

На правах рукописи



Перфилова Ольга Викторовна

**ПЕРЕРАБОТКА ВТОРИЧНОГО
ФРУКТОВО-ОВОЩНОГО СЫРЬЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ
МЕТОДОВ: РАСШИРЕНИЕ РЕСУРСНОГО
ПОТЕНЦИАЛА И АССОРТИМЕНТА ПРОДУКТОВ
ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ,
РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ**

Специальность 05.18.01 - «Технология обработки, хранения
и переработки злаковых, бобовых
культур, крупяных продуктов,
плодоовощной продукции
и виноградарства»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Воронеж – 2019

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

Научный консультант: доктор технических наук, профессор
Магомедов Газибег Омарович
(ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»)

Официальные оппоненты: **Корякина Светлана Яковлевна**
доктор технических наук, профессор
(ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», профессор)

Хатко Зурет Нурбиевна
доктор технических наук, доцент
(ФГБОУ ВО «МГТУ», заведующий кафедрой)

Тертычная Татьяна Николаевна
доктор сельскохозяйственных наук, доцент
(ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, профессор)

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»
(г. Москва)

Защита состоится «24» сентября 2019 г. в 13 ч 30 мин на заседании диссертационного совета Д 212.035.04 при ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» по адресу: 394036, г. Воронеж, пр-т Революции, 19, конференц-зал.

Отзывы на автореферат (в двух экземплярах), заверенные гербовой печатью учреждения, просим направлять в адрес диссертационного совета Д 212.035.04.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО «ВГУИТ». Полный текст диссертации размещен в сети Интернет на официальном сайте ФГБОУ ВО «ВГУИТ» <http://www.vsuet.ru> «29» марта 2019 г.

Автореферат размещен в сети Интернет на официальных сайтах: ВАК Минобрнауки России <https://vak3.ed.gov.ru> и ФГБОУ ВО «ВГУИТ» <http://www.vsuet.ru> «07» июня 2019 г., разослан «18» июня 2019 г.

Ученый секретарь совета по защите
диссертаций на соискание ученой
степени кандидата наук, на соискание
ученой степени доктора наук
Д 212.035.04



Белокурова Е. В.

Актуальность работы. Пищевая и перерабатывающая промышленность занимает лидирующие позиции в структуре промышленного производства РФ, и на ее долю приходится 10,3 %.

Для системного решения проблем, связанных с развитием пищевой и перерабатывающей промышленности, Правительством РФ утверждена «Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года».

Промышленная переработка сельскохозяйственного сырья сопровождается образованием значительного количества вторичных ресурсов, которые в настоящее время используются неэффективно. Часто вторичные ресурсы выливаются в водоемы или идут в отвалы, что в свою очередь, наносит экологический урон окружающей среде. Так, ежегодная переработка 110–115 млн тонн сельскохозяйственного сырья приводит к образованию свыше 50 млн тонн вторичных ресурсов, в т.ч. от производства соков, которые являются дополнительным резервом для производства полуфабрикатов и продуктов питания.

С учетом сложившейся обстановки, назрела необходимость увеличения глубины переработки сельскохозяйственного сырья путем вовлечения вторичных ресурсов в хозяйственный оборот, что должно позволить повысить с единицы перерабатываемого сырья выход готовой продукции.

Для успешного решения задач по развитию пищевой и перерабатывающей промышленности, необходимо обеспечить ее устойчивое развитие на базе инновационных решений и наукоемких подходов. Одним из направлений в данной сфере является создание новых технологий глубокой, комплексной, энерго- и ресурсосберегающей переработки сельскохозяйственного сырья, в т.ч. фруктов и овощей, с применением современных электрофизических и физико-химических методов с целью экологически безопасного получения социально значимых пищевых продуктов с различными функциональными свойствами. Задача увеличения доли производства продуктов питания функционального назначения, включая продукты вторичной переработки фруктов и овощей, кондитерские и хлебобулочные изделия, также лежит в основе государственной политики РФ в области здорового питания населения на период до 2020 г.

Согласно рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания, утвержденной приказом Министерства здраво-

охранения РФ от 19 августа 2016 г № 614, человеку в год следует употреблять 140 кг овощей и бахчевых, а также 100 кг фруктов, т.е. в целом, не менее 600 г в сутки.

При разработке продуктов здорового и функционального питания, в т.ч. хлебобулочных и кондитерских изделий, значительный вклад может внести использование продуктов вторичной переработки фруктов и овощей, т.к. они являются источником природных биологически активных веществ, особенно витаминов, антиоксидантов, минеральных веществ и пищевых волокон.

В создании теоретико-практических основ ресурсосберегающих технологий пищевой продукции функционального и здорового питания с использованием растительного сырья большую роль сыграли российские и зарубежные ученые: А. В. Зубченко, Л. В. Антипова, Л. М. Аксенова, В. А. Тутельян, Л. И. Казанская, А. П. Нечаев, Л. И. Пучкова, С. Я. Корякина, Т. Б. Цыганова, Т. В. Савенкова, Л. П. Пашенко, А. А. Кочеткова, И. В. Матвеева, З. Г. Скобельская, О. И. Ильина, Л. Н. Шатнюк, Ю. Ф. Росляков, В. С. Иунихина, Ф. Н. Вертяков, Г. Г. Дубцов, Е. И. Пономарева, Г. О. Магомедов, З. Н. Хатко, М. Г. Магомедов, Ho S. Lim, Yung-Shin Shyu, Christiane Seidel, Khraisheh M. A. M, Rubel I. A., Mahsa Majzoobi и др.

Перед пищевой промышленностью России стоит **актуальная задача**, заключающаяся в создании способов экологически безопасного получения фруктово-овощных полуфабрикатов (порошков, паст, подварок и начинок) на основе выжимок производства соков прямого отжима, используя СВЧ-, ИК-нагрев, с целью повышения их пищевой ценности и производства пищевых продуктов функционального назначения в низком ценовом сегменте.

Научная работа осуществлялась в рамках следующих проектов:

– EU-program ERASMUS Mundus Partnership Action 2 Project – International Academic Mobility with Russia (IAMONET-RU V), 2014/2015 (Германия). Topic: «Determining the influence of vegetable powders on quality of wheat dough and bread» («Определение влияния растительных порошков на качество пшеничного теста и хлеба»);

– Конкурс Старт-2014 (Договор № 200ГС1/8710 (код 0008710, заявка № 2014-1-00565). Тема НИОКР: «Разработка технологии производства фруктовых и овощных порошков»;

– Областной конкурс «Грант для поддержки молодых ученых 2014 года» (приказ № 1573 от 29.05.2014 г). Тема проекта: «Разработ-

ка технологий производства продуктов питания функционального назначения с улучшенными потребительскими характеристиками»;

– Областной конкурс «Грант для поддержки молодых ученых 2016 года» (приказ № 1589 от 27.05.2016 г). Тема проекта: «Разработка технологии комплексной переработки яблок на добавки и продукты функционального питания»;

– 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»;

в соответствии с темой НИР ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ «Разработка технологий новых видов продуктов для функционального и здорового питания», утвержденной решением ученого совета Мичуринского государственного аграрного университета протоколом № 8 от 27 января 2015 г.

Цель работы. Разработка пищевых продуктов повышенной пищевой ценности в низком ценовом сегменте с применением полуфабрикатов переработки вторичного фруктово-овощного сырья, подвергнутого СВЧ- и ИК-нагреву с целью максимального увеличения выхода в нем свободных антиоксидантов.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

– исследовать макроструктуру и химический состав яблочных, свекольных, морковных и тыквенных выжимок производства соков прямого отжима;

– изучить изменение физико-химических и органолептических свойств выжимок при различных параметрах СВЧ-нагрева;

– определить рациональные и оптимальные параметры СВЧ-нагрева выжимок;

– исследовать изменение качественного и количественного содержания пектинов и антиоксидантов в выжимках при рациональных параметрах СВЧ-нагрева;

– определить изменения микроструктуры выжимок при СВЧ-нагреве;

– провести сравнительную оценку химического состава выжимок после СВЧ-нагрева с соответствующими свежими фруктами, овощами и соками;

- разработать структурную схему комплексной переработки выжимок производства соков прямого отжима на полуфабрикаты (порошки, пасты, подварки, термостабильные начинки) с применением СВЧ- и ИК-нагрева, выбрать рациональные способы и режимы;

- определить показатели качества фруктово-овощных полуфабрикатов на основе выжимок, обосновать условия, способы и сроки их хранения;

- разработать рецептуры и технологии мармеладно-пастильных и хлебобулочных изделий с использованием фруктово-овощных полуфабрикатов на основе выжимок, исследовать их показатели качества, определить сроки хранения;

- провести опытно-промышленные апробации, разработать нормативно-техническую документацию на новые виды фруктово-овощных полуфабрикатов и пищевых продуктов с их применением. Рассчитать экономическую эффективность производства.

Научная новизна работы. Впервые исследованы и научно обоснованы технологические процессы комплексной переработки выжимок производства яблочного, свекольного, морковного и тыквенного соков прямого отжима с применением СВЧ- и ИК-нагрева.

Установлена закономерность изменения содержания антиоксидантов в яблочных, свекольных, морковных и тыквенных выжимках от величины мощности, температуры и продолжительности СВЧ-нагрева.

Раскрыт механизм влияния СВЧ-нагрева на качественный и количественный состав пектиновых веществ и микроструктуру яблочных, свекольных, морковных и тыквенных выжимок, приводящий к увеличению содержания антиоксидантов в свободной форме, что позволило обосновать возможность применения рациональных режимов СВЧ-нагрева при получении полуфабрикатов (порошки, пасты, подварки, начинки) для создания с их использованием пищевых продуктов повышенной пищевой ценности по пищевым волокнам и антиоксидантам в низком ценовом сегменте.

Получены регрессионные уравнения, описывающие зависимости показателей влажности и содержания антиоксидантов в яблочных выжимках от значений мощности и продолжительности СВЧ-нагрева.

Теоретически обоснована целесообразность применения ИК-сушки яблочных, свекольных, морковных и тыквенных выжимок

после СВЧ-нагрева, обеспечивающей высокую сохранность термолабильных водорастворимых антиоксидантов по сравнению с традиционным конвективным способом сушки.

Получены зависимости содержания водорастворимых антиоксидантов в яблочных, свекольных, морковных и тыквенных выжимках, полученных ИК-сушкой, от способов их хранения и выявлено преимущество хранения в вакуумной упаковке.

Установлено снижение эффективной вязкости паст из яблочных, свекольных, морковных и тыквенных выжимок с повышением дозировки крахмальной патоки и температуры.

Получена регрессионная модель, приемлемая для проведения технических расчетов и прогнозирования вязкостных свойств подварок на основе яблочных и морковных выжимок при интересующих значениях температуры и скорости сдвига.

В работе представлена теоретическая аргументация применения, произведенных по разработанной комплексной технологии, фруктово-овощных полуфабрикатов на основе выжимок в технологиях новых видов хлебобулочных и кондитерских изделий с целью повышения их пищевой и снижения энергетической ценности последних.

Установлена зависимость качества мармеладно-пастильных и хлебобулочных изделий по органолептическим и физико-химическим показателям от дозировки фруктово-овощных полуфабрикатов на основе выжимок взамен сахара и муки соответственно.

Новизна технических решений разработанных способов производства пищевых полуфабрикатов и продуктов подтверждена 10 патентами на изобретения РФ.

Теоретическая и практическая значимость работы. Разработана и теоретически обоснована структурная схема комплексной переработки, с применением СВЧ- и ИК-нагрева, яблочных, свекольных, морковных и тыквенных выжимок производства соков прямого отжима на порошки, пасты, подварки и начинки, которая предлагается для внедрения в консервное производство.

Данное технологическое решение дает возможность повысить пищевую ценность выжимок, а также решить проблемы комплексной ресурсосберегающей переработки фруктов и овощей, использования сопутствующего основному производству вторичного сырья и экологических задач его утилизации.

В результате проведенных исследований теоретически и практически обосновано применение фруктово-овощных полуфабрикатов в технологии производства кондитерских и хлебобулочных изделий, что позволит расширить ассортимент пищевых продуктов для здорового и функционального питания.

Разработаны структурные схемы по производству хлеба и мармеладно-пастильных изделий с использованием полуфабрикатов на основе яблочных, тыквенных и морковных выжимок (порошки и подварки), отличающихся от соответствующих традиционных изделий повышенным содержанием функциональных ингредиентов, увеличенным сроком хранения и пониженной себестоимостью.

Проведена промышленная апробация предлагаемых технологий в условиях ООО «Экспериментальный центр «М-Конс-1» (Тамбовская область, Мичуринск-Наукоград РФ), ООО «Империя продуктов» (Тамбовская область, Мичуринск-Наукоград РФ), кондитерского цеха ИП Долгова А.П. (Тамбовская область, г. Тамбов), которая подтвердила полученные положительные результаты научных экспериментов.

Разработана и утверждена в ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ нормативно-техническая документация (НТД): СТО 00493534-001-2018 «Яблочный, свекольный, морковный и тыквенный порошки из выжимок от производства соков прямого отжима», СТО 00493534-002-2018 «Яблочная, свекольная, морковная, тыквенная пасты из выжимок от производства соков прямого отжима», СТО 00493534-003-2018 «Подварки и термостабильные начинки из фруктовых и овощных выжимок от производства соков прямого отжима», СТО 00493534-004-2018 «Желейный мармелад на основе подварок из яблочных и морковных выжимок», СТО 00493534-005-2018 «Зефир на основе подварок из яблочных и морковных выжимок», СТО 00493534-006-2018 «Хлебобулочные изделия с добавлением яблочного и тыквенного порошков из выжимок от производства соков прямого отжима».

Проданы лицензии на право использования интеллектуальной собственности предприятиям ИП Долгова А. П. по патенту РФ на изобретение № 2642642 (договор № 1 от 28.08.2018) и ИП Безбородова М. В. по патенту РФ на изобретение № 2631084 (договор № 2 от 28.08.2018).

Материалы диссертации задействованы в учебном процессе, а именно используются в лекционных курсах дисциплин (модулей) «Пищевые добавки функционального назначения», «Технология продуктов функционального питания» и практике НИР обучающихся по направлению подготовки 19.04.04 Технология продукции и организация общественного питания, профилю – Технология продуктов функционального и профилактического питания.

Методология и методы исследования. Научные исследования осуществлялись согласно методологии, имеющей интегрирующий характер, создания полуфабрикатов на основе фруктово-овощных выжимок производства соков прямого отжима и совершенствования ассортимента мармеладно-пастильных и хлебобулочных изделий с их применением для здорового и функционального питания.

Для выполнения обозначенных задач использовались общепринятые и специальные методы исследований фруктово-овощного сырья, полуфабрикатов и пищевых продуктов, а также сбора, обработки и анализа экспериментальных данных.

Научная концепция работы. В основу научного решения проблемы положен принцип комплексной переработки выжимок производства соков прямого отжима на фруктово-овощные полуфабрикаты с применением новых технологических приемов, основанных на СВЧ- и ИК-нагреве, обеспечивающим увеличение выхода антиоксидантов в свободной форме, и создание с их использованием пищевых продуктов с повышенным содержанием антиоксидантов и пищевых волокон для здорового и функционального питания.

Научные положения, выносимые на защиту:

- теоретическое обоснование механизма влияния СВЧ- и ИК-нагрева яблочных, свекольных, морковных и тыквенных выжимок на процесс увеличения содержания и сохранности в них водорастворимых антиоксидантов в свободной форме;

- научно обоснованная технология комплексной переработки фруктово-овощных выжимок, обеспечивающая получение порошков, паст, подварок и начинок с высокой пищевой ценностью;

- теоретическое и экспериментальное обоснование влияния способов получения и хранения фруктово-овощных порошков из выжимок на их антиоксидантную ценность;

– теоретическое и экспериментальное обоснование влияния рецептурных ингредиентов и технологических параметров на процесс получения, показатели качества паст, подварок и начинок на основе фруктово-овощных выжимок;

– технологические решения по разработке новых видов пищевых продуктов для здорового и функционального питания с включением в их рецептурный состав полуфабрикатов на основе фруктово-овощных выжимок.

– совокупность экспериментальных данных по определению химического состава и антиоксидантной ценности полуфабрикатов на основе фруктово-овощных выжимок и пищевых продуктов с их применением в аспекте функциональной ценности.

Соответствие темы диссертации паспорту научной специальности. Диссертационное исследование соответствует п. 2, 3, 4 и 6, 7 паспорта специальности 05.18.01 – «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства».

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность полученных результатов диссертационного исследования подтверждается проведенным анализом патентной информации согласно теме работы, постановкой экспериментов в соответствии с целью и задачами, использованием современных методов анализа. Научные положения и выводы, представленные в диссертации, подтверждаются обоснованными экспериментальными данными, наглядно изображенными в виде таблиц или рисунков. Математическая обработка и интерпретация результатов исследований проведены с помощью современных методов статистического анализа.

Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на международных, всероссийских научных, научно-технических, научно-практических, научно-технологических конференциях и форумах: (Москва, 2014), (Мичуринск-Наукоград РФ, 2014, 2015), (Воронеж, 2014, 2016, 2018), (Курган, 2017), (Астрахань, 2018), (Барнаул, 2018). Результаты работы демонстрировались на международной специализированной выставке хлебопекарного и кондитерского рынка (Москва, 2018) и выставке в рамках международной научно-технической конференции «Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений» (Воронеж, 2018).

Публикации. Материалы и результаты диссертационного исследования опубликованы в 45 научных работах, в т. ч. 2 статьи в журналах, входящих в базу данных Scopus, 16 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, 15 статей и материалов конференций, 2 научные монографии, 10 патентов на изобретения РФ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа содержит введение, 6 глав, заключение, список литературы и приложения. Работа представлена на 349 страницах печатного текста и включает 96 таблиц и 121 рисунок. Список литературы содержит 344 наименования, из них 58 на иностранных языках. Приложения к работе изложены на 88 страницах.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в определении направления диссертационного исследования; анализе и систематизации литературных источников по актуальной проблеме; постановке и реализации основной части теоретических, практических исследований по разработке рациональных и оптимальных режимов, способов производства полуфабрикатов на основе фруктово-овощных выжимок и пищевых продуктов с их применением.

Автором разработан и утвержден пакет НТД на новые виды фруктово-овощных полуфабрикатов и пищевых продуктов с их применением, проведены патентование изобретений, апробация созданных технологий в опытно-производственных условиях и их внедрение.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель, задачи исследования, изложены научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов работы, основные положения, представленные к защите.

В **первой главе** на основании анализа научной, патентной и технической информации установлены основные проблемы и тенденции комплексной, ресурсосберегающей переработки фруктов и овощей. Проведен анализ морфологического строения и химического состава фруктов и овощей, в т.ч. по содержанию в них природных антиоксидантов. Рассматриваются существующие спо-

собы применения СВЧ- и ИК-нагрева в пищевой промышленности. Приводится обобщение основных направлений в области применения продуктов переработки фруктов и овощей в технологии кондитерских и хлебобулочных изделий.

Во **второй главе** представлена структурная схема и описание организации проведения эксперимента (рис. 1), приведена характеристика объектов, методов исследований в соответствии с реализуемыми целью и задачами работы.

Объектами исследований при проведении экспериментальной работы являлись: свекла столовая сорта «Гигипетская плоская», морковь столовая сорта «Витаминная», тыква сорта «Мичуринская», выращенные в условиях УИТК «Роща» ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ; яблоки сорта «Мартовское» от ОАО «Дубовое» Тамбовской области, Петровского района, с. Дубовое; выжимки производства яблочного, свекольного, морковного и тыквенного соков прямого отжима; полуфабрикаты на основе выжимок: порошки, пасты, подварки и термостабильные начинки; пробы зефирных и желейных мармеладных масс с использованием подварок на основе яблочных и морковных выжимок и готовых изделий из них; пробы дрожжевого теста с добавлением яблочного и тыквенного порошков из выжимок и выпеченные из них изделия.

В работе применялись стандартные общепринятые и специальные методы анализа по определению химического состава, структурно-механических свойств, физико-химических, органолептических и микробиологических показателей качества исследуемых объектов.

Химический состав в объектах исследования определяли следующими методами: суммарное содержание антиоксидантов – амперометрическим методом на приборе Цвет Яюза 01-АА; бета-каротин – методом колоночной хроматографии И. К. Мурри по ГОСТ 8756.22-80; флавонолы и катехины – колориметрическим методом в модификации Л. И. Вигородова на фотометре марки КФК-3; антоцианы по методу Никитского ботанического сада; витамин С – титриметрическим методом по ГОСТ 24556-89; витамин С, Е и бета-каротин в готовых пищевых продуктах определяли методом ВЭЖХ с использованием анализатора жидкости «Флюорат-02» в качестве флюориметрического детектора; пектиновые вещества –

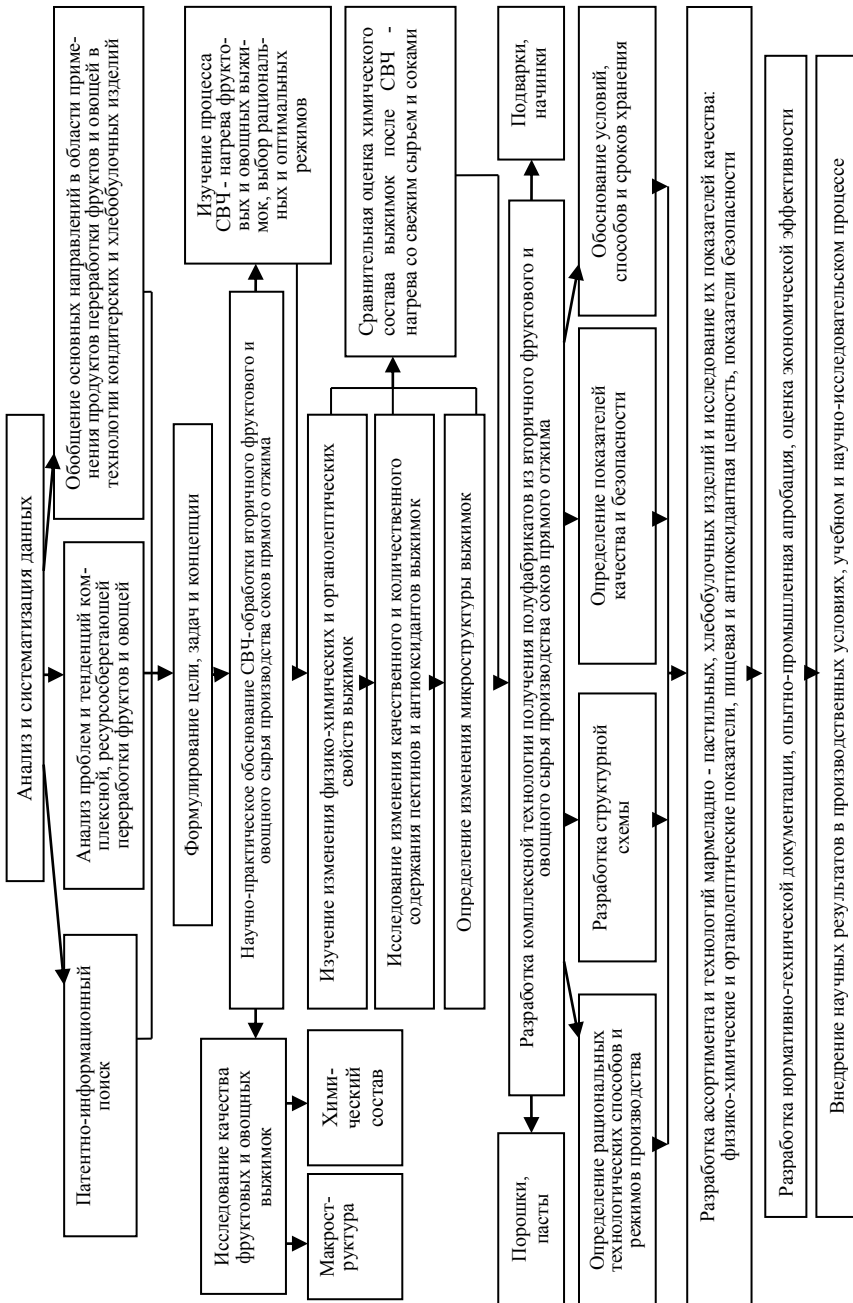


Рисунок 1 – Структурная схема проведения исследований

объемным методом по С. Я. Райк; клетчатка – весовым методом по Петербургскому; общее содержание водорастворимых и нерастворимых пищевых волокон – ферментативно-гравиметрическим методом по ГОСТ Р 54014-2010; макроэлементы: К, Са, Mg и Р – методом капиллярного электрофореза на приборе Капель 105 М; микроэлементы: Fe, Mn, Cu и Zn – атомно-абсорбционной спектроскопией на атомно-абсорбционном спектрометре марки МГА-915 МД.

Для микроструктурного анализа выжимок свежих и после СВЧ-обработки готовили цитологические препараты, которые исследовали на микроскопе Leica 2500 методом люминисцентной микроскопии при увеличении от x100 до x400. Фоторегистрацию проводили камерой DCM-500 с программным обеспечением Scor Foto.

Эффективную вязкость фруктово-овощных паст определяли на синусоидальном вибровискозиметре SV-10, фруктово-овощных подварок и кондитерских масс – на ротационном вискозиметре «Реотест-2»; пластическую прочность полуфабрикатов и готовых изделий – на реометре, разработанном на кафедре ТХМЗП ВГУИТ; водопоглощение и реологические свойства теста по ГОСТ ISO 5530-1-2013 на фаринографе фирмы «Brabender»; газообразующую способность – на приборе Реоферментометре F3 фирмы «Chopin»; твердость/мягкость и удельный объем хлеба измеряли соответственно с помощью анализатора текстуры TA-XT2 Texture Analyser и измерителя размеров VolScan от производителя Stable Micro Systems.

Основная часть экспериментальных исследований и практических разработок реализована в учебно-исследовательской лаборатории продуктов функционального питания, комплексной научно-испытательной лаборатории сельскохозяйственной и пищевой продукции ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ; в лаборатории зерновых технологий при институте «Пищевая наука и биотехнология» университета Хоэнхайм (г. Штутгарт, Германия); на кафедре «Технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств» ФГБОУ ВО «ВГУИТ»; в Тамбовском Центре Сертификации и микробиологической лаборатории ООО «Лебедянский» (г. Лебедянь Липецкой области).

В **третьей главе** приводится научно-практическое обоснование СВЧ-обработки вторичного фруктово-овощного сырья производства соков прямого отжима.

Установлено, что яблочные, свекольные, морковные и тыквенные выжимки производства соков прямого отжима на шнековом прессе (при выходе сока 40-45 %) имеют различные компонентный состав (мякоть, кожица, кожура, семена, сок, перегородки, плодоножки), геометрические размеры частиц, коллоидно-физические свойства и в зависимости от вида содержат влагу в пределах 80,3 – 83,1 %.

Исследования химического состава выжимок показали, что более 70 % сухих веществ представлены углеводами. При этом, содержание пищевых волокон в среднем составило: пектинов – 2,4 %, клетчатки – 2,1 %. При определении суммарного содержания антиоксидантов (ССА) по кверцетину выявлено, что среди выжимок самое высокое значение данного показателя характерно для свекольных (52,9 мг/100 г), несколько ниже – у яблочных (30,3 мг/100 г), наименьшее – у морковных и тыквенных выжимок (19,6 и 22,1 мг/100 г). Высоким содержанием жирорастворимого антиоксиданта бета-каротина отличились морковные (5,7 мг/100 г) и тыквенные (6,1 мг/100 г) выжимки. Наибольшее содержание водорастворимых антиоксидантов таких, как витамин С и флавоноиды, отмечено у яблочных (21,7 и 64,4 мг/100 г) и свекольных (18,4 и 226,4 мг/100 г) выжимок.

Для предварительной обработки выжимок исследовали возможность применения СВЧ-нагрева. Для изучения влияния технологических факторов СВЧ-нагрева на такие свойства выжимок, как температура, влажность (содержание сухих веществ), ССА по кверцетину, последние подвергали нагреву от 50 до 96 °С при постоянной мощности равной 800 Вт (рис. 2).

Экспериментально установили рациональные режимы СВЧ-нагрева выжимок, при которых наблюдается максимальное увеличение показателя ССА по сравнению со свежими выжимками, для:

– яблочных выжимок: мощность – 800 Вт, время – 135 с, удельная работа – 540 Вт/г·с, температура нагрева выжимок 90 °С (ССА увеличивается в 2,26 раза, СВ – в 1,17 раза);

– свекольных выжимок: мощность – 800 Вт, время – 160 с, удельная работа – 640 Вт/г·с, температура нагрева выжимок 92 °С (ССА увеличивается в 2,46 раза, СВ – в 1,19 раза);

– морковных выжимок: мощность – 800 Вт, время – 180 с, удельная работа – 720 Вт/г·с, температура нагрева выжимок 95 °С (ССА увеличивается в 1,65 раза, СВ – в 1,18 раза);

– тыквенных выжимок: мощность – 800 Вт, время – 175 с, удельная работа – 700 Вт/г·с, температура нагрева выжимок 95 °С (ССА увеличивается в 1,39 раза, СВ – в 1,14 раза).

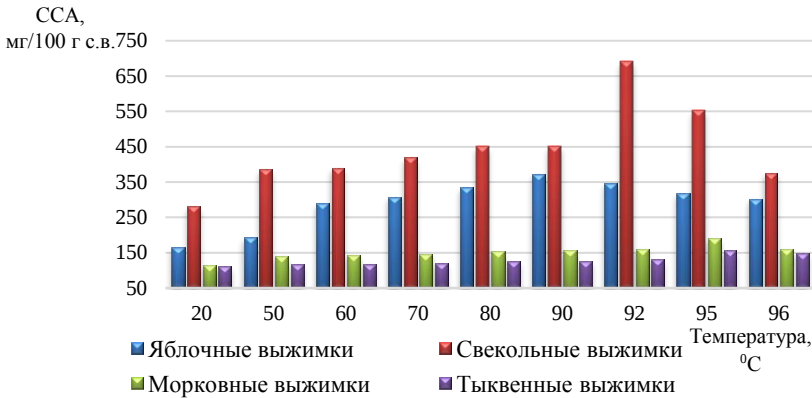


Рисунок 2 – Зависимость суммарного содержания антиоксидантов (по кверцетину) от температуры СВЧ-нагрева выжимок

Дальнейшее увеличение продолжительности и температуры СВЧ-нагрева выжимок приводит к снижению показателя ССА от 4,2 % (для тыквенных) до 46 % (для свекольных) по сравнению с максимальным значением. В результате исследований влияния различной мощности СВЧ-нагрева выжимок до температуры 90–95 °С, в зависимости от их вида, на показатель ССА, выявлена следующая тенденция – при увеличении мощности от 180 до 800 Вт продолжительность нагрева сокращается в среднем в 4 раза, а содержание антиоксидантов по сравнению со свежими выжимками увеличивается в 1,13–1,87 и 1,39–2,46 раза соответственно. Данный факт, можно объяснить тем, что с увеличением мощности СВЧ-нагрева выжимок уменьшается время их нагрева до температуры 90–95 °С, в результате увеличи-

вается сохранность термолабильных антиоксидантов, а также быстрее происходит процесс инактивации ферментов разрушающих (окисляющих) антиоксиданты.

Методом математического планирования получено уравнение регрессии, описывающее зависимость суммарного содержания антиоксидантов (Y_1) от значений мощности (X_1) и продолжительности нагрева (X_2) яблочных выжимок:

$$Y_1 = 266,769 + 5,023X_1 - 43,856X_2 - 54,2X_1X_2 - 8,908X_1^2 - 59,878X_2^2 \quad (1)$$

Определены оптимальные параметры СВЧ-нагрева для яблочных выжимок: мощность 751,36 Вт и продолжительность обработки 180,92 с, при которых суммарное содержание антиоксидантов в выжимках составляет 367,961 мг/100 г с.в.

Результаты исследований влияния СВЧ-нагрева выжимок на содержание в них водорастворимых антиоксидантов флавоноидов (флавонолы, катехины, антоцианы) и витамина С представлены на рисунке 3.

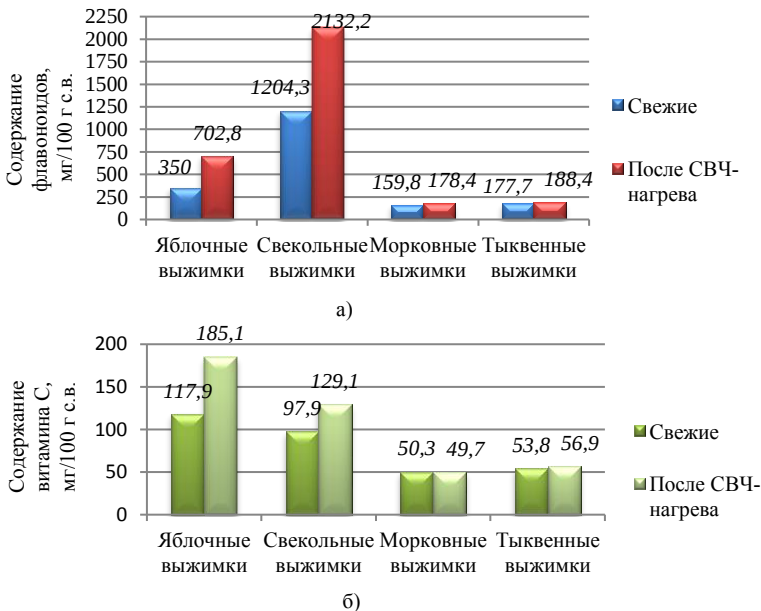


Рисунок 3 – Влияние рациональных режимов СВЧ-нагрева выжимок на содержание:
а – флавоноидов (катехины, антоцианы, флавонолы),
б – витамина С.

Выявлено, что по общему содержанию исследуемых флавоноидов среди выжимок после СВЧ-нагрева твердо сохраняют преобладающие позиции яблочные и свекольные выжимки, в которых данный показатель увеличивается соответственно в 2,01 и 1,77 раза, тогда как у морковных и тыквенных выжимок в 1,12 и 1,06 раза по сравнению со свежими выжимками. Содержание витамина С после СВЧ-нагрева увеличивается только у яблочных и свекольных выжимок соответственно в 1,57 и 1,32 раза.

Исследование изменения качественного состава пектиновых веществ выжимок после их СВЧ-нагрева показало, что в результате гидролиза протопектина процентное содержание водорастворимого пектина от общего количества пектиновых веществ по сравнению со свежими выжимками повышается соответственно с 24 до 41,5 % у яблочных, с 7 до 19 % у свекольных, с 5 до 20 % у морковных и с 9 до 27 % у тыквенных выжимок (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние рациональных режимов СВЧ-нагрева выжимок на количественный и качественный состав пектиновых веществ

Наименование выжимок	Свежие выжимки				Выжимки после СВЧ-нагрева			
	пектиновые вещества, г	протопектин, г	водорастворимый пектин, г	СВ, %	пектиновые вещества, г	протопектин, г	водорастворимый пектин, г	СВ, %
Яблочные	2,5/13,6	1,9/10,3	0,6/3,3	18,4	2,9/13,5	1,7/7,9	1,2/5,6	21,5
Свекольные	2,7/14,3	2,5/13,3	0,2/1,0	18,8	3,2/14,3	2,6/11,6	0,6/2,7	22,3
Морковные	2,1/12,4	2,0/11,8	0,1/0,6	16,9	2,5/12,6	2,0/10,1	0,5/2,5	19,9
Тыквенные	2,3/11,6	2,1/10,6	0,2/1,0	19,7	2,6/11,5	1,9/8,4	0,7/3,1	22,5

* в числителе – на 100 г сырого вещества; в знаменателе – на 100 г сухого вещества.

Проведенное микроскопирование выжимок до и после СВЧ-нагрева показало изменение их микроструктуры на клеточном уровне, которое представлено в виде схемы (рис. 4), на которой показано, что при электромагнитном воздействии происходят процессы деструкции протопектина, гемицеллюлозы и структурного белка экстенсина клеточных стенок, в результате чего увеличивается их проницаемость, ткань выжимок мацерируется, становится рыхлой, мягкой.

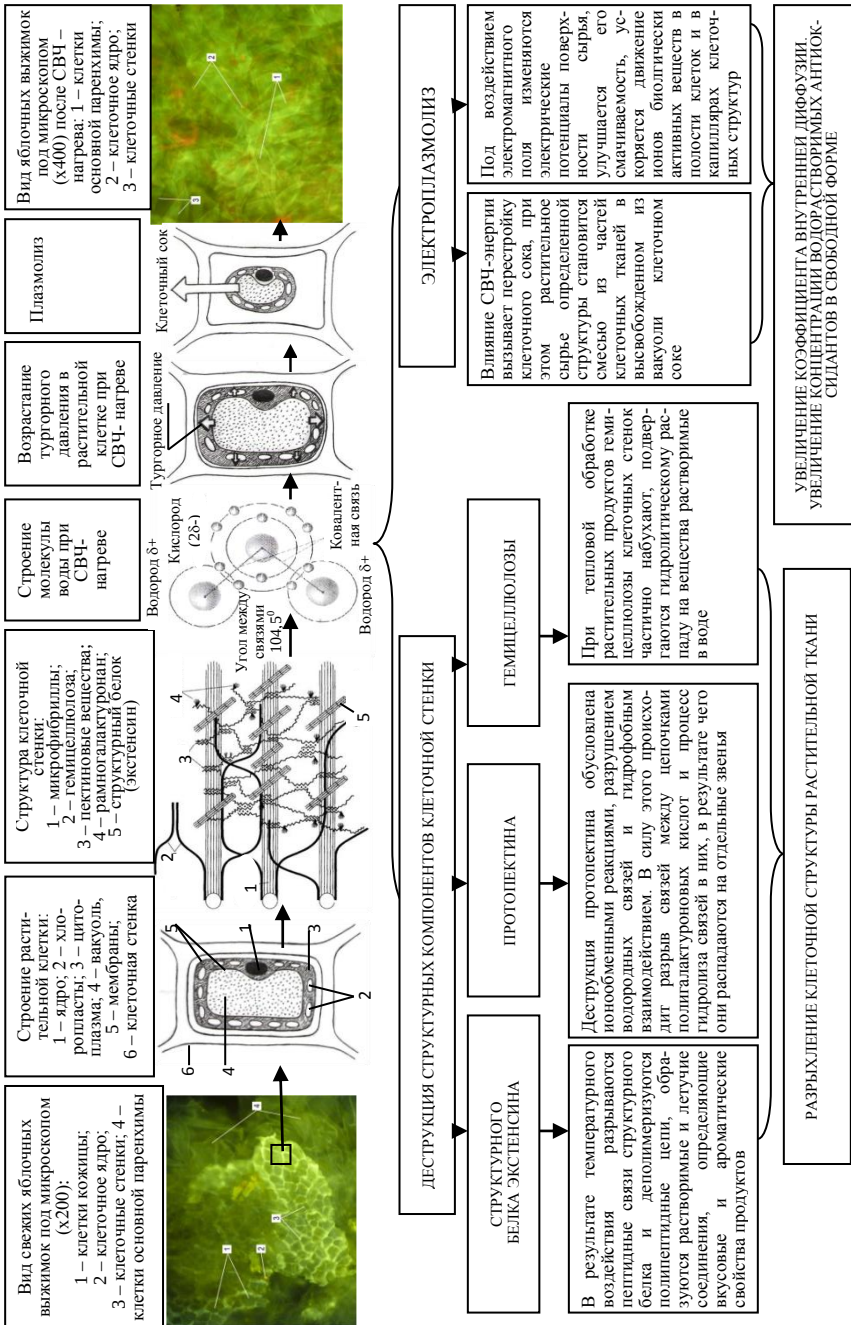


Рисунок 4 – Схема изменения клеточной структуры выжимок при СВЧ-нагреве

Разрушение клеточного строения сопровождается также явлением плазмолиза. Разрывы клеточных мембран нарушают обменные взаимосвязи между клеточными компонентами, основательно изменяя роль клеточной жидкости центральной вакуоли растительных клеток, в которой содержатся растворимые в воде антиоксиданты. В результате повышается коэффициент внутренней диффузии, вследствие чего увеличивается концентрация водорастворимых антиоксидантов в свободной форме, что подтверждается полученными результатами исследований по увеличению показателей ССА, содержания витамина С и флавоноидов при СВЧ-нагреве (рис. 2–3).

Сравнительная оценка химического состава фруктово-овощных выжимок после СВЧ-нагрева со свежими фруктами, овощами и соответствующими соками прямого отжима показала, что они по суммарному содержанию антиоксидантов в пересчете на сухое вещество превосходят последние на 17-48 % и 3-8,5 % соответственно. Так, в свежих свекольных выжимках значение ССА в пересчете на сухое вещество составило 281,4 мг/100 г с.в., что на 51 и 57 % ниже по сравнению со свеклой столовой и свекольным соком соответственно. СВЧ-нагрев свекольных выжимок позволяет повысить данный показатель до значения 691,0 мг/100 г с.в., что в среднем на 5 и 21 % выше, чем у свекольного сока и свеклы столовой соответственно (табл. 2).

Таблица 2 – Химический состав продуктов переработки свеклы столовой

Наименование продукта	СВ, %	РСВ, %	ССА, мг/100 г	ССА, мг/100 г с.в.
Свекла столовая	15,1	13,2	86,3	571,5
Свекольный сок прямого отжима	14,3	12,7	93,8	655,9
Свекольные выжимки	18,8	14,0	52,9	281,4
Свекольные выжимки после СВЧ обработки	22,3	16,6	154,1	691,0

В четвертой главе представлены результаты исследования процессов получения и изучения органолептических, физико-химических и структурно-механических свойств полуфабрикатов (порошки, пасты, подварки и термостабильные начинки) на основе выжимок производства соков прямого отжима.

С целью интенсификации сушки выжимок с наименьшими потерями антиоксидантов, исследовали ИК – способ сушки при различных температурах (45-50 °С, 60-65 °С и 75-80 °С) до конечного влагосодержания 7,5-8 % при высоте слоя 3 мм. Выжимки предварительно подвергали СВЧ-нагреву при установленных рациональных режимах. Выявлено, что наименьшие потери антиоксидантов отмечены в результате сушки яблочных, свекольных, морковных и тыквенных выжимок при температуре 60-65 °С продолжительностью в среднем 3 ч 30 мин и составили соответственно 33,0 %, 34,8 %, 31,4 % и 32,0 % (рис. 5).

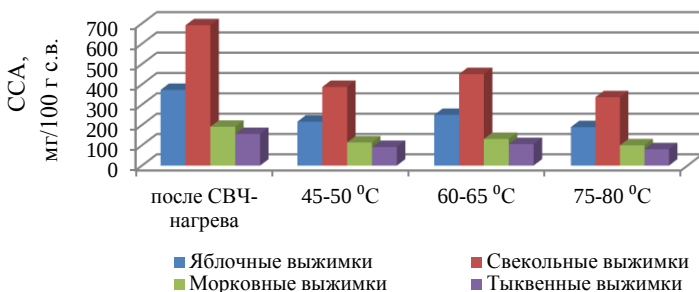


Рисунок 5 – Влияние различной температуры ИК-сушки выжимок на суммарное содержание антиоксидантов

Получены зависимости суммарного содержания антиоксидантов, в т.ч. витамина С и флавоноидов, от способов сушки выжимок. Так, содержание витамина С в выжимках в результате ИК и конвективной сушки снижается по отношению к исходному содержанию в выжимках после СВЧ-нагрева в среднем на 30,0 и 53,5 % соответственно, при этом существенной зависимости в количественном содержании флавоноидов не выявлено.

Установлено преимущество применения ИК-сушки выжимок перед конвективным способом сушки, заключающееся в увеличении сохранности антиоксидантов в среднем на 12,5 % и сокращением продолжительности сушки в 1,7 раза.

Результаты исследований химического состава порошков из выжимок показали высокое содержание в них пищевых волокон, при этом яблочный и свекольный порошки являются источ-

никами витамина С и флавоноидов, а морковный и тыквенный порошки - бета-каротина (табл. 3).

Таблица 3 – Химический состав порошков из выжимок (на 100 г)

Наименование порошка	Сухие в-ва, г	Сахара, г	Пектиновые в-ва, г	Клетчатка, г	Вита-мин С, мг	Бета-каротин, мг	Флаво-ноиды, мг
Яблочный	92,3	45,7	12,5	10,0	117,2	1,2	453,5
Свекольный	92,4	48,1	13,2	7,5	82,5	0,4	1292,1
Морковный	92,2	45,7	11,6	9,3	33,2	25,0	120,2
Тыквенный	92,3	47,0	10,7	15,9	37,2	23,2	123,6

Получены зависимости содержания антиоксидантов в порошках от условий их хранения при температуре 20 °С: 1 способ – в крафт-пакетах; 2 способ – в вакуумных пакетах в атмосфере воздуха при остаточном давлении 0,05 МПа. Выявлено, что за 12 месяцев хранения яблочного, свекольного, морковного и тыквенного порошков по 1-му и 2-му способу содержание антиоксидантов снизилось в среднем на 13,6 и 9,2 %, при этом витамина С – на 16,2 и 11,1 %, флавоноидов – на 12,1 и 8,0 % соответственно. С учетом сохранности антиоксидантов и результатов органолептической оценки порошков в процессе хранения рекомендованы следующие сроки хранения, при которых они остаются безопасными и соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011: по 1-му способу – 6 мес., по 2-му способу – 12 мес.

При получении яблочной, свекольной, морковной и тыквенной паст исследовано и выявлено снижение их вязкости в результате внесения крахмальной высокоосахаренной патоки перед протиранием в количествах 10 %, 20 % и 30 % к массе выжимок, прошедших СВЧ-обработку при установленных рациональных режимах, наряду с увеличением температуры нагрева в диапазоне от 25 до 60 °С.

Для количественной оценки степени снижения вязкости использовали показатель – степень разжижения:

$$K_p = \frac{\eta_n - \eta_k}{\eta_n} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где K_p – степень разжижения, %; η_n – начальная вязкость массы, Па·с; η_k – конечная вязкость массы, Па·с.

Установлено, что повышение дозировки патоки приводит к увеличению содержания сухих веществ и степени разжижения паст (например, для пасты на основе яблочных выжимок при дозировке патоки 10 % степень разжижения составляет 26,3 %, при 20 % – 45,7 %, при 30 % – 64 %) (рис. 6).

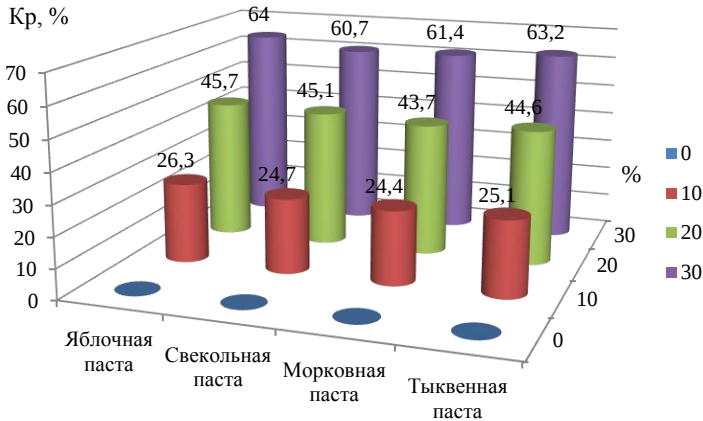


Рисунок 6 – Зависимость степени разжижения паст на основе выжимок от дозировки патоки при температуре 60 °С

Определена пищевая ценность паст на основе выжимок с добавлением 30 % патоки, которые характеризуются хорошим качеством по органолептическим и физико-химическим показателям (табл. 4).

Разработанные пасты рекомендуется использовать как полуфабрикаты, а также как готовые функциональные пищевые продукты. Так, 100 г яблочной, свекольной, морковной и тыквенной пасты восполняет суточную потребность организма человека в пищевых волокнах соответственно на 26,5 %, 24,5 %, 23,0 % и 27,5 %. Употребление 100 г яблочной и свекольной пасты восполняет суточную потребность соответственно в витамине С на 29,0–20,7 % и флавоноидах на 39,3–117,0 %, 100 г морковной и тыквенной паст – в бета-каротине на 96,0 % и 104,0 % соответственно.

При хранении пастеризованных паст в течение 12 мес при температуре от 0 °С до 20 °С показатели их безопасности соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011.

Для получения подварок, яблочные и морковные выжимки после СВЧ-нагрева смешивали с патокой в пропорции 50:50, про-тирали через сита с диаметром отверстий 1,2 и 0,8 мм, добавляли раствор лимонной кислоты, уваривали до конечного содержания сухих веществ не менее 60 % и гомогенизировали. Выжимки возможно заменять, полученной из них пастой, в таком случае соотношение пасты и патоки составит 70:30.

Таблица 4 – Пищевая ценность паст на основе выжимок

Пищевые вещества	Содержание пищевых веществ в 100 г пасты			
	яблочная	свекольная	морковная	тыквенная
Белки, г	0,5	0,4	0,8	1,2
Жиры, г	0,1	0,1	0,1	0,1
Углеводы, г	32,1	32,6	31,2	32,2
Пищевые волокна, г	5,3	4,9	4,6	5,5
Органические кислоты, г	1,0	0,5	0,5	0,5
Витамины, мг:				
бета-каротин	0,3	0,1	4,8	5,2
С	26,1	18,6	6,3	9,8
Флавоноиды	98,2	292,5	22,5	32,2
Зола, г	0,6	1,3	1,0	0,7
Минеральные вещества, мг:				
К	29,8	47,4	70,5	72,4
Са	50,1	53,7	76,8	43,2
Mg	24,6	31,2	56,5	23,3
Р	33,4	54,3	103,6	37,6
Fe	1,83	1,30	0,71	0,63
Zn	0,06	0,03	0,10	0,08
Cu	0,07	0,06	0,04	0,08
Mn	0,04	0,14	0,07	0,03
Энергетическая ценность, кДж (ккал)	549,4 (131,3)	556,5 (133,0)	538,9 (128,8)	562,3 (134,4)

Построена регрессионная модель (3), позволяющая прогно-зировать вязкостные свойства подварок (рис. 7) при интересую-щих значениях температуры и скорости сдвига.

$$\eta_{эф} = A \exp\left(\frac{E}{RT}\right) \left(\frac{\dot{\gamma}}{\dot{\gamma}^*}\right)^m, \quad (3)$$

где A – эмпирическая константа, Па·с;

E – энергия активации вязкого течения, Дж/моль;

R – универсальная газовая постоянная

($R = 8,31$ Дж/моль·К);

T – абсолютная температура, К;

$\dot{\gamma}$ – скорость сдвига, с^{-1} ;

m – темп разрушения структуры;

$\dot{\gamma}^*$ – скорость сдвига приведения, с^{-1} ($\dot{\gamma}^* = 1 \text{ с}^{-1}$).

Таблица 5 – Значения констант уравнения

Наименование подварки	A , Па·с	E , Дж/моль	m
Яблочная	0,889	11344,684	-0,807
Морковная	0,595	12361,818	-0,594

Разработанные яблочная и морковная подварки в количестве 100 г восполняют суточную потребность организма человека соответственно в: пищевых волокнах на 23 % и 20 %, аскорбиновой кислоте и флавоноидах – 24,6 % и 35,4 % (яблочная подварка) и бета-каротине – 88 % (морковная подварка).

Разработаны рецепты и технология термостабильных начинок на основе свекольной и тыквенной паст, которые обладают хорошими органолептическими показателями качества, ограниченной термостабильностью и рекомендуются использовать для выпечки внутри изделия в температурном диапазоне 180-200 °С.

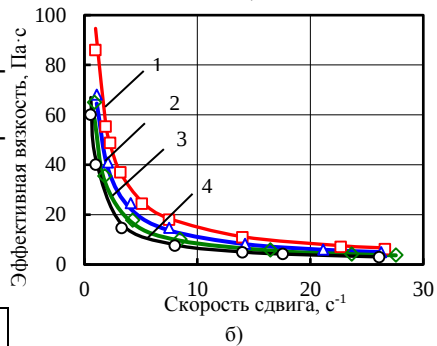
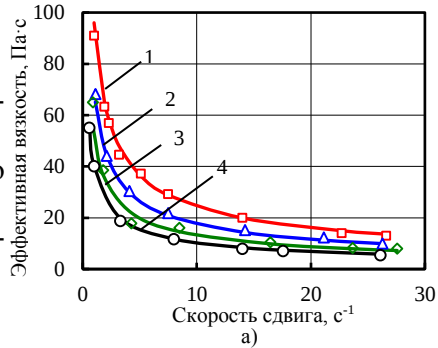


Рисунок 7 – Зависимость эффективной вязкости яблочной (а) и морковной (б) подварок от скорости сдвига при различных температурах (°C): 1 – 20, 2 – 40, 3 – 60, 4 – 80

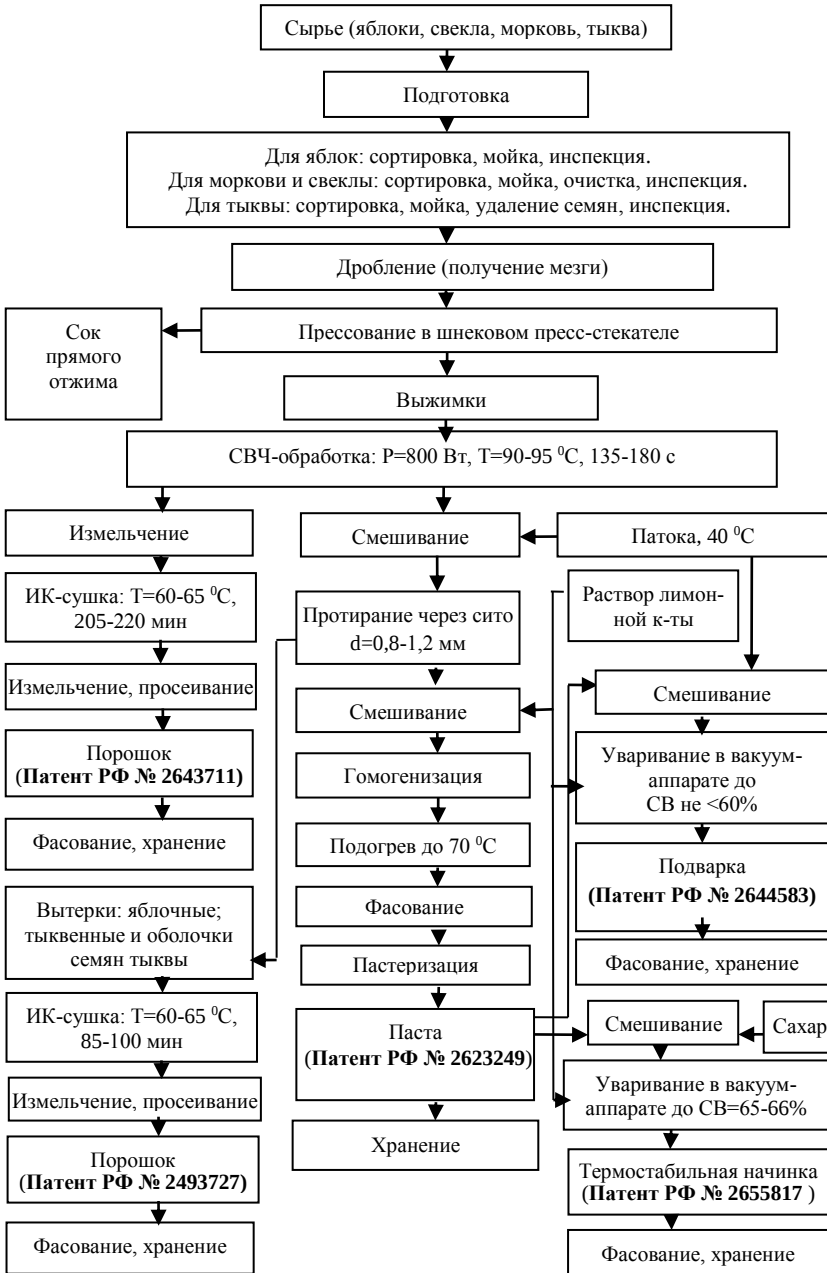


Рисунок 8 – Структурная схема комплексной переработки вторичного сырья производства соков прямого отжима

Антиоксидантная ценность разработанных термостабильных начинок зависит от вида пасты, из которой они выработаны. Так, свекольная начинка отличается более высоким содержанием флавоноидов, а тыквенная - бета-каротина и 100 г данных начинок восполняет среднесуточную потребность в соответствующих антиоксидантах на 135,3 и 132,0 %. По пищевым волокнам 100 г начинок восполняет среднесуточную потребность организма человека в среднем на 34 %.

Результаты микробиологических исследований позволяют рекомендовать хранение фруктово-овощных подварок и термостабильных начинок, фасованных в герметичную непрозрачную тару, при температуре хранения 5 °С – не более 6 мес с даты изготовления, при этом полуфабрикаты остаются безопасными и соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011.

В результате проведенных исследований разработана структурная схема комплексной переработки вторичного сырья производства соков прямого отжима (см. рисунок 8).

В **пятой главе** исследована возможность применения подварок на основе яблочных и морковных выжимок в рецептурном составе мармеладно-пастильных изделий (зефира и желейного мармелада).

Изучено влияние яблочных и морковных подварок на процесс структурообразования желейных масс и установлено, что при увеличении их дозировок с 25 до 75 % к массе рецептурной смеси взамен сахара продолжительность студнеобразования снижается соответственно до 140 и 120 мин по сравнению с контролем (210 мин) (рис. 9).

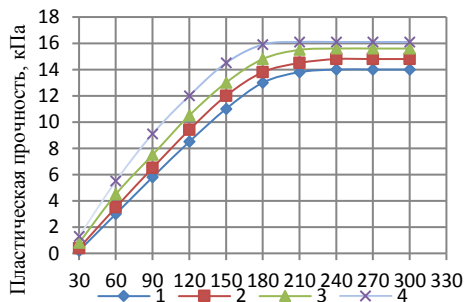


Рисунок 9 – Изменение пластической прочности желейного мармелада при дозировках яблочной подварки: 1 – контроль, 2 – 25%, 3 – 50%, 4 – 75%.

Наибольшие значения пластической прочности характерны для образцов с дозировкой подварки из яблочных и морковных выжимок 75 % и составили соответственно 16,1 и 17,5 кПа.

При дозировке подварок от 50 % и более наблюдается резкое увеличение вязкости мармеладной массы, что исключает возможность ее формования методом отливки. Поэтому была разработана технология желейного мармелада без сахара с использованием подварок (50, 75 %) и патоки с применением формования методом «шприцевая», которая апробирована в условиях кондитерского цеха ИП Долгова А. П., и выпущена опытная партия желейного мармелада.

Употребление 100 г желейного мармелада с добавлением 50-75 % подварки на основе яблочных и морковных выжимок наряду с пониженной энергетической ценностью (от 212,2 кДж (50,7 ккал) до 290,4 (69,4 ккал) ниже, чем у мармелада «Желейный формовой» (1333,9 кДж (318,8 ккал) позволяет удовлетворить суточную потребность организма человека соответственно в: пищевых волокнах на 17,0-22,5 % и 15-20,5 %, флавоноидах - 15,7-23,3 % (с яблочной подваркой), в бета-каротине - 40-60 % (с морковной подваркой), что позволяет рекомендовать их для функционального питания.

Разработан способ производства зефира с использованием подварок на основе яблочных и морковных выжимок. Установлено, что образцы зефирной массы с добавлением 15–35 %

подварки на основе яблочных и морковных выжимок взамен яблочного пюре и части сахара отличаются повышенной пластической прочностью, при этом максимальное значение достигает в среднем 32 кПа, что на 33 % выше по сравнению с контролем (рис. 10).

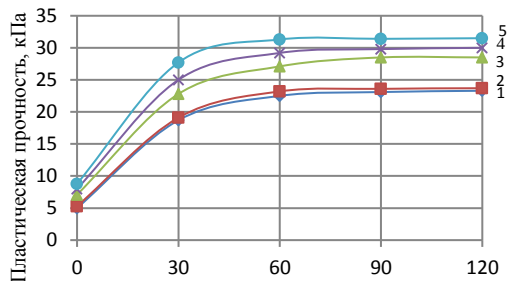


Рисунок 10 – Изменение пластической прочности зефирной массы при дозировках морковной подварки, %: 1 – контроль; 2 – 5; 3 – 15; 4 – 25; 5 – 35

Разработанный зефир «Нежность» и «Легкость» с оптимальной дозировкой подварки (30 %) на основе яблочных и морковных выжимок соответственно наряду с пониженной энергетической ценностью (на 93,7 кДж (22,4 ккал) и 78,6 кДж (18,8 ккал) ниже, чем у зефира «Ванильный» (1303,7 кДж (311,6 ккал) характеризуются повышенной пищевой ценностью, так употребление 100 г изделий позволяет удовлетворить суточную потребность организма человека соответственно в: пищевых волокнах на 11–10 %, флавоноидах – 12,6 % (зефир «Нежность»), бета-каротине – 28 % (зефир «Легкость»), что позволяет рекомендовать их для здорового питания.

Желейный мармелад и зефир с использованием яблочной и морковной подварок, упакованные в оболочку «Flow-pack», при установленном сроке хранения 90 сут сохраняют высокое качество и по показателям безопасности соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011.

В **шестой главе** разработаны технология и рецептуры хлеба «Осенний» и «Солнечный» из пшеничной муки в/с с добавлением соответственно 5 % порошка из яблочных, тыквенных выжимок и 8 % кукурузного масла на основании результатов исследований реологические свойства теста, а также органолептических, физико-химических, структурно-механических свойств готовых изделий.

Употребление 100 г новых видов хлеба позволяет удовлетворить суточную потребность организма человека соответственно в: пищевых волокнах на 10,5 %, витамине Е – 35 %; бета-каротине – 16,0 % (хлеб «Солнечный»), что позволяет рекомендовать их для функционального питания.

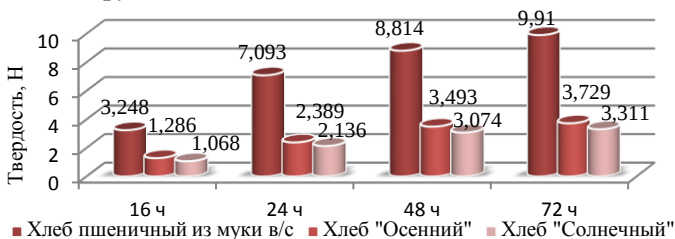


Рисунок 11 – Изменение твердости мякиша хлебобулочных изделий в процессе хранения

Установлено, что за 72 ч хранения у хлеба «Осенний» и хлеба «Солнечный» показатель твердости мякиша был ниже, чем у хлеба из пшеничной муки высшего сорта соответственно в 2,7 и 3,0 раза и составил 3,729 и 3,311 Н соответственно, что позволило продлить их срок хранения до 3 суток (см. рис. 11).

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Яблочные, свекольные, морковные и тыквенные выжимки производства соков прямого отжима разнородны по своему компонентному составу и являются дополнительным источником пищевых волокон (3,8-5,7 г/100 г) и природных антиоксидантов: витамина С (8,5-21,7 %), флавоноидов (27,0-226,4 мг/100 г), бета-каротина (5,7 и 6,1 мг/100 г – морковные и тыквенные выжимки соответственно) для производства полуфабрикатов и пищевых продуктов с их применением.

2. С повышением удельной работы (540-720 Вт/г·с) СВЧ-нагрева фруктово-овощных выжимок до температуры, °С: яблочных – 90, свекольных – 92, морковных и тыквенных – 95 в них увеличиваются массовая доля сухих веществ в 1,14–1,19 раза, антиоксидантов – 1,39-2,46 раза, витамина С – 1,32-1,57 раза, флавоноидов – 1,06–2,01 раза и водорастворимого пектина на 14,0–17,5 %.

СВЧ-нагрев позволяет повысить в выжимках суммарное содержание антиоксидантов в пересчете на сухое вещество по сравнению со свежими фруктами, овощами и соками из них в среднем на 17–48 % и 3–8,5 % соответственно.

3. Описана схема изменения клеточной структуры выжимок при СВЧ-нагреве, раскрывающая механизмы деструкции структурных компонентов клеточной стенки и электроплазмолиза, приводящие к разрыхлению растительной ткани и увеличению содержания антиоксидантов в свободной форме.

Разработана новая структурная схема комплексной переработки вторичного сырья производства соков прямого отжима на фруктово-овощные полуфабрикаты с применением СВЧ-нагрева.

Для получения порошков рекомендован ИК-нагрев для сушки при температуре 60-65 °С продолжительностью около 3 ч 30 мин. Технологической особенностью производства паст, подварок и термостабильных начинок является полное или частичное исключение в рецептурах сахара, применение патоки в рациональных дозировках (30–50 %), что позволяет сократить продолжительность термической обработки, при этом патока способствует снижению вязкости выжимок, что облегчает процесс их протирания при производстве паст и подварок.

4. Порошки, пасты, подварки, начинки на основе фруктово-овощных выжимок характеризуются высоким содержанием пищевых волокон и антиоксидантов (более 15 % от суточной потребности). С учетом сохранности антиоксидантов и микробиологической безопасности согласно требованиям ТР ТС 021/2011 установлены рациональные условия, способы и сроки хранения фруктово-овощных полуфабрикатов от 6 до 12 мес.

5. Определены оптимальные дозировки яблочной и морковной подварок в рецептурах желейного мармелада и зефира соответственно 50-75 % и 30 %; рациональные дозировки яблочного, тыквенного порошков - 5 % и кукурузного масла - 8 % в рецептуре хлеба, позволяющие улучшить качество изделий по органолептическим, физико-химическим и реологическим свойствам.

Новый ассортимент мармеладно-пастильных и хлебобулочных изделий, полученный по разработанным технологиям рекомендуется для здорового и функционального питания, так употребление 100 г изделия, в зависимости от вида, удовлетворяет среднесуточную потребность в пищевых волокнах на 10-22,5 %, флавоноидах – 12,6-23,3 %, бета-каротине – 16-60 % и витамине Е – 35 %. При установленных сроках хранения 90 сут для мармеладно-пастильных и 72 сут. для хлебобулочных изделий, они сохраняют высокое качество и по показателям безопасности соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011.

6. Ожидаемый экономический эффект от реализации 1 тыс. т/год готовой продукции с подварками на основе яблочных и морковных выжимок составит для: зефира – 32,32 млн руб. и желейного мармелада – 10,13–15,35 млн руб.; хлеба с яблочным и тыквенным порошками из выжимок – 15,17 млн руб.

и 14,52 млн руб. соответственно. Утверждено 6 пакетов нормативно-технической документации (СТО, ТИ, РЦ).

Список работ, опубликованных по материалам диссертации

Статьи в зарубежных журналах, входящих в базу цитирования Scopus

1. Babushkin, V. A. Expansion of food products range for functional and prophylactic nutrition with usage of fruits and vegetables of Tambov region / V. A. Babushkin, O. V. Perfilova, V. F. Vinnitskaya, S. I. Danilin // Ecology, Environment and Conservation Paper. – Suppl. Issue August 2015. – Vol. 21. – P. 29-36 (0,47 п.л., лично соискателем 0,12 п.л.).

2. Perfilova, O. V. Quality of jelly marmalade from fruit and vegetable semi-finished products / O. V. Perfilova, G.O. Magomedov, M. G. Magomedov, V. A. Babushkin // International Journal of Pharmaceutical Research. – Issue 4 October-December 2018. – Vol 10. – P. 721–724 (0,23 п.л., лично соискателем 0,06 п.л.).

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ

1. Винницкая, В. Ф. Разработка и создание функциональных продуктов из растительного сырья в Мичуринском государственном аграрном университете / В. Ф. Винницкая, Д. В. Акишин, О. В. Перфилова [и др.] // Вестник МичГАУ. – 2013. – № 6. – С. 83-86 (0,23 п.л., лично соискателем 0,04 п.л.).

2. Перфилова, О. В. Применение СВЧ-нагрева при переработке яблочных выжимок на продукты функционального питания / О. В. Перфилова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3. – С. 78–83 (0,35 п.л., лично соискателем 0,35 п.л.).

3. Перфилова, О. В. Технология переработки яблок на сок прямого отжима и пюре / О. В. Перфилова, Г. О. Магомедов, М. Г. Магомедов, В. А. Бабушкин // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового пи-

тания. – 2016. – № 3 (11). – С. 82–85 (0,23 п.л., лично соискателем 0,06 п.л.).

4. Винницкая, В. Ф. Оценка функциональных свойств малоиспользуемого местного растительного сырья и продуктов его переработки / В. Ф. Винницкая, Д. В. Акишин, О. В. Перфилова, С. И. Данилин // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2017. – № 3. – С. 112–117 (0,35 п.л., лично соискателем 0,09 п.л.).

5. Перфилова, О. В. Новые технологии продуктов для здорового питания населения Тамбовской области / О. В. Перфилова, В. А. Бабушкин // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2017. – № 4. – С. 51–55 (0,29 п.л., лично соискателем 0,15 п.л.).

6. Перфилова, О. В. Технологические особенности производства фруктового полуфабриката из вторичного сырья сокового производства / О. В. Перфилова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2017. – № 4. – С. 56–60 (0,29 п.л., лично соискателем 0,29 п.л.).

7. Перфилова, О. В. Ресурсосберегающая технология переработки яблок / О. В. Перфилова, В. А. Бабушкин, В. В. Ананских [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2017. – № 6 (20). – С. 21–28 (0,47 п.л., лично соискателем 0,12 п.л.).

8. Перфилова, О. В. Яблочные выжимки как источник биологически активных веществ в технологии продуктов питания / О. В. Перфилова // Новые технологии. – 2017. – № 4. – С. 65–71 (0,41 п.л., лично соискателем 0,41 п.л.).

9. Перфилова, О. В. Изменение биологически активной ценности вторичного сырья в процессе СВЧ-нагрева / О. В. Перфилова // Вестник КрасГАУ. – 2018. – № 2. – С. 123–128 (0,35 п.л., лично соискателем 0,35 п.л.).

10. Перфилова, О. В. Влияние яблочного и тыквенного порошка на качество хлеба при хранении / О. В. Перфилова // Хлебопродукты. – 2019. – № 3. – С. 48–49. doi: 10.32462/0235-2508-2019-28-3-48-49 (0,12 п.л., лично соискателем 0,12 п.л.).

11. Магомедов, Г. О. Фруктово-овощные порошки из выжимок сокового производства – источник функциональных ингредиентов в хлебопечении / Г. О. Магомедов, О. В. Перфилова //

Хлебопродукты. – 2019. – № 3. – С. 60–61. doi: 10.32462/0235-2508-2019-28-3-60-61 (0,12 п.л., лично соискателем 0,06 п.л.).

12. Перфилова, О. В. Преимущество применения СВЧ-нагрева в переработке тыквенных выжимок / О. В. Перфилова, Г.О. Магомедов // Новые технологии. – 2019. – Т (47) № 1. – С. 132-140. doi: 10.24411/2072-0920-2019-10113 (0,52 п.л., лично соискателем 0,26 п.л.).

13. Перфилова, О. В. Разработка нового способа приготовления теста из пшеничной муки высшего сорта с использованием яблочного и тыквенного порошков / О. В. Перфилова // Новые технологии. – 2019. – Т (47) № 1. – С. 141–148. doi: 10.24411/2072-0920-2019-10114 (0,47 п.л., лично соискателем 0,47 п.л.).

14. Перфилова, О. В. Применение СВЧ-, ИК-нагрева в технологии получения морковного порошка из выжимок / О. В. Перфилова // Вестник ВГУИТ. – 2019. – Т. 81. - № 1. – С. 144-148. doi: 10.20914/2310-1202-2019-1-144-148 (0,29 п.л., лично соискателем 0,29 п.л.).

15. Перфилова, О. В. Исследование реологических свойств пасты на основе свекольных выжимок / О. В. Перфилова, Г. О. Магомедов // Вестник ВГУИТ. – 2019. – Т. 81. – № 1. – С. 72–76. doi: 10.20914/2310-1202-2019-1-72-76 (0,29 п.л., лично соискателем 0,15 п.л.).

16. Перфилова, О. В. Исследование влияния СВЧ-нагрева свекольных и тыквенных выжимок на содержание в них витаминов / О. В. Перфилова // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2019. – № 2. (55). – С. 93–97 (0,29 п.л., лично соискателем 0,29 п.л.).

Монографии

1. Перфилова, О. В. Фруктовые и овощные порошки из вторичного сырья для производства функциональных продуктов питания / О. В. Перфилова. – Мичуринск: Изд-во Мичуринского ГАУ, 2017. – 190 с. (11,04 п.л., лично соискателем 11,04 п.л.).

2. Винницкая, В. Ф. Технология функциональных и специализированных продуктов питания с использованием адаптивного ассортимента местного растительного сырья: монография /

В. Ф. Винницкая, О.В. Перфилова. – Мичуринск: Изд-во Мичуринского ГАУ, 2018. – 184 с. (10,70 п.л., лично соискателем 5,35 п.л.).

Статьи и материалы конференций

1. Перфилова, О. В. Технологические свойства плодоовощного вторичного сырья как объекта сушки для производства функциональных добавок / О. В. Перфилова, В. А. Бабушкин, В. Ф. Винницкая // Инновационные технологии в производстве функциональных продуктов питания: сб. матер. Всерос. науч.-практ. конф. – Мичуринск: Изд-во ООО «БИС», 2014. – С. 146–149 (0,23 п.л., лично соискателем 0,08 п.л.).

2. Винницкая, В. Ф. 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: сб. матер. Междунар. науч.-техн. конф. - Ч. 1. – Воронеж: ВГУИТ, 2014. - С. 443-446 (0,23 п.л., лично соискателем 0,04 п.л.).

3. Акишин, Д. В. Результаты научно-исследовательской и практической работы по разработке и созданию функциональных продуктов питания из растительного сырья в МичГАУ / Д. В. Акишин, В. Ф. Винницкая, С. И. Данилин, О. В. Перфилова [и др.] // Инновационные технологии АПК России – 2014: сб. материалов II конференции в рамках Междунар. науч.-техн. форума «Биоиндустрия – основа зеленой экономики, качества жизни и активного долголетия». - М., 2014. - С. 18-21 (0,23 п.л., лично соискателем 0,03 п.л.).

4. Винницкая, В. Ф. Перспективы развития производства основных видов плодоовощной продукции для полноценного и здорового питания / В. Ф. Винницкая, С. И. Данилин, О. В. Перфилова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК - продукты здорового питания. - 2014. - № 2. - С. 45-50 (0,35 п.л., лично соискателем 0,12 п.л.).

5. Перфилова, О. В. О целесообразности совершенствования технологической линии производства яблочного сока прямо-

го отжима / О. В. Перфилова, В. А. Бабушкин, А. В. Соловьева [и др.] // Основы повышения продуктивности агроценозов: сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвященной памяти известных ученых И. А. Муромцева и А. С. Татаринцева. – Мичуринск: Изд-во ООО «Бис», 2015. – С. 386–388 (0,17 п.л., лично соискателем 0,03 п.л.).

6. Перфилова, О. В. Перспективы использования вторичного сырья сокового производства в пищевой промышленности / О. В. Перфилова, Г. О. Магомедов, М. Г. Магомедов // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение: сб. матер. III Междунар. науч.-техн. конф. – Воронеж: ВГУИТ, 2016. – С. 436–443 (0,47 п.л., лично соискателем 0,16 п.л.).

7. Перфилова, О. В. Использование яблочных выжимок в технологии желейного мармелада / О. В. Перфилова // Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи: сб. матер. IX Всерос. науч.-практ. конф. молодых учёных. – Курган: Издательство Курганской ГСХА, 2017. – С. 93–96 (0,23 п.л., лично соискателем 0,93 п.л.).

8. Перфилова, О. В. Разработка нового ассортимента полуфабрикатов и продуктов питания из вторичного фруктового сырья [Электронный ресурс] / О. В. Перфилова, В. А. Бабушкин, Г. О. Магомедов [и др.] // Инновационные и ресурсосберегающие технологии продуктов питания: сб. матер. Нац. науч.-техн. конф. с международным участием. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2018. – Режим доступа: 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) (0,23 п.л., лично соискателем 0,05 п.л.).

9. Перфилова, О. В. Новый способ производства фруктовой подварки из вторичного сырья после СВЧ-обработки / О. В. Перфилова, Е. А. Гайтрова, Ю. А. Бочарова [и др.] // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: сб. матер. XIX Междунар. науч.-практ. конф. – Ч 3. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2018. – С. 121–123 (0,17 п.л., лично соискателем 0,04 п.л.).

10. Перфилова, О. В. Разработка нового ассортимента зефира с использованием вторичного сырья сокового производства / О. В. Перфилова, К. С. Полякова, О. Г. Вахрушева, И. В. Ширяева // Научный электронный журнал Мичуринско-

го государственного аграрного университета «Наука и образование». – 2018. – № 1 – режим доступа: <http://opusmgau.ru/index.php/see/article/view/72/70> (0,29 п.л., лично соискателем 0,07 п.л.)

11. Перфилова, О. В. Технология начинки термостабильной свекольной на основе пасты из выжимок производства сока прямого отжима / О. В. Перфилова // Производство и переработка сельскохозяйственной продукции: менеджмент качества и безопасности: сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Ч. II. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. – С. 277–281 (0,17 п.л., лично соискателем 0,17 п.л.).

12. Перфилова, О. В. Использование тыквенных выжимок производства сока прямого отжима в технологии хлеба / О. В. Перфилова // Производство и переработка сельскохозяйственной продукции: менеджмент качества и безопасности: сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Ч. II. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. – С. 281–284 (0,23 п.л., лично соискателем 0,23 п.л.).

13. Перфилова О. В. Использование пасты из тыквенных выжимок в технологии термостабильной начинки / О. В. Перфилова // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение: сб. научных статей и докладов. – Воронеж: ООО «Ритм», 2018. – С. 391-395 (0,29 п.л., лично соискателем 0,29 п.л.).

14. Перфилова, О. В. Разработка инновационной ресурсосберегающей технологии переработки фруктов и овощей / О. В. Перфилова, Г. О. Магомедов, В. А. Бабушкин [и др.] // Научный электронный журнал Мичуринского государственного аграрного университета «Наука и образование». – 2019. – № 1. – режим доступа: <http://opusmgau.ru/index.php/see/article/view/583/586> (0,35 п.л., лично соискателем 0,07 п.л.).

15. Перфилова, О. В. Социальная значимость создания продуктов для здорового и функционального питания с использованием вторичного фруктово-овощного сырья / О. В. Перфилова, Г. О. Магомедов, В. А. Бабушкин [и др.] // Научный электронный журнал Мичуринского государственного аграрного университета «Наука и образование». – 2019. – № 1. – режим доступа: <http://opusmgau.ru/index.php/see/article/view/584/587> (0,35 п.л., лично соискателем 0,07 п.л.).

Патенты на изобретения

1. Пат. 2493727 РФ, МПК A23L 1/212. Способ производства тыквенного порошка из вторичного сырья от производства тыквенной пасты / Скрипников Ю. Г., Винницкая В. Ф., Акишин Д. В., Перфилова О. В. [и др.]; заявитель и патентообладатель Мичуринский государственный аграрный университет. – № 2012114558/13; заявл. 12.04.2012; опубл. 27.09.2013, Бюл. № 27. – 4 с. (0,23 п.л., лично соискателем 0,03 п.л.).

2. Пат. 2497390 РФ, МПК A23L 1/30, A23G 3/00. Способ производства тыквенно-марципановых плиток для функционального питания / Скрипников Ю. Г., Винницкая В. Ф., Акишин Д. В., Перфилова О. В. [и др.]; заявитель и патентообладатель Мичуринский государственный аграрный университет. – № 2012114742/13; заявл. 12.04.2012; опубл. 10.11.2013, Бюл. № 13. – 4 с. (0,23 п.л.; лично соискателем – 0,05 п.л.).

3. Пат. 2623248 РФ, МПК A23L 21/10. Способ комплексной безотходной переработки яблок / Перфилова О. В., Магомедов Г. О., Магомедов М. Г., Бабушкин В. А.; заявитель и патентообладатель Мичуринский государственный аграрный университет – № 2016111835; заявл. 29.03.2016; опубл. 23.06.2017, Бюл. № 18. – 4 с. (0,23 п.л., лично соискателем 0,06 п.л.).

4. Пат. 2623249 РФ, МПК A23L 21/12. Способ производства яблочной пасты из выжимок от производства сока прямого отжима / Перфилова О. В., Магомедов Г. О., Магомедов М. Г., Бабушкин В. А.; заявитель и патентообладатель Мичуринский государственный аграрный университет. – № 2016112098; заявл. 30.03.2016; опубл. 23.06.2017, Бюл. № 18. – 5 с. (0,29 п.л., лично соискателем 0,07 п.л.).

5. Пат. 2631084 РФ, МПК A23G 3/52. Способ приготовления зефира с использованием яблочной пасты / Перфилова О. В., Магомедов Г. О., Магомедов М. Г., Бабушкин В. А.; заявитель и патентообладатель Мичуринский государственный аграрный университет. – № 2016111818; заявл. 29.03.2016; опубл. 18.09.2017, Бюл. № 26. – 6 с. (0,35 п.л., лично соискателем 0,09 п.л.).

6. Пат. 2642642 РФ, МПК A23L 21/10. Способ получения желейного мармелада с использованием яблочной пасты / Перфилова О. В., Магомедов Г. О., Магомедов М. Г., Бабуш-

кин В. А.; заявитель и патентообладатель Мичуринский государственный аграрный университет. — № 2016111883; заявл. 29.03.2016; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 3. — 8 с. (0,47 п.л., лично соискателем 0,12 п.л.).

7. Пат. 2643711 РФ, МПК A23L 21/15, A23L 19/00, A23L 2/00. Способ производства яблочного порошка из выжимок от производства сока прямого отжима / Перфилова О. В., Магомедов Г. О., Магомедов М. Г., Бабушкин В. А.; заявитель и патентообладатель Мичуринский государственный аграрный университет. — № 2016111815; заявл. 29.03.2016; опубл. 5.02.2018, Бюл. № 4. — 4 с. (0,23 п.л., лично соискателем 0,06 п.л.).

8. Пат. 2644583РФ, МПК A23L 21/10, A23L 19/00. Способ производства яблочной подварки из выжимок от производства сока прямого отжима / Перфилова О. В., Магомедов Г. О., Магомедов М. Г. [и др.]; заявитель и патентообладатель Мичуринский государственный аграрный университет. — № 2016138060; заявл. 23.09.2016; опубл. 13.02.2018, Бюл. № 5. — 6 с. (0,35 п.л., лично соискателем 0,07 п.л.).

9. Пат. 2648261 РФ, МПК A23L 21/12. Способ производства яблочного пюре из выжимок от производства сока прямого отжима / Перфилова О. В., Магомедов Г. О., Магомедов М. Г., Бабушкин В. А.; заявитель и патентообладатель Мичуринский государственный аграрный университет. — № 2016111746; заявл. 29.03.2016; опубл. 23.03.2018, Бюл. № 9. — 5 с. (0,29 п.л., лично соискателем 0,07 п.л.).

10. Пат. 2655817 РФ, МПК A23L 21/10, A23L 19/00. Способ производства начинки термостабильной яблочной из выжимок от производства сока прямого отжима / Перфилова О. В., Магомедов Г. О., Магомедов М. Г. [и др.]; заявитель и патентообладатель Мичуринский государственный аграрный университет. — № 2016138063; заявл. 23.09.2016; опубл. 29.05.2018, Бюл. № 16. — 6 с. (0,35 п.л., лично соискателем 0,07 п.л.).

Отпечатано в издательско-полиграфическом центре
ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ
Подписано в печать 03.06.2019 г. Формат 60х84 ¹/₁₆, Ризограф
Бумага офсетная № 1. Усл.печ.л. 2,2 Тираж 100 экз.
Заказ № 19101

Издательско-полиграфический центр
Мичуринского государственного аграрного университета
393760, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул. Интернациональная, 101,
тел. +7 (47545) 9-44-45