Я. Корячкина, Н. А. Березина, Е. В. Хмелева. - Орел : ОрелГТУ, 2010. - 166 с.

106. Лавренов, В. Современная энциклопедия лекарственных растений / В. Лавренов. - СПб. : Издательский Дом «Нева», 2006. - 272 с.

107. Лукина, С. И. Биотестирование образцов хлебобулочных изделий с применением нетрадиционного сырья / С. И. Лукина, Е. И. Пономарев, А. В. Гребенщиков // В сборнике : Новое в технологии и технике функциональных

продуктов питания на основе медико-биологических воззрений. Сборник статей IX Международной научно-технической конференции. - Воронеж, 2021. - С. 389-394.

108. Малютина, Т. Н. Разработка модифицированных технологий жидкой ржаной закваски со стабильными показателями : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Малютина Татьяна Николаевна. - Воронеж, 2005. - 169 с.

109. Маркин, И. В. Пищевая ценность плодов и овощей / И. В. Маркин, А. О. Калугин // Приоритетные направления развития пищевой индустрии : сборник научных статей. - Ставропольский государственный аграрный университет. - 2016. - С. 400-403.

110. Матвеева, И. В. Биотехнологические основы приготовления хлеба / И. В. Матвеева, И. Г. Белявская. - М. : ДеЛи принт, 2001. - 150 с.

111. Могильный, М. П. Организация производства здорового питания (принципы здорового питания: рекомендации, правила, характеристика). Учебное пособие / М. П. Могильный, Т. В. Шленская. - М. : ДеЛи плюс, 2015. - 180 с.

112. Моделирование процесса вакуум-сублимационной сушки пищевых продуктов в поле СВЧ / И. Т. Кретов, А. И. Шашкин, С. В. Шахов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. - 2003. - № 5-6. - С. 65-68.

113. МУК 42.1847-04 Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. Методические указания. - М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. - 31 с.

114. Неменушая, Л. А. Современные технологии хранения и переработки плодоовощной продукции: науч. аналит. обзор / Л. А. Неменушая, Н. М. Степанищева, Д. М. Соломатин. - М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2009. - 170 с.

115. Нечаев, А. П. Технология пищевых производств. Учебник для вузов / Нечаев А. П. ; под редакцией А. П. Нечаева. - М. : Колос, 2007. - 768 с.

116. Нилова, Л. П. Товароведение и экспертиза зерномучных товаров. Учебник для вузов / Л. П. Нилова. - СПб : ГИОРД, 2005. - 416 с.

117. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах

для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации. - М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. - 36 с.

118. Орлов, В. В. Перспективы применения микроволновой обработки жидких пищевых продуктов / В. В. Орлов, А. С. Алферов // НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». - 2006. - № 2 (2).

119. Оценка биотического потенциала и биологической ценности ржано-пшеничного хлеба с фруктовой и овощной пастами / Перфилова О.В., Брыксина К.В., Гребенщиков А.В. // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2022. № 4. С. 39-44.

120. Парусова, К. В. Инновации в ассортименте ржано-пшеничного хлеба с функциональными фруктовыми и овощными добавками / К. В. Парусова, В. Ф. Винницкая // Агротехнологические процессы в рамках импортозамещения : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию со дня рождения заслуженного работника высшей школы РФ, доктора с.-х. наук, профессора Ю. Г. Скрипникова, Мичуринск, 25-27 октября 2016 года. - Мичуринск : Общество с ограниченной ответственностью «БИС», 2016. - С. 264-267.

121. Применение функциональных добавок с высокой антиоксидантной активностью в технологии хлеба / К. В. Парусова, В. Ф. Винницкая, О. В. Перфилова, В. А. Бабушкин // Перспективы развития интенсивного садоводства : материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти ученого-садовода, доктора сельскохозяйственных наук, профессора, лауреата Государственной премии РФ, заслуженного деятеля науки РСФСР В. И. Будаговского, Мичуринск, 21-22 декабря 2016 года. - Мичуринск : Общество с ограниченной ответственностью «БИС», 2016. - С. 70-73.

122. Парусова, К. В. Способ производства хлеба ржано-пшеничного с функциональными добавками для здорового питания / К. В. Парусова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. - 2016. - № 4. - С. 70-74.

123. Исследования плодоовощного сырья и ржано-пшеничного хлеба по

антиоксидантной активности / К. В. Парусова, В. Ф. Винницкая, О. В. Перфилова [и др.] // Основы повышения продуктивности агроценозов : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти известных ученых И. А. Муромцева и А. С. Татаринцева, Мичуринск, 24-26 ноября 2015 года. - Мичуринск : Общество с ограниченной ответственностью «БИС», 2015. - С. 265-268.

124. Парусова, К. В. Разработка инновационной технологии хлебобулочных изделий с плодоовощными добавками для функционального питания / К. В. Парусова, В. Ф. Винницкая // Инновационные технологии АПК России - 2015 : материалы III конференции в рамках 9-го Международного Биотехнологического Форума-выставки «РосБиоТех-2015», Москва, 30 октября 2015 года / Ассоциация «ТППП АПК». - Москва : Ассоциация «Технологическая платформа «Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК - продукты здорового питания», 2015. - С. 45-48.

125. Парусова, К. В. Рецептуры и технологии обогащения ржано-пшеничного хлеба природными антиоксидантами / К. В. Парусова, В. Ф. Винницкая // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. - 2015. - № 4. - С. 86-90.

126. Парусова, К. В. Исследования в области создания новых видов хлеба функционального назначения с добавками растительного происхождения / К. В. Парусова // Инновационные технологии в производстве функциональных продуктов питания : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Мичуринск, 16-18 декабря 2014 года. - Мичуринск : Общество с ограниченной ответственностью «БИС», 2014. - С. 37.

127. Пат. 2040182 Российская Федерация, МПК А21D 8/02. Способ производства хлеба из тритикалевой муки / Еркинбаева Р. К., Поландова Р. Д., Анискин В. И., Богатырева Т. Г. и др. : заявители и патентообладатели Еркинбаева Р. К. [и др.]. - № 5031188/13 ; заявл. 17.01.1992 ; опубл. 25.07.1995, Бюл. № 18.

128. Пат. 2098964 Российская Федерация, МПК А21 D8/02. Способ производства хлеба и хлебобулочных изделий / Евелова В. В., Шарова Н. Ю., Кузнецова Л. И., Синявская Н. Д. : заявитель и патентообладатель Матвеева Ирина

- Викторовна. - № 2006130902/13 ; заявл. 10.03.2008 ; опубл. 10.02.2009, Бюл. № 22.
129. Пат. №2194228 Российская Федерация, МПК F26B 3/347, A23B 7/02. Способ сушки и обеззараживания фруктов и ягод / Чекрыгина И. М., Букреев В. Г., Еремин А. Д. : заявитель и патентообладатель Федеральное государственное унитарное предприятие «Таганрогский научно-исследовательский институт связи». - №2000123044/13 ; заявл. 04.09.2000; опубл. 10.12.2002, Бюл. № 34.
130. Пат. №2195824 Российская Федерация, МПК A23B 7/00. Способ сушки плодов и овощей / Иванов В. А., Сапунов Г. С. : заявитель и патентообладатель ООО «Ингредиент». - №2000116678/13 ; заявл. 23.06.2000 ; опубл. 10.01.2003, Бюл. № 1.
131. Пат. 2201566 Российская Федерация, МПК F26B 3/347. Установка микроволновая для сушки сыпучих материалов / Герасимов А. Г., Иванкин Е. Ф., Маюнов А. Т. : заявитель и патентообладатель А. Г. Герасимов. - 2000123001/06 ; заявл. 04.09.2000 ; опубл. 27.03.2003, Бюл. № 9.
132. Пат. 2388226 Российская Федерация, МПК A21D 2/36, A21D 8/02. Способ получения добавки, используемой при производстве хлеба и хлебобулочных изделий / Косован А. П., Поландова Р. Д., Стребыкина А. И., Кочетов В. С., Стригун Д. А. : заявитель и патентообладатель ГНУ ГОСНИИХП Россельхозакадемии. - 2008129881/13 ; заявл. 22.07.2008 ; опубл. 10.05.2010, Бюл. № 13.
133. Пат. 2409266 Российская Федерация, МПК A23L 1/212. Способ производства пищевого продукта из винограда / Пенто В. Б., Квасенков О. И., Райзиг Р. : заявитель и патентообладатель О. И. Квасенков - № 2009139335/13 ; заявл. 27.10.2009 ; опубл. 20.01.2011, Бюл. № 2.
134. Пат. 2422018 Российская Федерация, МПК A21D 13/08, A21D 8/02. Способ производства бараночных изделий с использованием СВЧ-энергии / Кретов И. Т., Шахов С. В., Лазарев Р. В. : заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО ВГТА. - № 2010110960/13 ; заявл. 22.03.2010 ; опубл. 22.03.2010, Бюл. № 18.
135. Пат. 2440762 Российская Федерация, МПК A21D8/02. Способ производства хлебобулочных изделий / Щеглов Н. Г, Мартиросян В. В.,

Кондратьев В. В., Малкина В. Д., Жиркова Е. В. : заявитель и патентообладатель заявитель и патентообладатель общество с ограниченной ответственностью Научно-производственная фирма «Биоресурс». - № 2010114347/13 ; заявл. 13.04.2010 ; опубл. 27.01.2012, Бюл. № 3.

136. Пат. 2526942 Российская Федерация, МПК А21D 8/02. СВЧ установка для термообработки мучных изделий / Уездный Н. Т., Кириллов Н. К., Новикова Г. В., Белова М. В., Ершова И. Г. : заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия». - 2013105921/13 ; заявл. 12.02.2013 ; опубл. 27.08.2014, Бюл. № 24.

137. Пат. 2528690 Российская Федерация, МПК А21 D8/02. Состав для производства хлебобулочных изделий из ржаной и пшеничной муки / Березина Н. А., Жданова О. В. : заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО ВГУИТ. - № 2013119731/13 ; заявл. 29.04.2013 ; опубл. 20.09.2014, Бюл. № 26.

138. Пат. 2569832 Российская Федерация, МПК А21D 8/02, А21D 2/36. Способ производства сбивного бездрожжевого хлеба из муки цельносмолотого зерна пшеницы / Магомедов Г. О., Рыженин П. Ю., Таратухин А. С., Шахов С. В. : заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО ВГУИТ. - № 2014141186/13 ; заявл. 13.10.2014 ; опубл. 27.11.2015, Бюл. № 33.

139. Пат. 2595147 Российская Федерация, МПК А21D 8/02. Способ производства сбивного хлеба / Магомедов Г. О., Лукина С. И., Садыгова М. К., Вавилова А. А. : заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО ВГУИТ. - 2014146947/13 ; заявл. 24.11.2014 ; опубл. 20.08.2016, Бюл. № 23.

140. Пат. 2776789 Российская Федерация, МПК А23L 21/10. Способ производства пюре из рябины обыкновенной / Перфилова О. В., Брыксина К. В., Иванова Е. П., Толстова Н. Ю. : заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ. - № 2021116717 ; заявл. 07.06.2021 ; опубл. 26.07.2022, Бюл. № 21.

141. Пат. 2786708 Российская Федерация, МПК А23L 3/01. Способ производства порошка из высушенных шишек хмеля обыкновенного в поле СВЧ / Перфилова О. В., Брыксина К. В. : заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО

Мичуринский ГАУ. - № 2021134319 ; заявл. 23.11.2021 ; опубл. 23.11.2021, Бюл. № 36.

142. Пат. 2787977 Российская Федерация, МПК A23L 3/02. Способ производства пасты из капусты брокколи, перца стручкового сладкого и хмеля обыкновенного / Перфилова О. В., Брыксина К. В., Иванова Е. П., Попова Е. И. : заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ. - № 2021136040 ; заявл. 07.12.2021 ; опубл. 07.12.2021, Бюл. № 2.

143. Пащенко, Л. П. Физико-химические основы технологии хлебобулочных изделий / Л. П. Пащенко. - Воронеж, 2006. - 312 с.

144. Пащенко, Л. П. Применение свекольного пюре в технологии хлеба / Л. П. Пащенко, А. В. Корниенко, Ю. Ю. Горбанева // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2008. - № 3. - С. 69-73.

145. Перфилова, О. В. Переработка вторичного фруктово-овощного сырья с использованием электрофизических методов: расширение ресурсного потенциала и ассортимента продуктов повышенной пищевой ценности, разработка инновационных технологических решений : дис.д. техн. наук : 05.18.01 Перфилова Ольга Викторовна. - Воронеж, 2019. - 437 с.

146. Перфилова, О. В. Инновационная технология фруктовой пасты и ее применение в хлебопечении / О. В. Перфилова, К. В. Брыксина, Е. П. Иванова, Н. Ю. Толстова // Пищевая промышленность. - 2022. - №. 10 - С 55-58.

147. Перфилова, О. В. Технология производства овощной пасты - источника физиологически активных ингредиентов для хлеба / О. В. Перфилова, К. В. Брыксина // Пищевая промышленность. - 2022. - №. 11 - С. 38-41.

148. Перфилова, О. В. Научные и практические основы технологии порошка из шишек хмеля с применением сушки в СВЧ поле / О. В. Перфилова, К. В. Брыксина // Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК : материалы Международной научно-практической конференции, Мичуринск-научоград РФ, 26-28 октября 2021 года. - Мичуринск-научоград РФ : Мичуринский государственный аграрный университет, 2021. - С. 190-192.

149. Перфилова, О. В. Технология порошка из мяты перечной с применением

сушки в поле СВЧ / О. В. Перфилова, К. В. Брыксина // Новые концептуальные подходы к решению глобальной проблемы обеспечения продовольственной безопасности в современных условиях : сборник научных статей 9-й Международной научно-практической конференции, Курск, 12 ноября 2021 года / Юго-Западный государственный университет. - Курск : Юго-Западный государственный университет, 2021. - С. 341-344.

150. Перфилова, О. В. Перспективы применения СВЧ-нагрева при переработке плодов рябины обыкновенной / О.В. Перфилова, К.В. Брыксина, Е.П. Иванова, Н.Ю. Толстова // Пищевая промышленность. - 2021. - № 10. - С. 60-63.

151. Перфилова, О. В. Экспериментальные исследования по изучению изменения антиоксидантной ценности мяты перечной при сушке в поле СВЧ / О. В. Перфилова, К. В. Брыксина, Е. П. Иванова, Н. Ю. Толстова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК - продукты здорового питания. - 2021. - № 3. - С. 172-176.

152. Перфилова, О. В. Разработка инновационной технологии производства пюре из рябины обыкновенной с применением СВЧ-нагрева / О. В. Перфилова, К. В. Брыксина, Е. П. Иванова [и др.] // Наука и Образование. - 2021. - Т. 4. - № 2.

153. Перфилова, О. В. Производство пюре из перца стручкового сладкого и капусты брокколи / О. В. Перфилова, К. В. Брыксина, Е. П. Иванова, Н. Ю. Толстова // Наука и Образование. - 2021. - Т. 4. - № 4.

154. Перфилова, О. В. Технологические особенности производства пюре из боярышника обыкновенного с использованием СВЧ энергии / О. В. Перфилова, К. В. Брыксина, Н. Ю. Толстова // Наука и Образование. - 2021. - Т. 4. - № 4.

155. Пилат, Т. Л. Биологически активные добавки к пище (теория, производство, применение) / Т. Л. Пилат, А. А. Иванов. - М. : Аввалон, 2002. - 710 с.

156. Письменный, В. В. Хлебобулочные изделия с пектином / В. В. Письменный, Б. Н. Троицкий // Хлебопечение России. - 2002. - № 6. - С. 32.

157. Плаксин, Ю. М. Производство и применение пищевых добавок из растительного сырья: учеб. пособие / Ю. М. Плаксин, С. Я. Корячкина. - М. : Изд-

во МГУПП, 2003. - 134 с.

158. Плешков, Б. П. Практикум по биохимии растений / Б. П. Плешков. - М. : «Колос», 1976 - 266 с.

159. Покровский, А. А. Химический состав пищевых продуктов / А. А. Покровский. - М. : Пищевая промышленность, 1976. - 228 с.

160. Покровский, В. И. Политика здорового питания. Федеральный и региональный уровни / В. И. Покровский, Г. А. Романенко, В. А. Княжев [и др.]. - Новосибирск : Сибирское книжное изд-во, 2002. - 339 с.

161. Поморцева, Т. И. Технология хранения и переработки плодоовощной продукции / Т. И. Поморцева. - М. : Профобриздат. - 2003. - 136 с.

162. Попова, И. В. Совершенствование технологии и средств сушки овощного сырья : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Попова Ирина Викторовна. - Тамбов, 2009. - 161 с.

163. Применение фитообогапителя в технологии хлеба из смеси пшеничной и ржаной муки для здорового питания / К. В. Парусова, А. С. Ратушный, С. В. Бубнов [и др.] // Наука и Образование. - 2019. - Т. 2. - № 2. - С. 42.

164. Разработка технологических рекомендаций по организации производства функциональных пищевых продуктов из местного фруктового и овощного сырья / В. Ф. Винницкая, Е. И. Попова, Д. В. Акишин [и др.] // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. - 2018. - № 1. - С. 101-106.

165. Распоряжение Правительства РФ от 29.06.2016 N 1364-р «Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_200636/. - Заглавие с экрана. - (Дата обращения: 05.09.2022 г.).

166. Рогов, И. А. Техника сверхвысокочастотного нагрева пищевых продуктов [Текст] / И. А. Рогов, С. В. Некрутман, Г. В. Лысов. - М. : Легкая и пищевая промышленность, 1981. - 200 с.

167. Ройтер, И. М. Справочник по хлебопекарному производству /

И. М. Ройтер. - М. : Пищевая промышленность, 1977. - 367 с.

168. Рущиц, А. А. Применение СВЧ-нагрева в пищевой промышленности и общественном питании / А. А. Рущиц, Е. И. Щербакова // Вестник ЮурГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». - 2014. - Т. 2. - № 1. - С. 9-10.

169. Скурихин, И. М. Химический состав российских пищевых продуктов / И. М. Скурихин. - М. : Колос, 2000. - 236 с.

170. Смертина, Е. С. Костария ребристая-функциональный компонент в обогащенных хлебобулочных изделиях [Текст] / Е. С. Смертина, Л. Н. Федянина, Т. К. Каленик // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2011. - № 3. - С. 71-74.

171. Смирнова, Е. А. Теоретические и практические аспекты разработки пищевых продуктов, обогащенных эссенциальными нутриентами / Е. А. Смирнова, А. А. Кочеткова, В. М. Воробьева, И. С. Воробьева // Пищевая промышленность. - 2012. - №11. - С. 8-12.

172. Солонинкина, А. Н. Пищевая ценность овощей / А. Н. Солонинкина, Е. С. Вайскрובה // Качество продукции, технологий и образования: Материалы XII международной научно-практической конференции. - Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова. - Магнитогорск, 2007. - С. 108-113.

173. Спиричев, В. Б. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология / В. Б. Спиричев, Л. Н. Шатнюк, В. М. Позняковский. - 2-е изд. - Новосибирск : Сиб. унив. изд-во. - 2005. - 548 с.

174. Теплов, В. И. Функциональные продукты питания. Учебное пособие / В. И. Теплов. - М. : А-Приор, 2008. - 240 с.

175. Тепляшин, В. Н. Технологии и оборудование для сушки растительного сырья. Учебное пособие / В. Н. Тепляшин, Л. И. Ченцова, В. Н. Невзоров ; Краснояр. гос. аграр. ун-т. - Красноярск, 2019. - 173 с.

176. Технический регламент Таможенного союза 021/2011 О безопасности пищевой продукции [Электронный ресурс]. - Режим доступа:[http://webportalsrv.gost.ru/portal/GostNews.nsf/acaf7051ec840948c22571290059c78f/9fe752e7e38cc18e44257bde0024e7d4/\\$FILE/TR_TS_0212011_text.pdf](http://webportalsrv.gost.ru/portal/GostNews.nsf/acaf7051ec840948c22571290059c78f/9fe752e7e38cc18e44257bde0024e7d4/$FILE/TR_TS_0212011_text.pdf) -

Заглавие с экрана. - (дата обращения 11.02.2022).

177. Тигранян, Р. Э. Вопросы электромагнитобиологии [Текст] / Р. Э. Тигранян. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 352 с.

178. Типсина, Н. И. Новые виды хлебобулочных изделий с использованием нетрадиционного сырья / Н. И. Типсина. - Красноярск : Изд-во КрасГАУ, 2009. - 168 с.

179. Тутельян, В. А. Роль пищевых микроингредиентов в создании современных продуктов питания / В. А. Тутельян, Е. А. Смирнова // Пищевые ингредиенты в создании современных продуктов питания: монография под ред. В. А. Тутельяна, А. П. Нечаева. - М. : ДеЛи плюс, 2014. - С. 10-24 .

180. Уланова, И. Г. Разработка продукта функционального назначения - хлеба ржано-пшеничного с добавками растительного происхождения / И. Г. Уланова, И. К. Каранян, К. В. Парусова // Вопросы питания. - 2014. - Т. 83. - № 23. - С. 201.

181. Ушакова, Н. Ф. Разработка технологии обработки традиционной опары пшеничного хлеба в поле сверхвысокой частоты : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.02 / Ушакова Нина Федоровна. - Ижевск, 2013. - 145 с.

182. Ушакова, Н. Ф. Опыт применения СВЧ-энергии при производстве пищевых продуктов [Текст] / Н. Ф. Ушакова, Т. С. Копысова, А. Г. Кудряшова [и др.] // Пищевая промышленность. - 2013. - №10. - С. 30-32.

183. Цугленок, Н. В. Использование СВЧ-энергии при разработке технологии диетических сортов хлеба [Текст] / Н. В. Цугленок, Г. Г. Юсупова, Г. И. Цугленок // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2004. - № 2. - С. 16-17

184. Черных, В. Я. Основные направления развития хлебопекарной промышленности России / В. Я. Черных, Л. И. Пучкова, В. В. Игнатов // Изв. Вузов. Пищевая технология. - 1995. - №1-2. - С. 47-49.

185. Шванская, И. А. Перспективные направления создания продуктов функционального назначения на основе растительного сырья : науч. аналит. обзор / И. А. Шванская. - М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. - 144 с.

186. Шмалько, Н. А. Разработка технологий хлебобулочных изделий

функционального назначения с использованием продуктов переработки семян амаранта : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Шмалько Наталья Анатольевна. - Краснодар, 2005. - 199 с.

187. Шнейдер, Д. В. Применение пищевых волокон для хлебобулочных изделий. Коллективная монография / Д. В. Шнейдер, Т. Б. Цыганова, Н. К. Казеннова / В книге : Пищевые ингредиенты в производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. - М., 2013. - С. 133-169.

188. Юсупова, Г. Г. Применение энергии СВЧ-поля для обеспечения безопасности и улучшения качества продуктов растительного происхождения / Г. Г. Юсупова, Ю. И. Зданович, Э. И. Черкасова // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2005. - № 7. - С. 27-29.

189. Яшин, Я. И. Природные антиоксиданты. Содержание в пищевых продуктах и влияние их на здоровье и старение человека / Я. И. Яшин [и др.]. - М. : ТрансЛит, 2009. - 186 с.

190. A systematic screening of Total Antioxidants in dietary plants / B. L. Halvorsen [et. al.] // J. Nutr. - 2002. - V. 132. - P. 461-471.

191. Advantages of microwave heating when processing broccoli into a semi-finished product for baking / O. V. Perfilova, K. V. Bryksina, E. P. Ivanova [et al.] // IOP Conference Series : Earth and Environmental Science. - Tashkent: IOP Publishing Lt, 2022. - Vol. 1112. - P. 012052.

192. Application of decolorization on sugar beet pulp in bread production / Z. Seres, J. Gyura, N. Filipovic, D. Soronja // Eur Food Res Technol. - 2005. - № 221. - P. 54-60.

193. Boye, J. I. Nutraceutical and Functional Food Processing Technology / J. I. Boye. - Publisher. - Wiley-Blackwell, 2015. - 400 p.

194. Bryksina, K. V. Prospects for the use of fruit enhancers in bakery technology for healthy diet / K. V. Bryksina, O. V. Perfilova, E. I. Popova // IOP Conference Series : Earth and Environmental Science. - Michurinsk, 2021. - P. 012091.

195. Changes in dietary fibre, phenolic acids and activity of endogenous enzymes during rye bread-making / H. Boskov, M. F. Andreasen, M. M. Nielsen [et. al.] //

EuroFoodTechnol. - Springer-Verlag, 2001. - № 214. - P. 33-42.

196. Comparative evaluation of the antioxidant, antimicrobial and nutritive properties of gluten-free flours / J. Miedzianka, K. Drzymala, A. Nems [et. al.] // Scientific Reports. - 2021. - № 11. – P. 10385.

197. Developing an assortment of bakery products in Kazakhstan from the standpoint of healthy eating / D. A. Shansharova, A. A. Khakimzhanov, D. B. Abdraimova, L. Hrivna [et. al.] // American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture. - 2014. - № 8(6). - P. 6-10.

198. Development of an Innovative Technological Solution for Processing European Rowan / O. V. Perfilova, K. V. Bryksina, E. P. Ivanova [et. al.] // International Journal of Mechanical Engineering. - 2021. - Vol. 6. - № 3. - P. 161-166.

199. Effect of the main dietary antioxidants (carotenoids, γ -tocopherol, polyphenols, and vitamin C) on α -tocopherol absorption / E. Reboul, S. Thap, E. Perrot [et. al.] // European Journal of Clinical Nutrition. - 2007. - № 67. - P. 1167-1173.

200. Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality / G. Manuel, R. Felicidad, A. Carlos [et. al.] // EurFoodResTechnol. - Springer-Verlag, 2002. - № 23. - № 216. - P. 51-56.

201. Flavonol, Flavone und antocyaneals naturliche Antioxidantien der Nahrung und ihre mugliche Rolle bei der Praventioin chronischer Erkrankungen / H. Bohm, H. Boeing, J. Hempel [et. al.] // Z. Erndhrungswiss. - 1998. - № 37. - P. 147-163.

202. Kong, J. M. Analisis and biological activity of anthocyanins / J. M. Kong [et. al.] // Phytochemistry. - 2003. - V. 64. - P. 923-933.

203. Holtekjolen, A. K. Antioxidant properties and sensory profiles of breads containing barley fiour / A. K., Holtekjolen, A. B. Baevre, M. Rodbotten [et al.] // Food Chem. - 2008. - Vol. 110. - № 2. - P. 414 - 421.

204. Hof, K. H. Antioxidant fortified margarine increases the antioxidant status / K. H. Hof , S. A. Wiseman, J.A. Weststrate // European Journal of Clinical Nutrition. - 1998. - №52. - P. 292-299.

205. Melo, A. Probiotic Foods and Beverages / A. Melo, T. Oliveira // Probiotic Foods and. - 2023. - P. 165-177.

206. Narashans A. Dough rheology, antioxidants, textural, physicochemical characteristics, and sensory quality of pizza base enriched with onion (*Allium cepa* L.) / A. Narashans, P. Sunil // *Scientific Reports*. - 2020. - № 10. - P. 18669.

207. Perfilova, O. V. A comparative study of the chemical composition and antioxidant value of fruits and vegetables / O. V. Perfilova, K. V. Bryksina // *IOP Conference Series : Earth and Environmental Science*. - Michurinsk, 2021. - P. 012082.

208. Perfilova, O. V. The effect of microwave heating of fruit and vegetable raw materials on the water-soluble antioxidants content / O. V. Perfilova, V. A. Babushkin, K. V. Bryksina // *Journal of Physics : Conference Series*, Krasnoyarsk, Russian Federation. – Krasnoyarsk : Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. - Vol. 1679. - P. 42055.

209. Proteggente, A. R. Antioxidant activity of regularly consumed fruits and vegetables and their content of polyphenols and vitamin C / A. R. Proteggente, A. S. Ponnala, G. Paganga // *Free Radic Res*. - 2002. - № 36. - P. 2017-233.

210. Serafini, M. Common antioxidant capacity of fruits and vegetables and stomach cancer risk / M. Serafini, R. Bellocco, A. J. Wolk // *Gastroenterology*. - 2002. - V. 123. - P. 985-999.

211. Sijoan, Qi. Synergistic Effect of Enzymes for Breadbaking // *Encyclopedia of Bioprocess Technology*. - 1999. - P. 78-81.

212. Szeto, Y. T. Content of total antioxidants and vitamin C in fresh fruits and vegetables: for meal planning and food preservation / Y. T. Szeto, B. Tomlinson, I. F. Benzie // *Br.J. Nutr*. - 2002. - № 87. - P. 55-59.

213. Texture and bio-functional characteristics of a Chinese steamed bread prepared from lotus root powder partially replacing wheat flour / L. Xiaoyue, G. Yuqiu, C. Lirong [et al.] // *Scientific Reports*. - 2021. - P. 16338.

214. Total Antioxidant capacity of Plant Foods, Beverages and Oils consumed in Italy Assessed by three different in vitro assays / N. Pellegrini [et. al.] // *J. Nutr*. - 2003. - № 133. - P. 2812-2819.

215. Wang, C. Y. AOA fruits, leaves, berries / C. Y. Wang, H. S. Lin // *J. Agr. Food chem*. - 2000. - № 48. - P. 140-146.

216. Watson, J. J. Development of food fortification J. J. Watson // Cereal Foods World, 1981. - №12. - P. 662-665.

217. Wang Ya. Sustainable plant-based ingredients as wheat flour substitutes in bread making / Ya. Wang, J. Ching // Science of Food, 2022. - № 6. - P. 49.

ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное)

Список сокращений

СВ - Сухие вещества

ПВ - Пищевые волокна

С - Аскорбиновая кислота

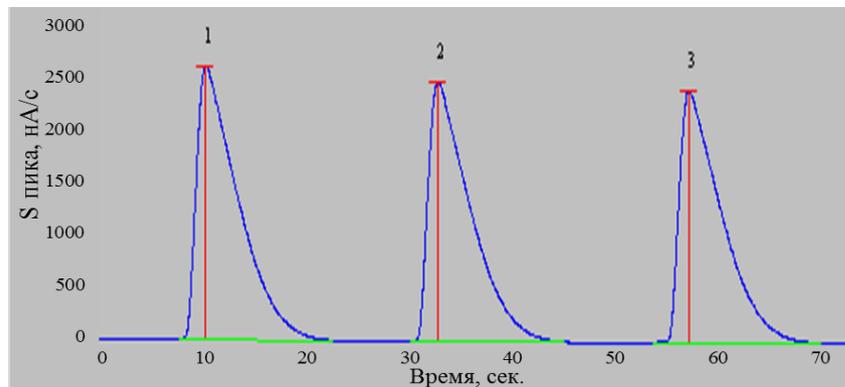
ССА - Суммарное содержание антиоксидантов

БП - Биотический потенциал популяции

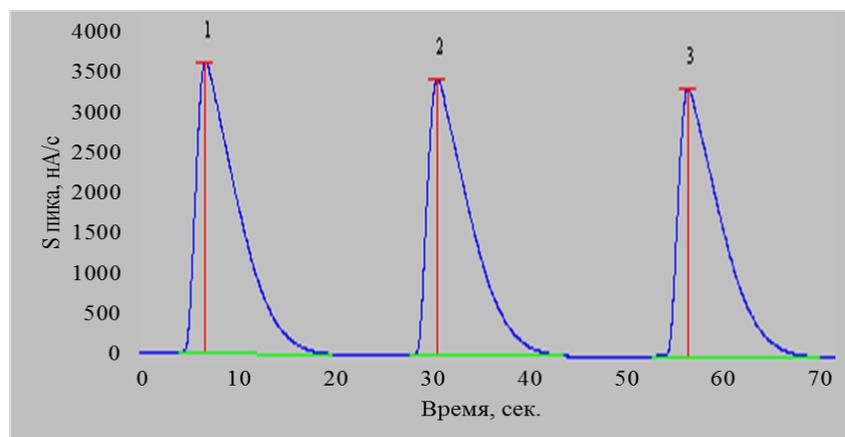
СОБЦ - Стандартизированная относительная биологическая ценность

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (справочное)

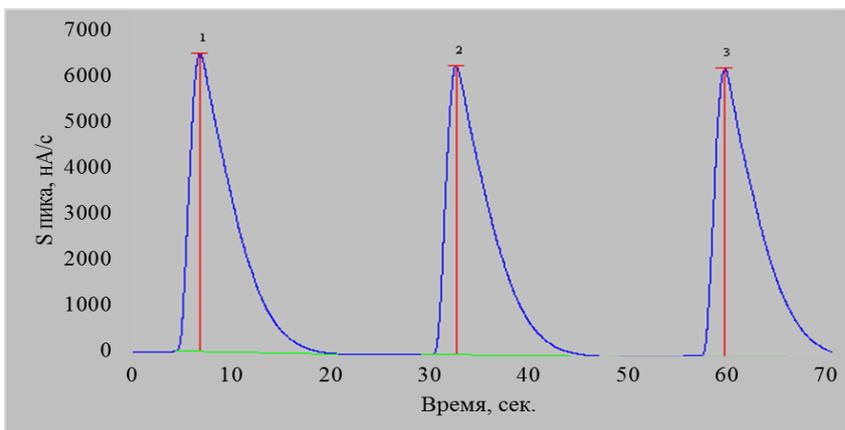
Хроматограммы суммарного содержания антиоксидантов в растительных объектах



а)

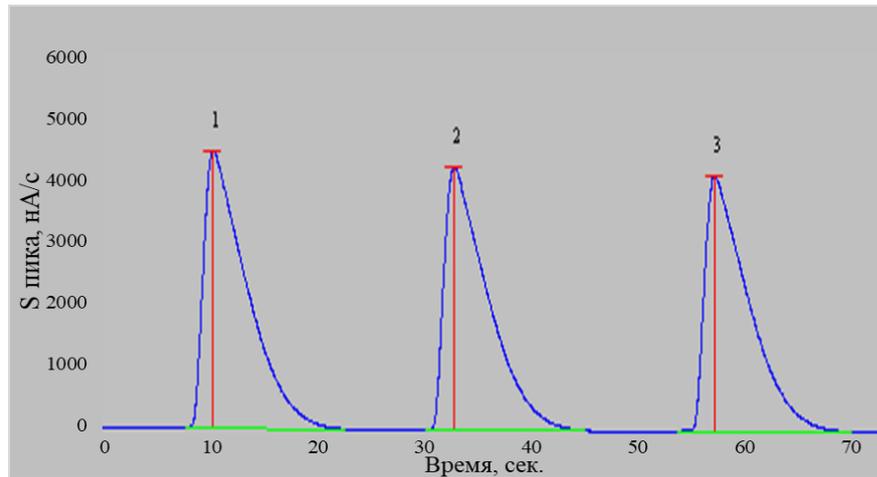


б)

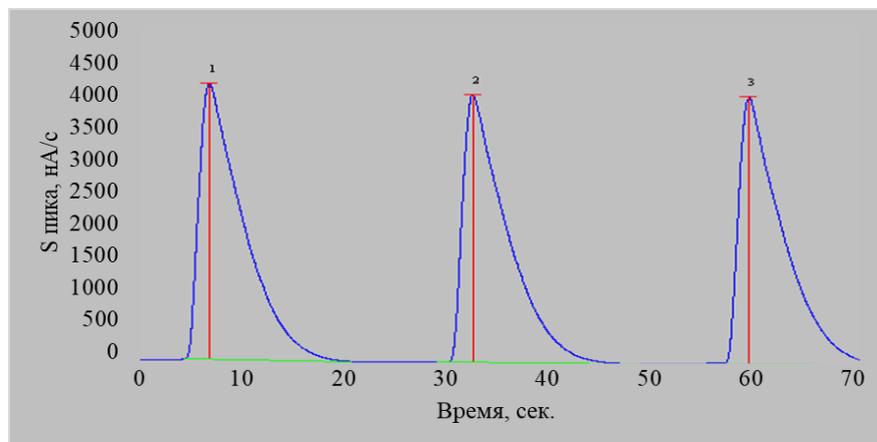


в)

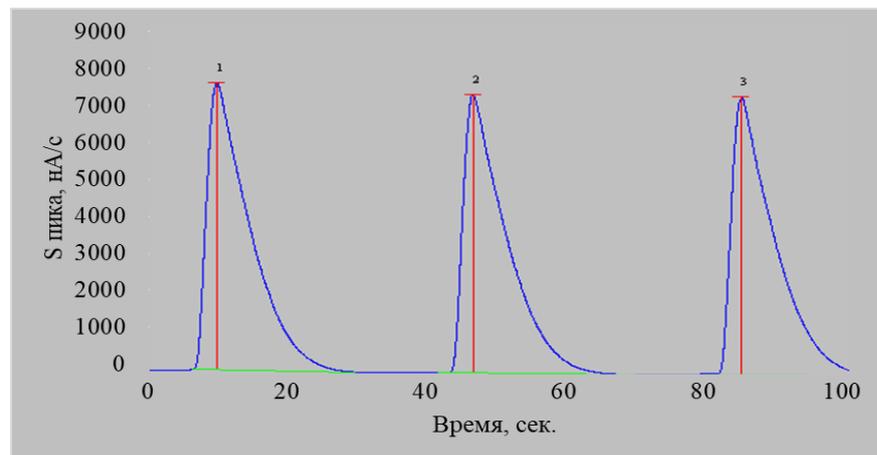
Рисунок Б.1 - Хроматограммы суммарного содержания антиоксидантов (по кверцетину) в рябиновом пюре из: а) свежих плодов; б) бланшированных плодов; в) плодов после СВЧ-нагрева



а)

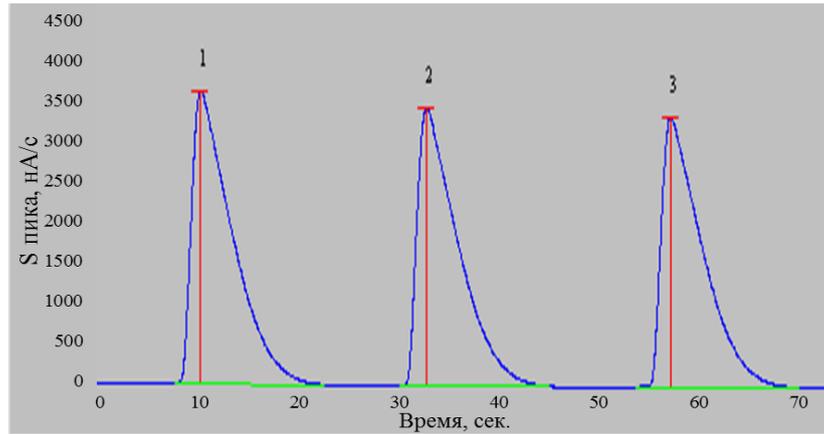


б)

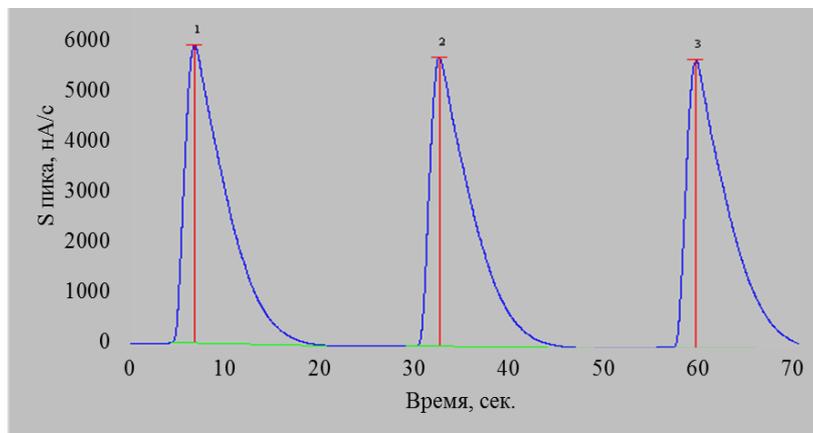


в)

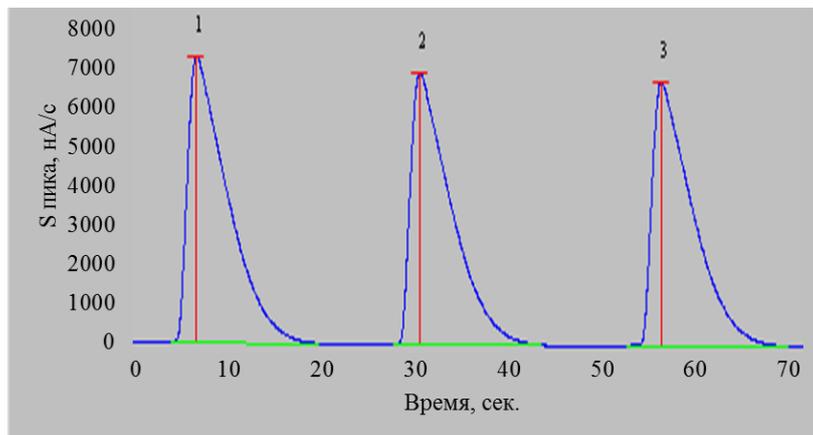
Рисунок Б.2 - Хроматограммы суммарного содержания антиоксидантов (по кверцетину) в поре из капусты брокколи: а) свежей; б) бланшированной; в) после СВЧ-нагрева



а)



б)



в)

Рисунок Б.3 - Хроматограммы суммарного содержания антиоксидантов (по кверцетину) в образцах: а) свежие листья мяты; б) порошок из листьев мяты, высушенных конвективным способом; в) порошок из листьев мяты, высушенных в поле СВЧ

ПРИЛОЖЕНИЕ В (обязательное)

Протоколы испытаний растительных полуфабрикатов

Страница 1 из 2

Испытательный лабораторный центр АНО "НТЦ" Комбикорм"

Адрес: 394026, г. Воронеж,
пр. Труда, 91
телефакс (473) 246-34-06
e-mail: ano_ntc@mail.ru

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ

№ 0502

" 19 " 11 2021 г.

№ 1 – порошка из листьев мяты перечной, № 2 – порошка из шишек хмеля обыкновенного,
№ 3 – поре из плодов рябины обыкновенной, № 4 – поре из плодов боярышника,
№ 5 – поре из перца стручкового сладкого, № 6 – поре из капусты брокколи

1. Заявитель ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ
2. Изготовитель _____
3. Акт отбора проб (№, дата, размер партии, дата выработки) _____
4. Дата получения проб и окончания испытаний 15.10.21 г. - 19.11.21 г.
5. Описание пробы для испытаний проба поступила в опечатанном виде (6 образцов 30,0 г)
6. Результаты испытаний:

Наименование показателей, единицы измерения	НД, на соответствие которому проводятся испытания	Значение показателей						НД на методы испытаний
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	
М. д. влаги, %		9,1	7,1	61,7	65,2	90,4	90,4	ГОСТ 31640
М. д. сырого протеина, %		21,82	16,50	0,99	0,90	1,25	2,63	ГОСТ 32044.1
М. д. сырого жира, %		5,66	17,80	20,32	1,43	1,00	1,03	ГОСТ 32905
М. д. сырой клетчатки, %		13,4	33,6	1,6	4,9	1,8	1,6	ГОСТ 31675
М. д. сырой золы, %		13,77	11,60	0,85	1,25	0,39	0,56	ГОСТ 32933
М. д. кальция, %		3,06	2,55	0,07	0,24	0,03	0,05	ГОСТ 32904
М. д. фосфора, %		0,34	0,75	0,02	0,06	0,04	0,07	ГОСТ 26657
Кислотность, °Н		47,0	23,5	16,1	9,8	49,0	4,6	ГОСТ 13496.12
М. д. калия, %		0,85	1,36	0,102	0,154	0,094	0,088	М 04-65-2010
М. д. натрия, %		0,02	0,02	0,009	0,022	0,010	0,028	
М. д. магния, %		0,45	0,32	0,021	0,033	0,017	0,020	
М. д. водорастворимых углеводов, %		14,22	19,21	8,08	18,92	1,50	0,63	ГОСТ 26176

Наименование показателей, единицы измерения	НД, на соответствие которому проводятся испытания						Значение показателей						НД на методы испытаний
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6							
Содержание железа мг/кг	102,0	112,0	5,2	5,1	3,1	4,1	ГОСТ 26928						
Содержание меди, мг/кг	4,9	4,7	0,35	0,69	1,04	0,26	ГОСТ 26931						
Содержание цинка, мг/кг	26,5	21,3	0,68	1,53	1,43	3,42	ГОСТ 26934						
Содержание марганца, мг/кг	59,6	121,0	10,1	1,63	1,00	1,56	ГОСТ 26573.2						
Содержание кобальта, мг/кг	0,12	0,07	0,03	0,04	0,04	0,02							
Содержание витамина В ₁ , мг/кг	0,065	0,14	0,064	0,042	0,085	0,028	Н.К.Флоренская Технохим. контроль качества сырья и к/к. М. Колос. 1968						
Содержание витамина В ₂ , мг/кг	0,58	0,02	1,21	1,23	1,14	0,04	ГОСТ Р 55569						
Аминокислоты, %:													
аргинин	0,67	0,85	0,020	0,036	0,048	0,111							
лизин	0,16	0,39	0,013	0,034	0,033	0,112							
тирозин	0,32	0,33	0,005	0,013	0,013	0,048							
фенилаланин	0,58	0,61	0,010	0,022	0,020	0,069							
гистидин	0,14	0,24	Менее 0,01*	0,013	0,014	0,040							
лейцин	0,63	0,95	0,019	0,036	0,030	0,101							
изолейцин	0,24	0,17	0,012	0,016	0,016	0,045							
метионин	0,07	0,06	0,005	0,005	0,005	0,024							
валин	0,26	0,54	0,012	0,021	0,022	0,081							
пролин	0,71	0,71	0,048	0,033	0,022	0,074							
треонин	0,46	0,57	0,023	0,036	0,052	0,083							
серин	0,31	0,64	0,023	0,026	0,042	0,098							
аланин	0,26	0,50	0,012	0,029	0,025	0,088							
глицин	0,38	0,57	0,012	0,027	0,021	0,069							
цистин	0,06	0,09	0,039	0,005	0,081	0,200							
глутаминовая кислота	0,36	0,98	0,043	0,072	0,227	0,475							
аспарагиновая кислота	0,22	0,77	0,118	0,080	0,238	0,441							

* - нижний предел измерения

Протокол касается только образцов, подвергнутых испытанию

Руководитель ИЛЦ

Н.Ю. Михайлова

Перепечатка без разрешения испытательной лаборатории запрещена



ПРИЛОЖЕНИЕ Г (обязательное)

Акты производственных испытаний хлебобулочных изделий



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по производству

АО «Знак хлеба»

О.В. Павленко

05.09.2022 г.

производственных испытаний производства бездрожжевых хлебобулочных изделий с добавлением фруктовой и овощной паст

Мы, подписавшиеся ниже, сотрудники кафедры продуктов питания, товароведения и технологии переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ профессор Перфилова О.В. и старший преподаватель Брыкина К.В., начальник производственно-технологической лаборатории АО «Знак хлеба» (г. Саратов) Денисенко А.В., начальник цеха АО «Знак хлеба» (г. Саратов) Левчук О.А., провели производственные испытания приготовления бездрожжевого ржано-пшеничного хлеба с добавлением фруктовой и овощной паст при выполнении научно-исследовательской работы в рамках реализации гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – докторов наук № МД-1528.2021.5 на выполнение научного исследования: «Переработка растительного сырья: расширение природно-ресурсного потенциала антиоксидантов и ассортимента продуктов функционального назначения».

Цель испытания - адаптировать данные лабораторных исследований в производственных условиях, отработать технологию приготовления хлеба ржано-пшеничного из смеси муки ржаной обдирной и пшеничной 1 сорта с добавлением паст овощной (пюре брокколи и перца стручкового сладкого, порошок шишек хмеля) и фруктовой (пюре рябины и боярышника обыкновенных, порошок листьев мяты перечной) с применением рационального способа приготовления теста без использования промышленных хлебопекарных дрожжей, выдать рекомендации для производства.

Исследование процесса производства бездрожжевого ржано-пшеничного хлеба с добавлением фруктовой и овощной паст осуществляли в условиях производства АО «Знак хлеба» по следующим технологическим операциям:

- подготовка сырья к производству;
- приготовление теста;
- разделка теста и формование;
- расстойка;
- выпечка.

Подготовка сырья к производству. Сырье и полуфабрикаты готовили к производству в соответствии с действующими нормативно-техническими документами: сборник рецептов на хлеб и хлебобулочные изделия (сост. П.П. Ершов), «Инструкция по предупреждению попадания посторонних предметов в продукцию». Фруктовую и овощную пасту смешивали и выдерживали с водой (30% от расчетного количества) в течение 5 минут.

Приготовление теста. Тесто готовили на густой закваске в один прием из всей массы сырья по рецептуре, кг из расчета на 100 кг муки:

закваска ржаная густая	57,0
мука пшеничная хлебопекарная первого сорта	50,0
мука ржаная хлебопекарная обдирная	17,0
паста фруктовая / овощная	9,0
сахар белый кристаллический	3,0
соль пищевая	1,5
вода	по расчету

В тестомесильной машине А2-ХТ-3Б смешивали густую ржаную закваску с водой, мукой ржаной хлебопекарной обдирной, пшеничной хлебопекарной первого сорта, набухшей в воде фруктовой или овощной пастой, водным раствором соли и сахара. Брожение теста протекало при температуре 28-30 °С до достижения титруемой кислотности 8-9 град.

Разделка теста. Готовое тесто делили в тестоделительной машине «Восход ТД-2», после чего заготовки теста массой по 625 г направляли на округление в тестоокруглитель «Восход ТО-4».

Сформированные заготовки теста укладывали в круглые кассеты, покрытые тканью, и направляли на расстойку в расстойную камеру REVENT при температуре 35 °С в течение 35-40 минут.

Выпечка. Перед посадкой в печь тестовые заготовки подового хлеба при пересадке на транспортер переворачивали, извлекали из форм. Выпечку изделий осуществляли в хлебопекарной печи REVENT при температуре 240 °С. После выпечки хлеб укладывали на лотки в один ряд для остывания.

Готовый бездрожжевой хлеб ржано-пшеничный с добавлением фруктовой и овощной паст имел соответственно влажность 40,5 и 40,7%, кислотность 6,9 и 6,7 град, пористость 65 %.

Заклучение. Опытно-промышленные апробации технологии бездрожжевого ржано-пшеничного хлеба с фруктовой и овощной пастами показали возможность и целесообразность использования данных растительных полуфабрикатов при производстве хлебобулочных изделий.

Рекомендован выпуск бездрожжевых хлебобулочных изделий с добавлением фруктовой и овощной паст предприятиями хлебопекарной промышленности.

Начальник ПТЛ АО «Знак хлеба»

 А.В. Денисенко

Начальник цеха АО «Знак хлеба»

 О.А. Левчук

Профессор кафедры продуктов питания, товароведения и технологии переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, д.т.н., доцент

 Перфилова О.В.

Старший преподаватель кафедры продуктов питания, товароведения и технологии переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ

 Брыксина К.В.

Утверждаю
Индивидуальный предприниматель
П. Н. Ларионов
«02» сентября 2022 г.

АКТ

производственной выработки опытной партии новых видов бездрожжевого ржано-пшеничного хлеба с добавлением фруктовой и овощной паст

В производственных условиях пекарни ИП Ларионов П. Н. (г. Тамбов) по рецептурам и технологии, разработанным сотрудниками кафедры продуктов питания, товароведения и технологии переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ профессором Перфиловой О.В. и старшим преподавателем Брыксиной К.В. были произведены производственные выпечки хлеба с добавлением растительных паст следующих видов:

- бездрожжевой ржано-пшеничный хлеб с фруктовой пастой;
- бездрожжевой ржано-пшеничный хлеб с овощной пастой.

Образцы бездрожжевого ржано-пшеничного хлеба с фруктовой и овощной пастами были представлены на Дегустационный Совет предприятия и одобрены по всем регламентируемым органолептическим и физико-химическим показателям качества.

Разработанные профессором Перфиловой О.В. и старшим преподавателем Брыксиной К.В. в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – докторов наук № МД-1528.2021.5 на выполнение научного исследования «Переработка растительного сырья: расширение природно-ресурсного потенциала антиоксидантов и ассортимента продуктов функционального назначения» рецептуры и технология производства бездрожжевого ржано-пшеничного хлеба с фруктовой и овощной пастами получила положительную оценку технологической службы предприятия.

На основании этого рекомендовать разработать нормативно-техническую документацию (СТО) и поставить разработанные новые виды хлеба на производство.

Технолог хлебопекарного цеха



Меренич Н. В.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д (обязательное)

Пакеты нормативно-технической документации (СТО) для промышленного производства растительных полуфабрикатов и хлебобулочных изделий

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
МИЧУРИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

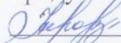
ОКПД2 10.39

Группа Н 53
(ОКС 67.080.01)СТАНДАРТ
ОРГАНИЗАЦИИ

СТО 00493534-001-2021

«ПАСТЫ: ФРУКТОВАЯ И ОВОЩНАЯ»

РАЗРАБОТАНО:

профессор кафедры технологии
продуктов питания и товароведения О.В. Перфилова
зав. лабораторией продуктов
функционального питания Е.И. Попова
технолог лаборатории продуктов
функционального питания К.В. Брыксина

Мичуринск – наукоград РФ
Тамбовской области
2021 г.

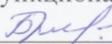
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
МИЧУРИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ОКПД2 10.71.1

Группа Н 32
(ОКС 67.060)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной и
инновационной работе
В.А. Солопов
«23» ноября 2022 г.

СТАНДАРТ
ОРГАНИЗАЦИИ СТО 00493534-002-2022
«ИЗДЕЛИЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫЕ ИЗ СМЕСИ РЖАНОЙ И
ПШЕНИЧНОЙ МУКИ С ФРУКТОВОЙ И ОВОЩНОЙ ПАСТАМИ ДЛЯ
ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ»

РАЗРАБОТАНО:
профессор кафедры продуктов питания,
товароведения и технологии
переработки продукции животноводства
 О.В. Перфилова
технолог учебно-исследовательской
лаборатории продуктов
функционального питания
 К.В. Брыксина

Мичуринск – наукоград РФ
Тамбовской области
2022 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е (справочное)**Патенты и заявки на изобретения**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ
НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2776789

**СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ПЮРЕ ИЗ РЯБИНЫ
ОБЫКНОВЕННОЙ**

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Мичуринский государственный аграрный университет"* (RU)

Авторы: *Перфилова Ольга Викторовна (RU), Брыксина Кристина Вячеславовна (RU), Иванова Екатерина Петровна (RU), Толстова Надежда Юрьевна (RU)*

Заявка № 2021116717
Приоритет изобретения **07 июня 2021 г.**
Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации **26 июля 2022 г.**
Срок действия исключительного права
на изобретение истекает **07 июня 2041 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Zubov



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2786708

**СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ПОРОШКА ИЗ
ВЫСУШЕННЫХ ШИШЕК ХМЕЛЯ
ОБЫКНОВЕННОГО В ПОЛЕ СВЧ**

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
"Мичуринский государственный аграрный университет"*
(RU)

Авторы: *Перфилова Ольга Викторовна (RU), Брыксина
Кристина Вячеславовна (RU)*

Заявка № 2021134319

Приоритет изобретения **23 ноября 2021 г.**

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации **23 декабря 2022 г.**

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает **23 ноября 2041 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2787977

**СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ПАСТЫ ИЗ КАПУСТЫ
БРОККОЛИ, ПЕРЦА СТРУЧКОВОГО СЛАДКОГО И
ХМЕЛЯ ОБЫКНОВЕННОГО**

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
"Мичуринский государственный аграрный университет"*
(RU)

Авторы: *Перфилова Ольга Викторовна (RU), Брыксина
Кристина Вячеславовна (RU), Иванова Екатерина Петровна
(RU), Попова Елена Ивановна (RU)*

Заявка № 2021136040

Приоритет изобретения **07 декабря 2021 г.**

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации **13 января 2023 г.**

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает **07 декабря 2041 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Ю.С. Зубов



ПРИЛОЖЕНИЕ Ж (справочное)

Сертификаты и дипломы









СЕРТИФИКАТ

Международной научно-практической конференции
«АГРАРНАЯ НАУКА И ИННОВАЦИОННЫЕ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

14-16 АПРЕЛЯ 2021

О.В. Перфилова, К.В. Брыксина

Ректор ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ



В.А. БАБУШКИН



БЛАГОДАРСТВЕННОЕ ПИСЬМО

Брыксиной Кристине Вячеславовне

*за активное участие в подготовке к
Всероссийской выставке День садовода-2022*

Врио ректора ФГБОУ ВО
Мичуринский ГАУ



С.А. Жидков





Диплом

награждается

участник выставки,

посвященной празднованию

Дня промышленности Тамбовской области

Брыксина Кристина Вячеславовна

Представленные экспонаты: продукты для здорового и функционального питания с повышенным содержанием антиоксидантов

Врио ректора ФГБОУ ВО
Мичуринский ГАУ



С.А. Жидков

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 (справочное)

Акт о внедрении материалов диссертации в учебный процесс

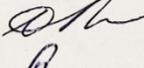

 УТВЕРЖДАЮ
 Проректор по учебно-воспитательной работе и
 молодежной политике
 ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ
 С.В. Соловьев
 _____ 2022г.

АКТ

внедрения в учебный процесс результатов диссертационной работы Брыксиной Кристины Вячеславовны на тему «Разработка технологий фруктовой и овощной паст с использованием энергии СВЧ для применения их в производстве хлеба функционального назначения», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 4.3.3. Пищевые системы.

Мы, нижеподписавшиеся, директор Плодоовощного института им. И.В. Мичурина, д.с.-х.н., профессор Григорьева Л.В., начальник методического центра, к.э.н., доцент Кириллова С.С., начальник учебного отдела, к.фил.н., доцент Синепупова О.С. составили настоящий акт о том, что с целью методического, информационного обеспечения и совершенствования основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания, профилю Технология и организация специальных видов питания, в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников, результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс, используются в лекционных курсах дисциплины «Технология продуктов питания функционального назначения».

/ Директор Плодоовощного института
 им. И.В. Мичурина, д.с.-х.н., профессор
 Начальник методического центра, к.э.н., доцент
 Начальник учебного отдела, к.фил.н., доцент

 Григорьева Л.В.
 Кириллова С.С.
 Синепупова О.С.