

На правах рукописи



Семиряжко Елизавета Сергеевна

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СМОКВЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ВИНОГРАДНЫХ ВЫЖИМОК, ОБРАБОТАННЫХ СВЧ-НАГРЕВОМ

4.3.3. Пищевые системы

Автореферат
диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Краснодар – 2026

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина».

Научный руководитель **Горлов Сергей Михайлович**
кандидат технических наук, доцент

Официальные
оппоненты: **Румянцева Валентина Владимировна** доктор
технических наук, профессор ФГБОУ ВО
«Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева», кафедра технологии
продуктов питания и организации ресторанного
дела, профессор (г. Орел)

Исригова Татьяна Александровна доктор
сельскохозяйственных наук, профессор ФГБОУ
ВО «Дагестанский государственный аграрный
университет имени М.М. Джамбулатова»,
кафедра товароведения, технологии продуктов и
общественного питания, профессор
(г. Махачкала)

Ведущая организация **Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Федеральный научный
центр пищевых систем им. В.М. Горбатова»
РАН (г. Москва)**

Защита состоится «24» июня 2026 года в 10:00 часов на заседании диссертационного совета 35.2.019.03 при ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ по адресу: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, Кубанский ГАУ, корпус факультета энергетики, ауд. 110.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета на сайте ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» www.kubsau.ru и ВАК – <http://vak.ed.gov.ru>

Автореферат разослан « » 2026 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических
наук, доцент

_____ Е.Е. Самурганов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Современные тенденции питания, сопровождающиеся ростом потребления высококалорийных продуктов при дефиците пищевых волокон, требуют качественной трансформации состава кондитерских изделий. Перспективной базой для создания функциональных продуктов выступает пастило-мармеладная группа, в частности смоква, воспринимаемая потребителями как натуральный и менее калорийный десерт.

Одновременно актуализируется переход к экологически безопасному производству, ориентированному на минимизацию отходов. Особый интерес представляют вторичные ресурсы виноделия – виноградные выжимки (до 20% от массы переработанного сырья). Являясь ценным источником биологически активных веществ и пищевых волокон, они требуют специальной подготовки для улучшения биодоступности нутриентов.

Применение СВЧ-нагрева позволяет интенсифицировать процесс подготовки вторичного сырья, повысить его функциональную ценность и обеспечить создание конкурентоспособных изделий, соответствующих принципам здорового питания. Таким образом, эффективное вовлечение вторичных ресурсов виноделия в технологический цикл производства функциональной смоквы является актуальной задачей.

Работа выполнена в соответствии с планом НИОКР ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ на 2021–2025 гг. по теме 19 «Разработка конкурентоспособных технологий функциональных продуктов питания с высоким потенциалом коммерциализации» (номер госрегистрации 121032300085–5).

Степень разработанности темы. Исследования по переработке виноградных выжимок проводили ученые Исригова Т.А., А.Н. Тихонова, Н.М. Агеева, S.R. Iora, C. Veres и др. Исследования по СВЧ-воздействию на растительное сырье проводили ученые Пахомов В.И., Перфилова О.В., Брыксина К.В., J. Peng, Z. Rahmani и др. Исследования по разработке функциональных кондитерских изделий проводились в ФГБОУ ВО «МГТУ», «КубГТУ», «КубГАУ», ФГБНУ «СКФНЦСВВ», ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН. И занимались ученые: Кочеткова А.А., Румянцева В.В., Кондратьев Н.Б., Магомедов Г.О., Тамова М.Ю., Е.П. Викторова, Исригова Т.А., Причко Т.Г., Л.В. Донченко, Лимарева Н.С., S. Mironeasa, V.G. Asan и др.

Научная проблема заключается в недостаточной разработанности рациональных технологий переработки виноградных выжимок, в частности, с использованием предварительной СВЧ-обработки. Отсутствуют

технологии обогащения смоквы виноградными выжимками, которые бы гарантировали стабильное сохранение органолептических характеристик конечного продукта после внедрения СВЧ-обработанных добавок.

Научная гипотеза. СВЧ-обработка виноградных выжимок позволит использовать их в качестве нутриентного обогатителя при производстве смоквы, что обеспечит повышение функциональной ценности продукта при сохранении органолептических показателей традиционного образца.

Объект исследования: смоква с использованием виноградных выжимок.

Предмет исследования. Взаимосвязи между технологическими факторами производственного процесса и качественными характеристиками конечных продуктов.

Цели и задачи исследований. Цель исследований – разработка технологии производства смоквы с использованием виноградных выжимок, обработанных СВЧ-нагревом для получения функционального продукта и эффективного использования вторичных ресурсов виноделия.

Основные задачи исследований:

- обосновать структуру объектов и методов исследования;
- разработать технологию пищевой добавки из виноградных выжимок, включая исследование влияния исходного сырья и оптимизацию режимов СВЧ-обработки для сохранения биологической ценности;
- исследовать сырье и технологический процесс получения яблочного пюре с целью выявления и обоснования оптимальных исходных характеристик сырья, необходимых для получения целевого продукта;
- разработать рецептуру и технологию производства смоквы, определить потребительские показатели качества готового продукта, исследовать зависимость влияния упаковочных материалов на сроки хранения готового изделия;
- обосновать структурно-функциональную схему производства смоквы с определением режима энергопотребления оборудования;
- обосновать экономическую эффективность производства готовых продуктов и провести производственную апробацию.

Научная новизна:

- впервые установлены закономерности влияния параметров СВЧ-обработки на динамику изменения содержания влаги и пищевых волокон в выжимках;
- выявлены новые аналитические зависимости влияния технологических параметров на качество полуфабрикатов и готового продукта;
- разработаны математические модели на основе планирования эксперимента и регрессионного анализа, описывающие влияние дозировки

виноградных выжимок (1–9 %) и температуры фруктовой массы (30–50 °С) на органолептические показатели смоквы;

- установлена оптимальная дозировка виноградных выжимок – 3,0 % и температура фруктовой массы 45 °С, обеспечивающие наилучшие потребительские свойства продукта;

- обоснована технология производства функционального кондитерского изделия – смоквы «Виноградная натуральная»;

- обоснованы закономерности изменения показателей качества и микробиологической стабильности смоквы в процессе хранения (до 90 сут) в различных видах упаковки.

Теоретическая и практическая значимость:

- экспериментально обоснованные закономерности влияния параметров СВЧ-обработки (мощность, продолжительность) на динамику изменения влажности и пищевых волокон подтверждают концентрационный эффект, обусловленный дегидратацией и структурно-химической модификацией углеводного комплекса, что позволяет целенаправленно регулировать выход целевого продукта, обеспечивая рост массовой доли пищевых волокон;

- полученные зависимости влияния технологических параметров на качество полуфабрикатов и готового продукта позволяют глубже понять механизмы формирования качества полуфабрикатов и готового продукта в зависимости от заданных технологических воздействий, что расширяет общую теорию пищевых процессов;

- созданные регрессионные математические модели необходимы для создания рациональных параметров производства и режимов работы оборудования;

- технология производства смоквы с использованием виноградных выжимок, обработанных СВЧ-нагревом, позволяет разрабатывать новые функциональные продукты питания;

- выявленные закономерности изменения показателей качества и микробиологической стабильности смоквы в зависимости от типа упаковки, позволили установить оптимальный вид упаковки для обеспечения срока хранения готового продукта до 90 сут;

- разработан комплект нормативно-технической документации, включающий технические условия (ТУ) и технологическую инструкцию (ТИ) на производство пищевой добавки из виноградных выжимок и смокву, что обеспечивает возможность их промышленного внедрения.

Методы исследования. В процессе реализации поставленных исследовательских задач и проведения экспериментальных работ был применен комплексный подход к анализу полученных данных с использованием следующих методов: органолептические, физико-химические, микробиологические, статистические и математические.

Основные положения, выносимые на защиту:

- результаты исследований по подбору сортов и видов используемого сырья (виноградных выжимок и яблок) для производства смоквы;
- выявленные зависимости влияния СВЧ-обработки на содержание влаги и пищевых волокон виноградных выжимок и установленные параметры СВЧ-обработки;
- математические модели, описывающие влияние дозировки пищевой добавки из виноградных выжимок и температуры фруктовой массы на формирование органолептического профиля смоквы и построенная структурно-функциональная схема производства смоквы;
- технология производства смоквы с использованием виноградных выжимок, обработанных СВЧ-нагревом;
- результаты опытно-промышленной апробации.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность и обоснованность полученных результатов исследования подтверждаются статистической обработкой данных, включая построение регрессионных моделей и анализ поверхностей отклика, которая осуществлялась в среде R, а также использования программного обеспечения для оценки статистической значимости влияния исследуемых факторов Microsoft Excel (версии 2007) и его встроенных статистических инструментов; верификация полученных данных осуществлялась путем сопоставления результатов с данными, опубликованными в научной литературе и полученными другими исследователями, что позволило подтвердить их соответствие и надежность.

Основные положения и результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на ежегодных научных конференциях кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ (2021–2025 гг.), а также на различных конференциях: III Международный конгресс «Наука, питание и здоровье» (г. Минск, 2021), III Международная научно-практическая молодежная конференция «Пищевые технологии будущего: инновационные идеи, научный поиск, креативные решения» (г. Москва, 2021), Всероссийская конференция «Здоровьесберегающие технологии, качество и безопасность пищевой продукции». (г. Краснодар, 2021), IX Международная конференция «Инновационные разработки молодых учёных – развитию агропромышленного комплекса» (г. Ставрополь, 2021), IV Международная научно-практическая молодежная конференция «Пищевые технологии будущего: инновационные идеи, научный поиск, креативные решения» (г. Москва, 2022), IV Международный конгресс «Наука, питание и здоровье» (г. Минск, 2023), VIII Международная научно-практическая конференция «Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века» (г. Краснодар, 2023), XX Международная научно-практическая конференция

«Инновационные технологии в пищевой промышленности» (г. Минск, 2024).

Материалы исследований отмечены дипломом за 3 место на Всероссийском конкурсе на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых учёных аграрных образовательных и научных организаций России (2025 г).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 18 научных работ, в том числе 5 работ в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 11 – участие в конференциях, 2 работы – РИНЦ, получен 1 патент на изобретение РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 160 страницах, содержит 45 таблиц, 39 рисунков, состоит из введения, 4 глав, заключения и приложений. Список источников включает 129 наименований, в том числе 61 на иностранном языке.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность проводимого исследования, формулируются цель и задачи, определена научная новизна полученных результатов и представлены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен аналитический обзор современной научной литературы и источников, посвященных анализу современных тенденций в питании человека. Также представлены: оценка конъюнктуры рынка кондитерских изделий, обоснование выбора виноградных выжимок в качестве обогащающей добавки для смоквы, а также обзор способов обработки растительного сырья в пищевой промышленности. Сформулированы цель и задачи исследования.

Во второй главе подробно описаны объекты и методы исследования.

Объектом исследования является смоква, состоящая из: выжимок винограда красных и белых сортов, полученных от предприятия «Союз–Вино», Краснодарский край, ст. Варениковская; ябллок отечественных производителей следующих сортов: Айдаред, Гренни Смит и Ренет Симиренко; промежуточные продукты: пищевая добавка из виноградных выжимок и полуфабрикаты смоквы; конечный продукт – смоква.

В ходе исследования виноградных выжимок определяли: макроструктуру, органолептические показатели (внешний вид, запах, цвет), физико-химические показатели (массовую долю влаги, наличие минеральных, растительных и посторонних примесей), биохимические показатели (массовую концентрацию общих и редуцирующих сахаров, титруемых кислот, содержание витамина С, массовую долю полифенольных веществ и пищевых волокон).

Для изучения влияния технологических факторов СВЧ-обработки на свойства виноградных выжимок дополнительно определяли массовую долю влаги и пищевых волокон. Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием регрессионного анализа.

При исследовании пищевой добавки из виноградных выжимок определяли: органолептические показатели (внешний вид, вкус и запах, цвет), физико-химические показатели (массовую долю влаги, пищевых волокон, наличие минеральных, растительных, посторонних примесей), микробиологические показатели, включающие: определение патогенных микроорганизмов (в т. ч. сальмонеллы), мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, бактерий группы кишечной палочки, плесневых грибов и дрожжей, содержание токсичных элементов (свинец, мышьяк, кадмий, ртуть) и пестицидов (хлорорганических и фосфорорганических).

При исследовании яблок определяли: массовую долю сухих веществ, пищевых волокон, титруемых кислот, общих и редуцирующих сахаров, витамина С, полифенольных веществ.

При исследовании смоквы определяли: органолептические показатели (внешний вид, вкус, запах, цвет, консистенция, структура, форма, поверхность), физико-химические показатели (массовую долю влаги, фруктовой массы, золы, посторонние примеси), микробиологические показатели, включающие: определение патогенных микроорганизмов (в т. ч. сальмонеллы), мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, бактерий группы кишечной палочки, плесневых грибов и дрожжей, содержание токсичных элементов (свинец, мышьяк, кадмий, ртуть), микотоксинов (афлатоксин В₁), показатели пищевой ценности. Статистическая обработка данных проводилась методом множественной регрессии.

В третье главе изучена макроструктура и показатели качества различных сортов виноградных выжимок. Соотношение составных частей виноградных выжимок исследуемых сортов представлено на рисунке 1.

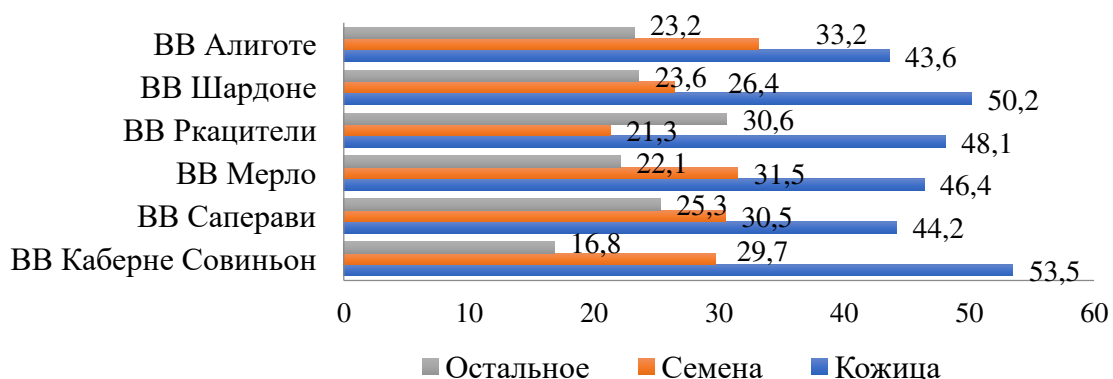


Рисунок 1 – Диаграмма соотношения основных составных частей исследуемых виноградных выжимок (ВВ), %

Из анализа макроструктуры виноградных выжимок (рисунок 1) видно, что по своей структуре виноградные выжимки, представлены крупными частицами кожицы, семян и остальных веществ (мякоть, остатки гребней, плодоножек). Так, сброженные виноградные выжимки содержат большее количество кожицы в связи с типом производства, а в сладких выжимках преобладает мякоть и семена.

Определено: максимальное содержание кожицы – сорт Каберне Совиньон (53,5 %), минимальное – сорт Алиготе (43,6 %). Содержание семян: максимальное – сорт Мерло (31,5 %), минимальное – сорт Ркацители (21,3 %).

Установлено, что наибольшее количество мякоти, гребней и плодоножек обнаружено при анализе выжимок сорта Ркацители (30,6 %) и сорта Саперави (25,3 %), наименьшее – сорт Каберне Совиньон (16,8 %). Исходя из полученных результатов, определено, что механический состав виноградных выжимок определяется сортом и типом производства.

Изучены органолептические и физико-химические показатели различных сортов виноградных выжимок. Проведенный анализ подтвердил соответствие виноградных выжимок требованиям ГОСТ 6882–88, что свидетельствует о надлежащем качестве сырья.

Для более детальной характеристики компонентного состава и оценки потенциальной ценности виноградных выжимок было проведено исследование их биохимического состава. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Биохимические показатели объектов исследования

Наименование сорта	Тип выжимок	Массовая концентрация сахаров, %		Массовая доля полифенольных веществ, мг/%	Массовая концентрация титруемых кислот, %	Содержание витамина С, мг/%	Содержание пищевых волокон (в пересчете на сухое вещество) %
		Общих	Редуцирующих				
Каберне Совиньон	Сброженные	1,6	1,5	915,0	4,2	3,5	38,5
Саперави	Сброженные	3,5	3,1	730,0	8,6	3,6	35,3
Мерло	Сброженные	5,8	5,1	406,5	1,2	4,2	36,7
Ркацители	Сладкие	15,7	15,3	288,6	1,7	2,9	31,2
Шардоне	Сладкие	4,5	4,4	275,9	1,2	1,2	33,4
Алиготе	Сладкие	18,8	17,9	254,0	5,7	7,3	30,1

Для дальнейших исследований выбраны сброженные виноградные выжимки сорта Каберне Совиньон, отличающиеся оптимальной макроструктурой и биохимическим составом.

С целью улучшения функциональных и технологических характеристик виноградных выжимок применена СВЧ-обработка, направленная на интенсификацию высвобождения пищевых волокон и эффективное обезвоживание сырья. Проведено исследование характера влияния различных режимов СВЧ-обработки на изменение массовой доли влаги и целевого показателя – пищевых волокон. Результаты представлены на рисунке 2.

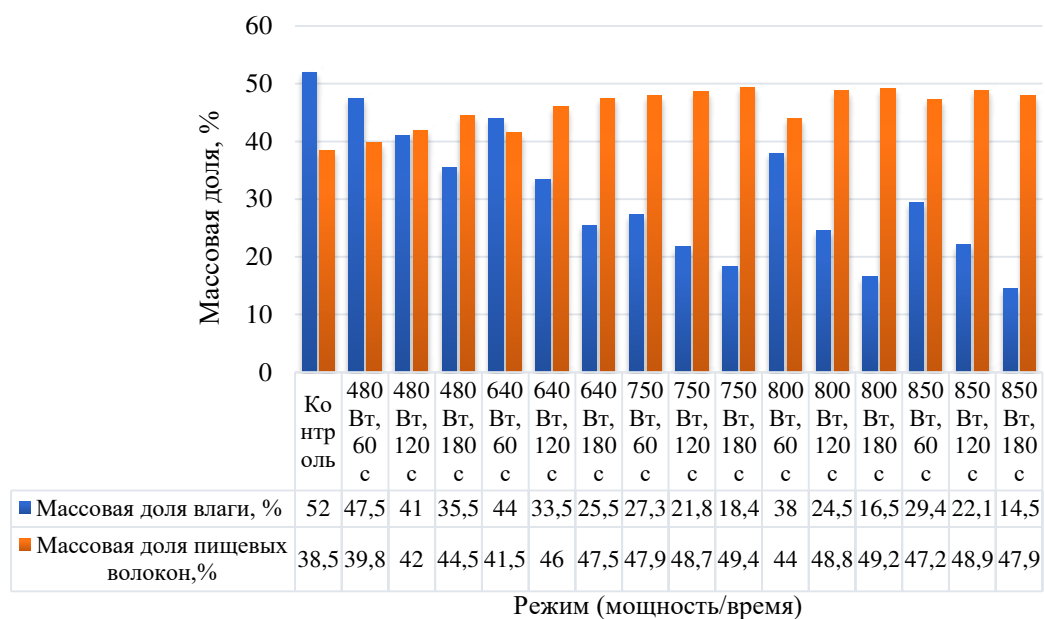


Рисунок 2 – Диаграмма влияния режима СВЧ-обработки на массовую долю влаги и пищевых волокон

Установлено, что эффективность СВЧ-обработки виноградных выжимок (снижение влажности с 52,0 % до 22,1–24,5 %) достигается при мощности 800–850 Вт и продолжительности 120 с. Одновременно с дегидратацией выявлен устойчивый рост содержания пищевых волокон. Прирост обусловлен двумя основными механизмами: концентрационным эффектом (удаление влаги на начальном этапе 60–120 с) и структурно-химической модификацией (частичная деструкция углеводов при длительном воздействии 120–180 с, особенно при 750–850 Вт). Несмотря на максимальный выход пищевых волокон (49,2 %) при 800 Вт и 180 с, данный режим признан избыточным из-за чрезмерной дегидратации (16,5 %), негативно влияющей на органолептический профиль. Оптимальным признан режим: мощность 800 Вт, время 120 с. Он обеспечивает оптимальную влажность (24,5 %) и высокое содержание пищевых волокон

(48,8 %), исключая перегрев сырья. Полученные данные согласуются с исследованиями других ученых, например, Saeroj R. и Ouyang H.

Полученные результаты подтверждены методами регрессионного анализа. В исследовании использовался двухфакторный план с переменными уровнями: x_1 – мощность (P) 5 уровней (480,640,750,800, 850 Вт) и x_2 – время (T) 3 уровня (60,120,180 сек). В качестве откликов (зависимых переменных) рассматривались: y_1 – массовая доля влаги, %; y_2 – массовая доля пищевых волокон, %. График поверхности отклика, характеризующий зависимость массовой доли влаги от параметров СВЧ-обработки, представлен на рисунке 3.

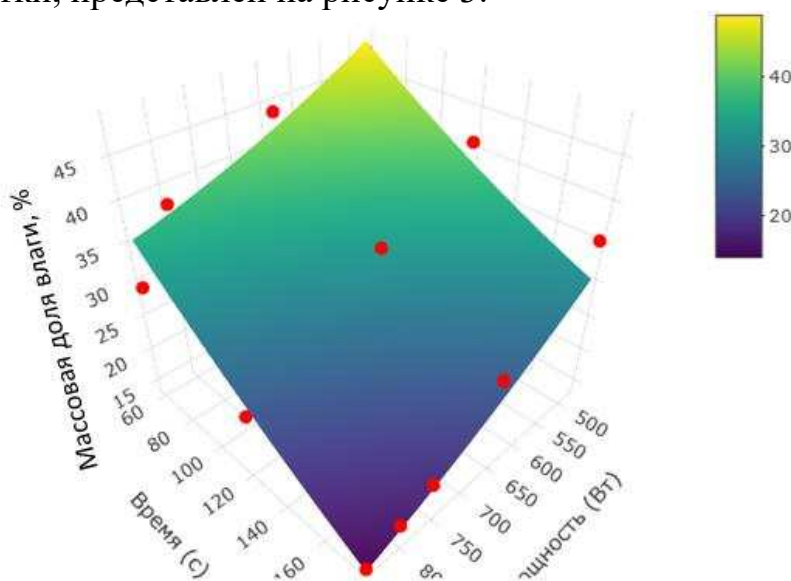


Рисунок 3 – График поверхности отклика, характеризующий зависимость массовой доли влаги от параметров СВЧ-обработки: мощности x_1 (Вт), времени x_2 (с)

Уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$M=28,057-7,000x_1-6,406x_2-0,515x_1x_2+0,560x_1^2+0,771x_2^2+\varepsilon \quad (1)$$

где: M – массовая доля влаги, %; x_1 –мощность СВЧ-обработки; x_2 – продолжительность обработки; ε – случайная ошибка модели.

Анализ уравнения регрессии (1) и графических зависимостей (рисунок 3) подтвердил доминирующее влияние мощности и времени СВЧ-обработки на массовую долю влаги. Статистическая значимость модели ($F=19,07$) и коэффициент детерминации ($R^2=0,914$) свидетельствуют о её высокой адекватности и способности описывать 91,4 % вариации показателя. Установлено, что зависимость носит преимущественно линейный характер: интенсификация режима (мощности и времени) закономерно снижает влагосодержание сырья.

График поверхности отклика, характеризующий зависимость массовой доли пищевых волокон от параметров СВЧ-обработки представлен на рисунке 4.

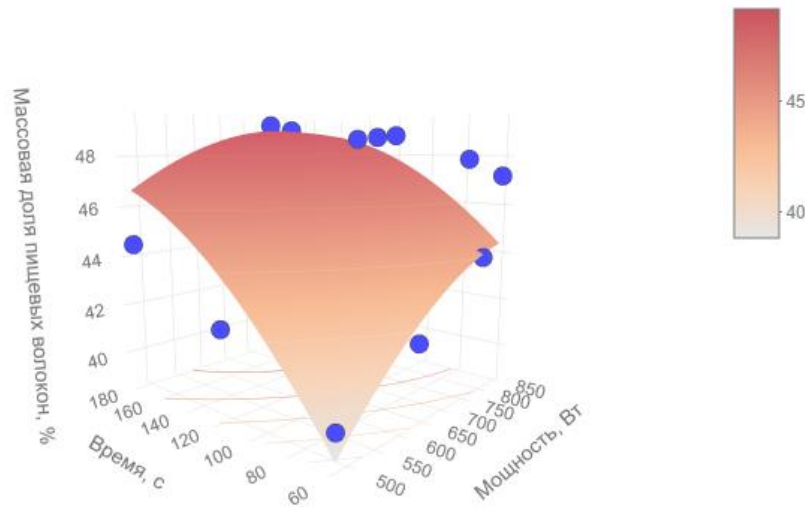


Рисунок 4 – График поверхности отклика, характеризующий зависимость массовой доли пищевых волокон от параметров СВЧ-обработки: мощности x_1 (Вт), времени x_2 (с)

Уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$F=47,478+1,924x_1+1,530x_2-0,5090,515x_1x_2-0,641x_1^2-0,707x_2^2+\varepsilon \quad (2)$$

где: F – массовая доля пищевых волокон, %; x_1 – мощность СВЧ-обработки (кодированная переменная); x_2 – продолжительность обработки (кодированная переменная) ε – случайная ошибка модели.

Анализ графика поверхности отклика (рисунок 4) и уравнения регрессии (2), подтвердил, что увеличение мощности и времени СВЧ-обработки приводит к росту массовой доли пищевых волокон. Модель (свободный член 47,478) указывает на наличие оптимума: при умеренных режимах содержание пищевых волокон увеличивается, но избыточная обработка приводит к их снижению. Это требует строгого соблюдения технологических параметров. Высокая адекватность модели обоснована коэффициентом детерминации $R^2=0,867$, что указывает на объяснение 86,7 % вариации анализируемого показателя. Статистическая значимость модели подтверждена критерием Фишера ($F=11,7$).

Установлено, что повышение мощности до 850 Вт обеспечивает незначительный прирост содержания пищевых волокон (<1 %) и избыточно снижает влажность сырья. Режим 750 Вт/180 с, несмотря на высокое содержание волокон (49,4 %), признан менее рациональным из-за увеличения длительности производственного цикла. Подтверждено, что режим 800 Вт при 120 с является оптимальным: он обеспечивает требуемую концентрацию пищевых волокон (48,8 %) при влажности 24,5 %, что гарантирует технологичность процесса.

Для определения рационального режима сушки виноградных выжимок, исследовали влияние температуры сушки на кинетику процесса и содержание пищевых волокон в сырье. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Влияние температуры сушки на кинетику процесса и содержание пищевых волокон в сырье

Наименование показателя	Температура сушки, °С		
	50	55	60
Продолжительность сушки, мин	480	360	240
Начальная влажность сырья, %	24,5	24,5	24,5
Конечная влажность сырья, %	8,0	8,0	8,0
Содержание пищевых волокон, %	50,1	52,5	53,2

Выявлено, что сушка сброженных выжимок сорта Каберне Совиньон при рациональном температурном режиме 60 °С обеспечивает удаление влаги (до 8,0 %) за 240 мин. В том числе, данный режим способствует росту концентрации пищевых волокон на 9,0 % (до 53,2 %).

На основании полученных результатов разработана структурная схема процесса производства пищевой добавки из виноградных выжимок, представленная на рисунке 5.



Рисунок 5 – Структурная схема процесса производства пищевой добавки из виноградных выжимок

Для улучшения органолептических свойств и пищевой ценности смоквы в её рецептуру введена пищевая добавка из виноградных выжимок. Оптимальная дозировка пищевой добавки (3,0 %) определена экспериментально на основе сравнительного анализа органолептических показателей опытных образцов смоквы. Достоверность результатов подтверждена регрессионным анализом (множественная регрессия),

учитывающим дозировку добавки, температурный режим и органолептические показатели. Результаты представлены на рисунке 6.

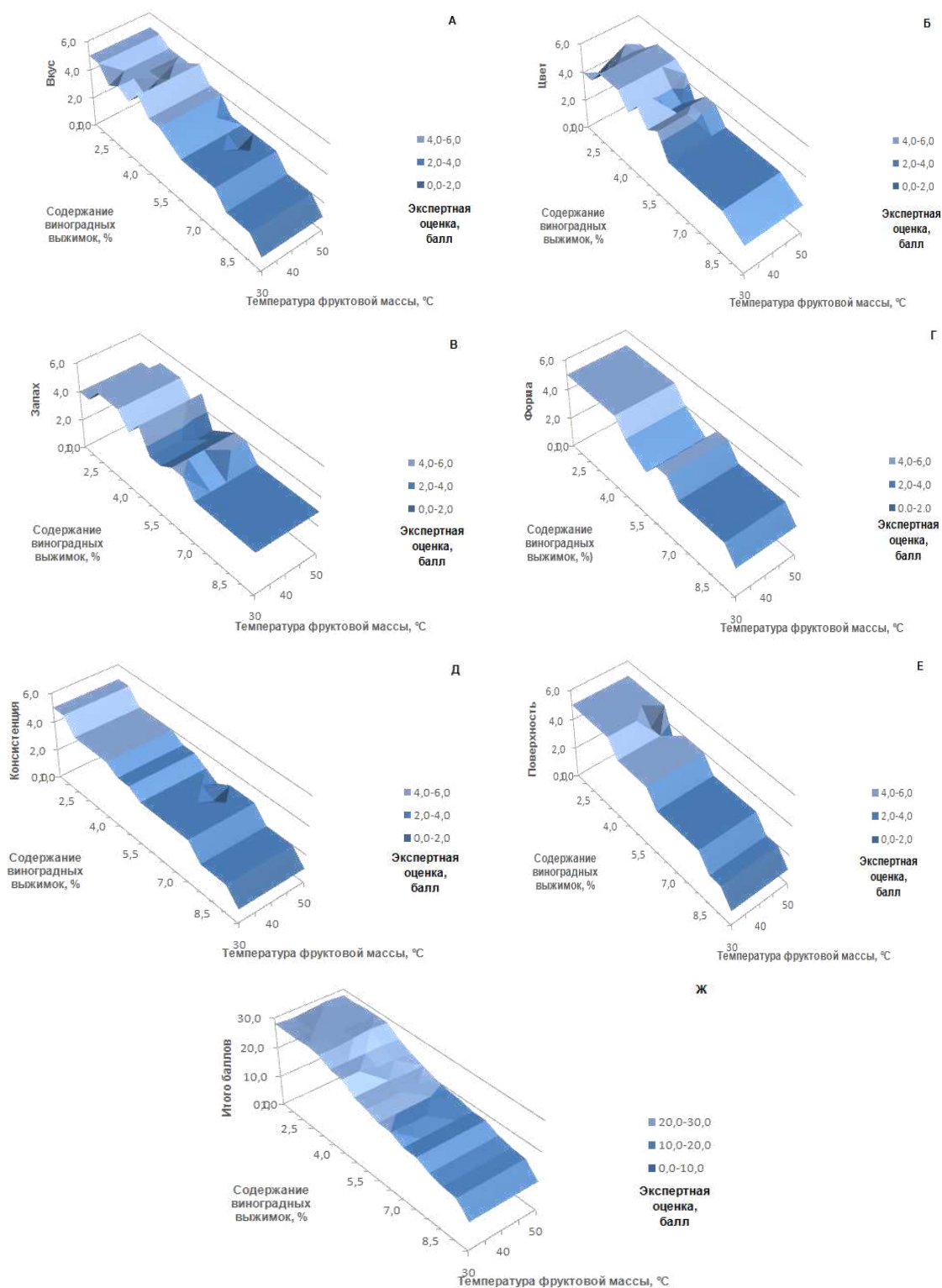


Рисунок 6 – Поверхности отклика влияния дозировки виноградных выжимок и температуры фруктовой массы на органолептические показатели смоквы

Полученные регрессионные уравнения и коэффициенты детерминации по каждому показателю, представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Регрессионные уравнения и коэффициенты детерминации

Показатель	Регрессионные уравнения	Коэффициент детерминации
Вкус	$Y_{1\text{эксп}}(X_1, X_2, X_3) = 5,30606 \cdot 1,166961^{x_1} \cdot 0,525583^{x_2} \cdot 1,00024^{x_3}$	0,83
Цвет	$Y_{2\text{эксп}}(X_1, X_2, X_3) = 4,238617 \cdot 1,33516^{x_1} \cdot 0,456286^{x_2} \cdot 0,998675^{x_3}$	0,77
Запах	$Y_{3\text{эксп}}(X_1, X_2, X_3) = 3,230933 \cdot 1,641642^{x_1} \cdot 0,314399^{x_2} \cdot 0,999613^{x_3}$	0,79
Форма	$Y_{4\text{эксп}}(X_1, X_2, X_3) = 4,439015 \cdot 1,307071^{x_1} \cdot 0,469999194^{x_2} \cdot 1^{x_3}$	0,84
Консистенция	$Y_{5\text{эксп}}(X_1, X_2, X_3) = 5,859614 \cdot 0,95046^{x_1} \cdot 0,822442^{x_2} \cdot 0,999619^{x_3}$	0,81
Поверхность	$Y_{6\text{эксп}}(X_1, X_2, X_3) = 5,645522 \cdot 1,162749^{x_1} \cdot 0,536508^{x_2} \cdot 0,999061^{x_3}$	0,79
Итого	$Y_{7\text{эксп}}(X_1, X_2, X_3) = 28,57916 \cdot 1,217563^{x_1} \cdot 0,527135^{x_2} \cdot 0,999448^{x_3}$	0,92

Коэффициенты детерминации моделей варьируются в диапазоне 0,77–0,92, что подтверждает высокую адекватность полученных результатов.

На основании полученных результатов, разработана рецептура смоквы. Экспериментально установлено, что наилучшие органолептические показатели готового изделия достигаются при добавлении 3,0 % пищевой добавки из виноградных выжимок и поддержании температуры фруктовой массы на уровне 45 °С. Рецептура смоквы представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Рецептура производства смоквы

Наименование сырья и полуфабрикатов	Массовая доля сухих веществ, %	На загрузку, кг		Расход сырья на 1 тонну готовых изделий	
		в натуре	в сухих веществах	в натуре	в сухих веществах
Пюре яблочное	16,00	40,0	6,4	4000,0	640,0
Сахар белый	99,85	1,0	0,99	100,0	99,9
Выжимки виноградные	92,00	1,2	1,1	120,0	110,4
Итого	–	42,2	8,49	4220,0	850,0
Выход	82,7	10,0	8,27	1000,0	827,2

Технологическая схема производства смоквы, представлена на рисунке 7.



Рисунок 7 – Технологическая схема производства смоквы

Органолептические показатели смоквы приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Органолептические показатели смоквы

Наименование показателя	Характеристика показателя
Внешний вид	Тонкий пласт, скрученный в трубочку
Вкус и запах	Яблочный сладко-кислый вкус. Запах сушеных яблок, с легким ароматом винограда.
Цвет	Темно-красный с различными оттенками
Консистенция	Плотная, гибкая. Не допускается наличия включений
Структура	Равномерная
Форма	Листовая
Поверхность	Гладкая, допускается наличие шероховатости, без грубого затвердевания по краям изделия

Физико–химические показатели смоквы представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Физико–химические показатели смоквы

Наименование показателя	Значение показателя
Массовая доля влаги, %, не более	17,3
Массовая доля золы, нерастворимой в растворе с массовой долей соляной кислоты 10 %, %, не более	0,05
Посторонние примеси	Не обнаружено

Микробиологические показатели и содержание токсичных элементов в готовом продукте были определены в условиях аккредитованной испытательной лаборатории ФГБУ ВНИИЗЖ и выявлено, что разработанная смоква не превышает допустимые значения, установленные ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Данные по покрытию суточной потребности в компонентах рациона взрослого трудоспособного населения при потреблении смоквы представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Покрытие суточной потребности в компонентах рациона взрослого трудоспособного населения при потреблении СМОКВЫ

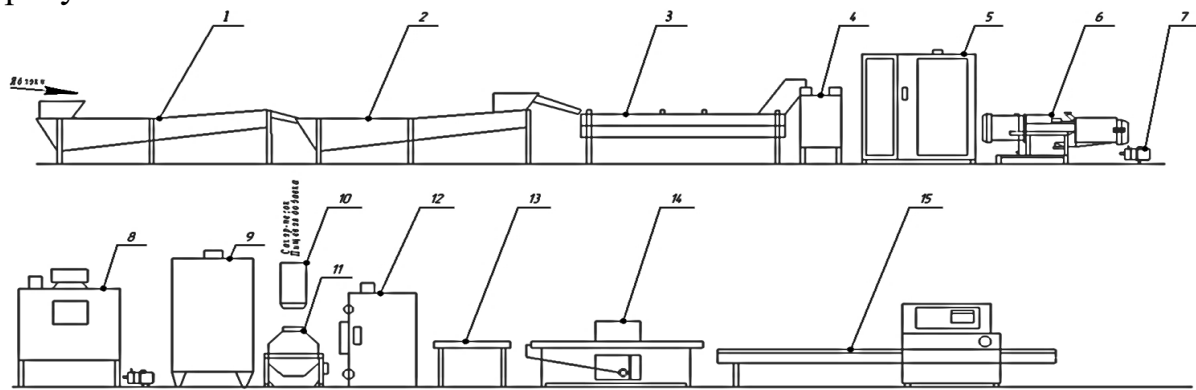
Компоненты рациона	Суточная потребность, г	Покрытие потребности	
		г	%
Белки, г	75	2,6	3,46
Жиры, г	83	1,0	1,2
Углеводы, г	365	92,4	25,3
Пищевые волокна, г	30	5,1	17,0
Витамины, мг			
в т.ч.			
А (ретинол)	0,8	0,03	3,7
С (аскорбиновая кислота)	60,0	3,65	6,0
В ₁ (тиамин)	1,4	0,04	2,8
В ₂ (рибофлавин)	1,6	0,03	1,8
В ₆ (пиридоксин)	2,0	0,1	5,0
Энергетическая ценность, ккал	1800	407,3	22,6

Результаты оценки пищевой ценности показали, что разработанная смоква обеспечивает 22,6 % суточной энергетической потребности организма. Особое значение имеет содержание пищевых волокон – 17 % от рекомендуемой суточной нормы. Данный показатель, позволяет классифицировать продукт как функциональный.

В качестве упаковки рекомендуются следующие виды упаковки и срок годности для готового изделия: пакет типа стик (БОПП пленки), «flow pack» – до 90 суток для максимального сохранения качества продукта. Срок хранения смоквы в картонной коробке рекомендуется ограничить 60 сутками. В качестве рекомендации, предлагается применение пергаментной бумаги (бумаги парафинированной) для предотвращения слипания изделий. Масса нетто упакованного продукта составляет 100, 200 грамм.

В соответствии с результатами продуктового расчета, который показал, что для приготовления 1 тонны смоквы необходимо: 5000 кг яблок, 101,5 кг сахара, 121,4 кг пищевой добавки из виноградных выжимок, подобрано технологическое оборудование. Структурная схема

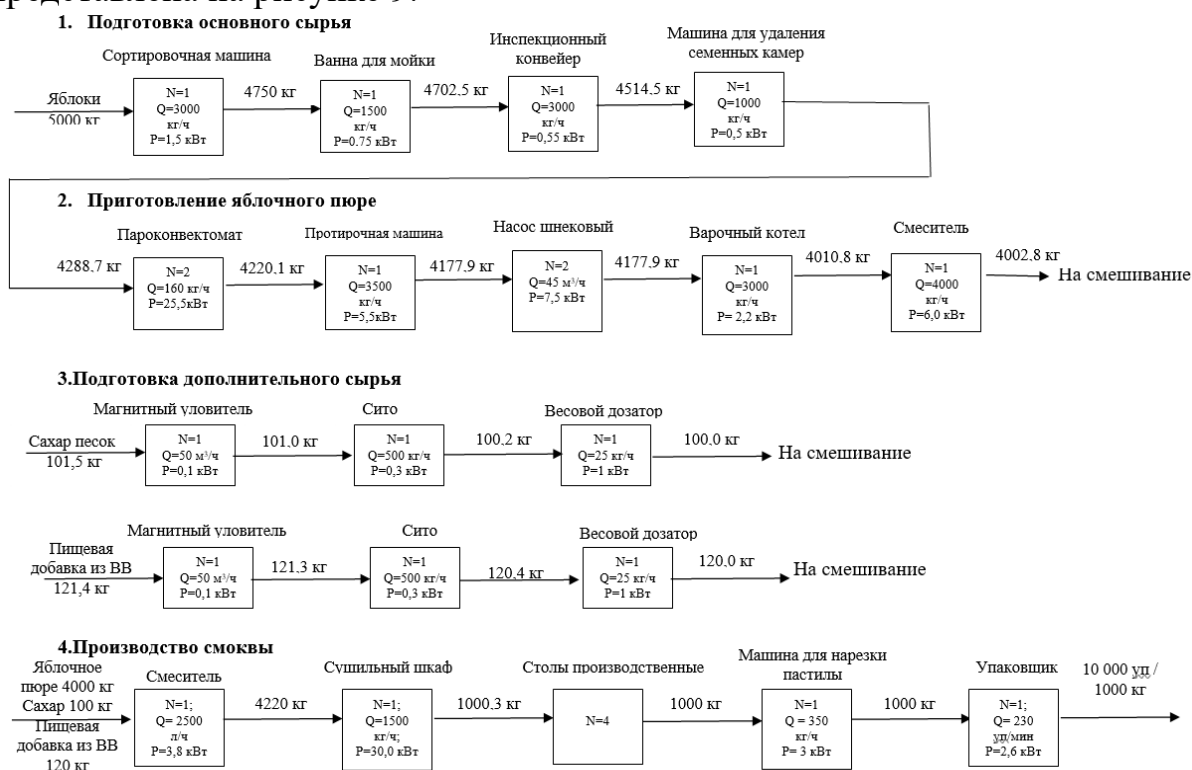
технологического оборудования для производства смоквы представлена на рисунке 8.



1–сортировочная машина; 2–ванна для мойки, 3–инспекционный конвейер, 4–машина для удаления семенной камеры, 5–пароконвектомат, 6–протирочная машина, 7–шнековый насос, 8–варочный котел, 9–сборник для хранения, 10–дозатор, 11–смеситель, 12–сушильный шкаф, 13–производственные столы, 14–машина для нарезки смоквы, 15–упаковочный аппарат

Рисунок 8 – Структурная схема технологического оборудования для производства смоквы

Структурно-функциональная схема производства смоквы представлена на рисунке 9.



N– количество оборудования, Q– производительность, P–мощность

Рисунок 9 – Структурно-функциональная схема производства смоквы

Составлен график электрических нагрузок процесса изготовления смоквы с учетом мощностей выбранного оборудования, представлен на рисунке 10.

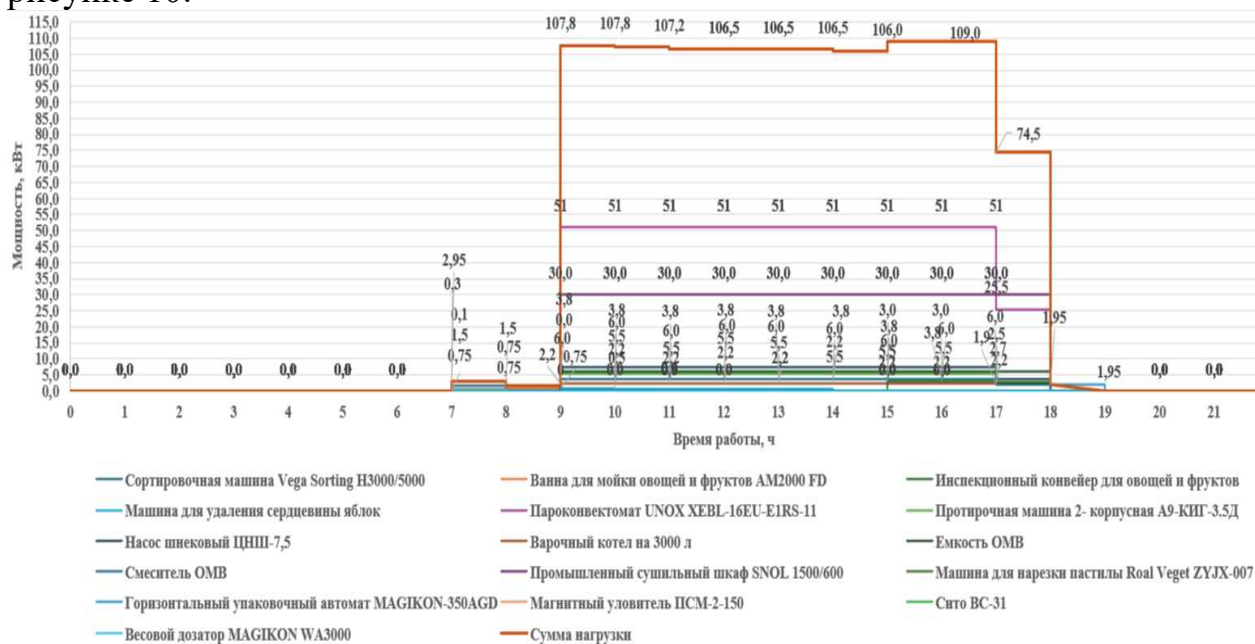


Рисунок 10 – График электрических нагрузок процесса изготовления смоквы с учетом мощностей выбранного оборудования

Общая энергоемкость производства смоквы составила 1229,95 кВт·ч/т, при максимальной мощности 109,0 кВт·ч.

В четвертой главе проведена оценка экономической эффективности производства пищевой добавки из виноградных выжимок и смоквы, установлено: себестоимость пищевой добавки – 1 584,0 тыс. руб./т, цена реализации составляет 1933,0 тыс. руб./т. Производство смоквы характеризуется следующими показателями: себестоимость – 2748,0 тыс. руб./т, цена реализации – 3360,0 тыс. руб./т. Интегральная оценка эффективности проекта свидетельствует о его целесообразности: срок окупаемости составляет 2,16 года, дисконтированный срок окупаемости – 2,8 года.

Разработанная технология производства смоквы «Виноградная натуральная» была апробирована на базе крестьянского (фермерского) хозяйства «Сады Рыжевских», Темрюкский район, станица Вышестеблиевская.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итоги выполненного исследования

1. Определены и обоснованы объекты исследования: смоква, состоящая из: выжимок винограда красных и белых сортов; яблок отечественных производителей; промежуточных продуктов – пищевая

добавка из виноградных выжимок и полуфабрикаты смоквы; конечный продукт – смоква. Обоснован выбор комплекса методов, применимых для решения поставленных задач с использованием нормативных документов. В работе были использованы органолептические, физико-химические, микробиологические методы контроля. С целью подтверждения достоверности полученных результатов применялся регрессионный анализ и планирование эксперимента.

2. Разработана технология получения пищевой добавки из виноградных выжимок:

– выбран сорт сброженных виноградных выжимок – Каберне Совиньон для производства пищевой добавки, так как данный сорт характеризуется необходимой макроструктурой (высокое содержание кожицы, низкое содержание семян и мякоти), а также оптимальными показателями биохимического состава (а именно, низкое содержание общих и редуцирующих сахаров (1,6 и 1,5 % соответственно), высокое содержание полифенольных веществ (915,0 мг/%), оптимальное содержание витамина С (3,5 мг/%), а также пищевых волокон (38,5 %);

– установлен оптимальный режим СВЧ-обработки сброженных виноградных выжимок сорта Каберне-Совиньон: мощность 800 Вт, продолжительность 120 с. Он обеспечивает содержание пищевых волокон 48,8 % – прирост 26,8 % относительно контроля; остаточную влажность 24,5 %, достаточную для микробиологической стабильности, отсутствие перегрева и деструкции сырья. Установлена рациональная температура сушки для виноградных выжимок – 60 °С.

3. Исследовано сырье и технологический процесс производства яблочного пюре. Установлено, что использование сорта яблок Гренни Смит обеспечивает наилучшие характеристики для приготовления яблочного пюре и конечного продукта – смоквы. Данный сорт характеризуется следующими показателями: содержание сухих веществ 15,1 %, пищевых волокон 2,8 %, титруемых кислот 0,63 %, общих и редуцирующих сахаров 9,58 % и 7,66 % соответственно, витамин С 6,45 мг/%, полифенольных веществ 270,47 мг/.

4. Разработана рецептура и технология производства смоквы с использованием пищевой добавки из виноградных выжимок. Оптимальная дозировка пищевой добавки из виноградных выжимок установлена на уровне 3,0 % от общей массы продукта. Внесение данного компонента обеспечивает достижение нормируемого показателя функциональности: содержание пищевых волокон в готовом изделии соответствует 17,0 % от рекомендуемой суточной нормы потребления. Определены потребительские свойства готового продукта. Подобрана упаковка для готового продукта: установлено, что пакет стик и упаковка flow pack сохраняют органолептические показатели готового продукта в течение

90 суток хранения. Упаковку смоквы в картонную коробку рекомендуется использовать при хранении не более 60 суток. Рекомендуемые условия хранения и сроки годности: температура хранения – (18 ± 2) °С, относительная влажность воздуха – не более 75 %. Сроки годности не более 90 суток с момента изготовления.

5. Обоснована структурно-функциональная схема производства смоквы с определением режима электропотребления оборудования. Энергоемкость производства 1 тонны смоквы составила 1229,95 кВт·ч/т.

6. Обоснована экономическая эффективность производства разработанных продуктов (пищевой добавки из виноградных выжимок и смоквы). Проведенный анализ экономических показателей производства пищевой добавки из виноградных выжимок показал, что при себестоимости 1 584,0 тыс. руб./т цена реализации составляет 1 933,0 тыс. руб./т. Производство смоквы характеризуется следующими показателями: себестоимость – 2 748,0 тыс. руб./т, цена реализации – 3 360,0 тыс. руб./т. Интегральная оценка эффективности проекта свидетельствует о его целесообразности: срок окупаемости составляет 2,16 года, дисконтированный срок окупаемости – 2,8 года. На базе крестьянского (фермерского) хозяйства «Сады Рыжевских» (Темрюкский район, станица Вышестеблиевская) была проведена опытно-промышленная апробация разработанной технологии производства смоквы с использованием виноградных выжимок, обработанных СВЧ-нагревом.

Рекомендации производству

Предлагается внедрить экономически целесообразную технологию производства смоквы с виноградными выжимками в кондитерском производстве согласно разработанным техническим условиям, что позволит получить продукт с улучшенными потребительскими характеристиками. Предприятиям по переработке винограда рекомендуется использовать выжимки для производства пищевых добавок, что повысит рентабельность и сократит количество отходов.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Разработанная технология производства пищевой добавки из виноградных выжимок, а также полученные аналитические зависимости, могут быть масштабированы и адаптированы для работы с другими сортами виноградных выжимок, различающихся по химическому составу. Кроме того, разработанный подход является универсальным, что позволяет в дальнейшем расширить область применения технологии на переработку другого вида фруктового и ягодного сырья, тем самым расширяя перечень обогащенных продуктов на основе вторичных ресурсов.

Разработанные математические модели, описывающие влияние технологических параметров на качество готового продукта, могут быть использованы при проектировании новых рецептур кондитерских изделий с улучшенными потребительскими свойствами.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

– в изданиях из перечня ВАК:

1. Биологизация интенсификационных процессов переработки вторичных ресурсов винограда / С.М. Горлов, Т.В. Першакова, **Е.С. Семиряжко** [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 168. – С.186–194. – DOI: 10.21515/1990-4665-68-013.

2. Технологии применения фруктово-ягодных выжимок для производства функциональных продуктов / Т.В. Першакова, С.М. Горлов, **Е.С. Семиряжко** [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 170. – С. 237–252. – DOI: 10.21515/1990-4665-170-015.

3. Сравнительная характеристика влияния способа хранения виноградных выжимок на содержание полифенольных веществ и витамина С / **Е.С. Семиряжко**, С.М. Горлов, Т.В. Яковлева [и др.] // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2022. – № 73. – С. 263–271. – DOI: 10.30679/2219-5335-2022-1-73-263-271.

4. Оптимизация дозировок виноградных выжимок при производстве кондитерских изделий / **Е.С. Семиряжко**, Т.В. Першакова, Е.А. Иванова [и др.] // Ползуновский вестник. – 2024. – № 2. – С. 107–112. – DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.013.

5. Семиряжко, Е.С. Оптимизация режимов СВЧ-обработки сброженных выжимок винограда сорта Каберне-Совиньон для повышения содержания пищевых волокон / **Е.С. Семиряжко**, С.М. Горлов, Т.В. Першакова // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2026. – № 1 (403). – С. 139–145. – DOI: 10.26297/0579-3009.2026.1.21.

– патент на изобретение:

1. Пат. № 2807815 С1 Российская Федерация, МПК А23L 21/10 Способ производства смоквы с функциональными свойствами // Першакова Т.В., Яковлева Т.В., Горлов С.М., **Семиряжко Е.С.** ; патентообладатель ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия». – № 2023122254 заявлено 25.08.2023; опубликовано 21.11.2023.

– *прочие издания:*

1. Обоснование использования растительных пищевых добавок в производстве мучных кондитерских изделий / **Е.С. Семиряжко**, Т.А. Шахрай, С.М. Горлов [и др.] // Наука, питание и здоровье: сборник научных трудов, Минск, 17 июня 2021 года. Том Часть 2. – Минск: РУП «Издательский дом «Белорусская наука», 2021. – С. 268–272.

2. Разработка рецептуры и технологии приготовления пастилы функционального назначения с использованием симбиотического комплекса / Е.Н. Карпенко, С.М. Горлов, **Е.С. Семиряжко** [и др.] // Пищевые технологии будущего: инновационные идеи, научный поиск, креативные решения. – 2021. – С. 86–91.

3. Разработка рецептуры и технологии производства пастилы, обогащенной виноградными выжимками / А.А. Тягущева, Т.В. Першакова, **Е.С. Семиряжко** [и др.] // Научные труды СКФНЦСВВ. – 2021. – Т.33. – С. 128–133.

4. Применение плодово-ягодного сырья в производстве функциональных кондитерских изделий / **Е.С. Семиряжко**, С.М. Горлов, Т.В. Яковлева [и др.] // Новости науки в АПК: научно–практический журнал – Ставрополь, 2021. – № 1. – С. 65–68. DOI 10.25930/2218–855x/018.1.1.2021.

5. Определение биохимических показателей сортов винограда Рошфор и монарх Павловского / **Е.С. Семиряжко**, Т.В. Яковлева, С.М. Горлов [и др.] // Здоровьесберегающие технологии, качество и безопасность пищевой продукции – Краснодар: КубГАУ, 2021. – С. 326–329.

6. Исследования виноградных выжимок для обогащения кондитерских изделий / А.А. Тягущева, Т.В. Першакова, **Е. С. Семиряжко** [и др.] // Здоровьесберегающие технологии, качество и безопасность пищевой продукции – Краснодар: КубГАУ, 2021. – С.333–337.

7. Производство функциональных кондитерских изделий с применением растительных пищевых добавок / А.А. Тягущева, Т.В. Першакова, **Е. С. Семиряжко** [и др.] // Новости науки в АПК: научно-практический журнал – Ставрополь, 2021. – № 2. – С. 359–361. – DOI 10.25930/2218–855x/099.2.2021.

8. Виноградные выжимки – как обогащающий компонент для кондитерских изделий / **Е.С. Семиряжко**, С.М. Горлов, Т.В. Першакова [и др.] // Пищевые технологии будущего: инновационные идеи, научный поиск, креативные решения. Сборник материалов конференции. – 2022. – С.153–157.

9. Анализ цифровых инструментов для расчета рецептур пищевых продуктов / **Е.С. Семиряжко**, Е.А. Иванова, Т.В. Першакова [и др.] // Наука, питание и здоровье : сборник научных трудов / Национальная академия наук Беларуси, Научно-практический центр по продовольствию; под общ. ред. З. В. Ловкиса. – Минск: Беларуская навука. – 2023. – С. 515–519.

10. Першакова, Т.В. Разработка рецептуры и технологии смоквы с применением виноградных выжимок / Т.В. Першакова, Т.В. Яковлева, **Е.С. Семиряжко** // Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века: сборник материалов VIII международной научно–практической конференции. Краснодар: Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2023 – С. 185–189.

11. Семиряжко, Е.С. Изучение процесса СВЧ-обработки виноградных выжимок и выбор рационального режима / **Е.С. Семиряжко**, С.М. Горлов, Т.В. Першакова // Наука, питание и здоровье : сборник научных трудов / Национальная академия наук Беларуси, Научно-практический центр по продовольствию; под общ. ред. З. В. Ловкиса. – Минск : Беларуская навука, 2024. – С. 118–121.

12. Першакова, Т.В. Технология производства пастилы «Смоква «Виноградная» / Т.В. Першакова, **Е.С. Семиряжко** / Завершенные разработки Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия в 2023 году. Каталог завершенных научных разработок. Краснодар, 2024. – С. 118–119.

13. Способ производства смоквы с функциональными свойствами / Т.В. Першакова, С.М. Горлов, **Е.С. Семиряжко** [и др.] / Завершенные разработки Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия в 2023 году. Каталог завершенных научных разработок. Краснодар, 2024. – С. 116–118.