

На правах рукописи



Аверьянова Елена Витальевна

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
ПОЛУЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ
ИЗ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

Специальность 4.3.3. Пищевые системы

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Екатеринбург – 2023

Диссертационная работа выполнена на кафедре биотехнологии
Бийского технологического института (филиала) ФГБОУ ВО «Алтайский
государственный технический университет им. И. И. Ползунова»

Научный консультант: доктор технических наук, доцент
Школьниковна Марина Николаевна (Россия),
профессор кафедры технологии питания
ФГБОУ ВО «Уральский государственный
экономический университет»

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Елисеева Людмила Геннадьевна (Россия),
профессор кафедры товароведения и товарной
экспертизы ФГБОУ ВО «Российский
экономический университет им. Г. В. Плеханова»

доктор технических наук, профессор
Резниченко Ирина Юрьевна (Россия),
профессор кафедры биотехнологии и производства
продуктов питания ФГБОУ ВО «Кузбасская
государственная сельскохозяйственная академия»

доктор технических наук, доцент
Калинина Ирина Валерьевна (Россия),
профессор кафедры пищевых и биотехнологий
ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный
университет (национальный исследовательский
университет)»

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»

Защита диссертации состоится 19 мая 2023 г. в 10:00 на заседании диссертационного совета 24.2.425.03, созданного на базе ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет» по адресу: 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», зал диссертационных советов (ауд. 150).

Отзывы на автореферат, заверенные гербовой печатью, просим направлять по адресу: 620144, г. Екатеринбург, ГСП-985, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», ученому секретарю диссертационного совета 24.2.425.03. Тел./факс (343) 283-10-76.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет». Автореферат размещен на официальном сайте ВАК при Минобрнауки России: <https://vak.minobrnauki.gov.ru> и на сайте ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»: <http://science.usue.ru>.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент



Л. А. Донскова

Общая характеристика работы

Актуальность работы. В последние годы резко возросло внимание к проблемам питания со стороны государства, производителей продуктов питания и науки. Это обусловлено пониманием негативных последствий для здоровья, связанных с нарушением структуры питания и пищевого статуса населения России, с одной стороны, и успехами ряда фундаментальных наук (биохимии, клеточной биологии, нутрициологии), позволившими выявить роль отдельных макро- и микронутриентов, непищевых биологически активных компонентов пищи в функционировании органов и систем человека, снижении риска развития ряда алиментарно-зависимых заболеваний, с другой стороны.

В связи с этим создание безопасных пищевых продуктов нового поколения, отвечающих требованиям продовольственного рынка, как показывает мировой опыт, невозможно без использования современных пищевых микронутриентов, к которым относят минорные биологически активные вещества (БАВ), вводимые в состав пищевого продукта с целью совершенствования технологии, сохранения качества, в том числе в процессе хранения, и придания им заданных свойств: функциональных, технологических, органолептических и иных. При этом технологические процессы производства и переработки растительного сырья направлены на достижение наибольшего выхода ценных веществ при минимальном остаточном содержании не востребуемых отходов и соблюдении экологических требований.

Наиболее привлекательными в данном случае являются вторичные ресурсы растительного сырья, в составе которых остается большое количество ценных БАВ, требующих инновационных подходов к их комплексной переработке, в результате реализации которой в промышленных масштабах возможно получение широкого спектра эффективных и безопасных функциональных пищевых ингредиентов (ФПИ).

Степень разработанности темы исследования. Значительный вклад в разработку пищевых продуктов с использованием ФПИ, полученных, в том числе, из вторичных ресурсов растительного сырья, внесли отечественные и зарубежные ученые В. А. Тутельян, А. П. Нечаев, Т. В. Савенкова, Л. В. Донченко, Д. Х. Кулев, Ю. Г. Базарнова, Л. Г. Елисеева, Т. А. Никифорова, Н. А. Величко, О. В. Чугунова, И. Ю. Резниченко, Ю. В. Приходько, Н. Ю. Левочкина, М. Н. Школьникова, Н. В. Заворохина, В. А. Помозова, В. М. Позняковский, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова, О. В. Перфилова, И. В. Калинина, И. Ю. Потороко, В. Г. Попов, О. В. Голуб, Е. В. Пастушкова, Г. А. Губаненко, Н. И. Давыденко, Е. Ю. Егорова, А. М. Золотарева, А. Osman, Н. Chen, F. T. Macagnan, T. Moerzel, A. Vilas-Franquesa и др.

В производстве функциональных и специализированных пищевых продуктов наблюдается устойчивая тенденция к использованию растительного сырья, что требует комплексного изучения качества, безопасности и химического состава сырья и получаемых из него ФПИ, а базовым принципом

при разработке пищевых продуктов, отвечающих современным условиям, является применение малоотходных и безотходных технологий, позволяющих максимально и комплексно извлекать ценные компоненты сырья с получением эффективных пищевых ингредиентов. Это направление предусматривает создание пищевых продуктов с использованием ФПИ, в том числе полученных из крупнотоннажных отходов переработки растительного сырья.

Имеющиеся данные определяют весомую роль растительных ФПИ в разработке современных пищевых продуктов, однако комплексных исследований по изучению состава, качества и доказательству медико-биологической эффективности ФПИ из вторичных ресурсов растительного сырья, в том числе в составе продуктов питания, представлено недостаточно. В связи с этим проблема вовлечения вторичных ресурсов растительного сырья в процесс получения ФПИ и создание пищевых продуктов с их использованием является актуальной, а необходимость ее решения представляется важной и практически значимой не только на региональном, но и на российском уровне, особенно с учетом изменившейся в 2022 г. внешнеполитической ситуации.

Цель исследования заключается в разработке продуктов питания стандартного качества с использованием функциональных пищевых ингредиентов, выделенных из вторичных ресурсов растительного сырья, с подтверждением их безопасности и медико-биологической эффективности.

Для реализации указанной цели поставлены следующие **задачи**:

1) на основании подтвержденного в эксперименте химического состава и рассчитанных коэффициентов извлечения основных БАВ крупнотоннажных растительных отходов обосновать возможность их глубокой переработки для получения ФПИ;

2) разработать классификацию, систематизирующую многообразие ФПИ и учитывающую возможные классификационные признаки для максимально эффективного их применения в составе пищевых систем;

3) обосновать, разработать и апробировать методологию проектирования функциональных пищевых продуктов (ФПП) с доказанной эффективностью растительных ингредиентов, основанную на результатах экспериментально-аналитических исследований их получения из вторичных ресурсов и применения в пищевых системах;

4) разработать способ экспрессного определения количественного содержания антоциановых красителей в продуктах переработки плодового сырья;

5) разработать рецептуры и доказать в эксперименте целесообразность использования плодовых выжимок и выделенного из них пектина в составах десертных соусов специализированного назначения;

6) установить влияние растительных консервантов на химический состав, функциональные свойства и сроки годности эмульсионных и томатных соусов;

7) исследовать структурно-механические свойства пектинов, выделенных из плодового сырья, и определить срок хранения и реологические характеристики, формирующие консистенцию структурированных пищевых систем;

8) провести корректировку составов соусов за счет растительных ФПИ на основе многокритериальной оценки качества с учетом значимых для потребителя свойств и анализа рынка соусов;

9) разработать комплекты технической документации и провести производственную апробацию растительных ФПИ и ФПП на их основе на предприятиях различных форм собственности.

Научная концепция заключается в научном обосновании и апробации методологического подхода к разработке, оценке качества, безопасности и использования в составе пищевых продуктов функциональных пищевых ингредиентов, выделенных из вторичных ресурсов растительного сырья, с подтверждением их медико-биологической эффективности.

Научная новизна. Диссертационная работа содержит элементы научной новизны в рамках п. 2, 13, 15, 17, 34 и 36 Паспорта специальности ВАК РФ 4.3.3.

1. Получены новые данные о составе основных БАВ вторичных ресурсов растительного сырья, что позволило расширить перечень источников ФПИ и предложить классификацию, впервые систематизирующую их многообразие с учетом функционального назначения, химического состава, источников сырья и др., для максимально эффективного применения в составе пищевых систем по отраслям пищевой промышленности (п. 36 Паспорта специальности ВАК РФ 4.3.3).

2. Предложен методологический подход к проектированию безопасных пищевых продуктов с доказанной эффективностью ФПИ из вторичных ресурсов растительного сырья в их составе:

– пектинов из выжимок плодового сырья, степень этерификации которых (25–75 %) является определяющим фактором при проектировании состава структурированных пищевых продуктов и формировании их качества и функциональных свойств;

– бетулина из бересты березы в виде стабилизированной ультразвуковым воздействием наносuspension для повышения его растворимости, биодоступности и с доказанным в исследованиях *in vivo* гепатопротекторным и антиоксидантным действием в составе соусов;

– рутина фармакопейного качества из травы гречихи для идентификации флавоноидов в сырье и пищевых продуктах и использования в качестве натурального консерванта с коэффициентом резерва 1,5 в составе эмульсионного соуса;

– микронизированной очищенной флавоноидной фракции облепихового шрота (МОФФ ОШ), функциональные свойства которой доказаны методами *in silico*, *in vitro* и *in vivo* (п. 2 Паспорта специальности ВАК РФ 4.3.3).

3. Впервые предложен способ экспрессного определения суммарного содержания антоцианов в экстрактах плодов и продуктах их переработки, заключающийся в визуальном сравнении красного цвета анализируемых объектов с разработанной шкалой цветности на основе растворов хлорида кобальта (II) по интенсивности их окраски, который может быть использован как метод контроля качества плодового сырья, пищевых продуктов и добавок (п. 17 Паспорта специальности ВАК РФ 4.3.3).

4. Научно обоснована и подтверждена в эксперименте целесообразность использования плодового пектина при проектировании состава десертных соусов с учетом значимых для потребителя характеристик (вкус, содержание БАВ, цена), что обуславливает их конкурентоспособность и стратегию продвижения на потребительский рынок:

– специализированного назначения с пониженным содержанием сахара, достоверно доказанным на основе расчета гликемической нагрузки и гликемического индекса;

– с частичной заменой плодового пюре на выжимки, со снижением себестоимости без изменения качества и биологической ценности, подтвержденных экспериментально (п. 13 Паспорта специальности ВАК РФ 4.3.3).

5. Изучены химический состав и свойства эмульсионного и томатного соусов с растительными консервантами при хранении и установлен срок годности, в течение которого обеспечивается сохранность БАВ и АОА: для эмульсионных соусов с бетулином и рутином – 90 сут, для томатного соуса с бетулином – 1,2 года (п. 15 Паспорта специальности ВАК РФ 4.3.3).

6. Установлено влияние структурно-механических свойств (упругость, плотность геля, вязкость, предельное напряжение сдвига) пектинов, выделенных из вторичных ресурсов плодового сырья, на срок хранения и реологические характеристики структурированных пищевых систем как основополагающих при формировании их консистенции (п. 15 Паспорта специальности ВАК РФ 4.3.3).

7. Получены новые данные по потребительским предпочтениям в отношении соусов, обработка которых методами многокритериальной оценки качества QFD и функции желательности Харрингтона выявила необходимость корректировки составов десертных, эмульсионного и томатного соусов за счет ФПИ растительного сырья (п. 34 Паспорта специальности ВАК РФ 4.3.3).

Методология и методы исследований. Использована методология, интегрирующая подходы к обоснованию и разработке пищевых продуктов с доказанной медико-биологической эффективностью за счет использования растительных ингредиентов, на основе систематизации и анализа научно-технической информации, а также с применением инструментальных стандартных и специальных методов анализа сырья, полученных ФПИ и готовых продуктов с последующей обработкой результатов исследований, в том числе методами математического моделирования.

Положения, выносимые на защиту:

- химический состав и коэффициенты извлечения основных БАВ из крупнотоннажных отходов переработки растительного сырья, обуславливающие возможность получения ФПИ;
- обобщенная классификация ФПИ, учитывающая возможные классификационные признаки, для максимально эффективного их применения в составе пищевых систем;
- методология проектирования ФПП с доказанной эффективностью ФПИ в их составе;
- способ экспрессного определения суммарного содержания антоциановых красителей для контроля качества продуктов переработки плодового сырья;
- рецептуры и результаты товароведной оценки качества специализированных десертных соусов с использованием в качестве структурообразователя плодового пектина: с пониженным содержанием сахара и частичной заменой плодового пюре на выжимки;
- сроки годности эмульсионных и томатных соусов с растительными консервантами;
- зависимость реологических характеристик и срока хранения структурированных пищевых систем от структурно-механических свойств плодовых пектинов;
- составы соусов, смоделированные на основе анализа их товарного предложения, потребительских предпочтений и многокритериальной оценки качества;
- результаты практических решений по разработке растительных ФПИ и ФПП на их основе с доказанной эффективностью и качеством, в том числе в процессе хранения.

Теоретическая и практическая значимость.

Теоретическая значимость заключается в научном обосновании целесообразности разработки пищевых продуктов: кондитерских изделий (зефир, мармелад) и приправ (соусы эмульсионные и плодоовощные) с ФПИ – окрашенными структурообразователями и консервантами, полученными из вторичных ресурсов растительного сырья.

Практическая значимость. Выделены из вторичных ресурсов растительного сырья и охарактеризованы ФПИ, что позволит предприятиям АПК эффективно реализовать безотходные технологии производства продуктов нового поколения в соответствии с современными трендами пищевой индустрии; подобраны и апробированы рецептуры пищевых продуктов с использованием растительных ФПИ, доказано их качество, безопасность и медико-биологическая эффективность; разработан и апробирован в условиях производства способ определения суммарного содержания антоциановых красителей в плодовом сырье и продуктах его переработки.

Разработаны программы для ЭВМ, позволяющие осуществлять расчет сорбционной способности пектина (свидетельства № 2019614606;

№ 2019614693; № 2019614848; № 2011611470, 2019 г. и № 2021666345, 2021 г.); расчет состава композиции на основе МОФФ ОШ (свидетельство № 2022664733, 2022 г.); подбор концентрации водно-спиртовых экстрагентов для выделения БАВ из растительного сырья (свидетельство № 2019616709, 2019 г.); определение условий предгидролиза облепихового шрота (свидетельство № 2021661563, 2021 г.) и параметров интенсификации процесса экстракции бетулина (свидетельства № 2022612605; № 2022619222, 2022 г.), которые могут быть применены на предприятиях отрасли и в учебном процессе.

Новизна технических решений подтверждена патентами РФ: № 2640587 «Способ получения бетулина», 2018 г.; № 2710169 «Состав для производства десертного соуса с низким гликемическим индексом», 2019 г.; № 2713724 «Соус десертный с использованием выжимок», 2020 г.; № 2711728 «Способ получения комплекса биофлавоноидов из обезжиренного облепихового шрота», 2020 г.; № 2759297 «Способ фракционирования комплекса биофлавоноидов облепихового шрота», 2021 г.; № 2768114 «Способ экспрессного определения суммарного содержания антоцианов», 2022 г. и регистрацией баз данных «Химический состав продовольственного сырья и пищевых продуктов» (свидетельство № 2021622647, 2021 г.) и «Физико-химические свойства пектиновых веществ плодового сырья» (свидетельство № 2022621900, 2022 г.).

Определены значения регламентированных показателей ФПИ и пищевых продуктов с их использованием, положенные в основу проектов технической документации (акты внедрения, акты производственных испытаний, ТУ и ТИ) на:

- ФПИ: окрашенный гелеобразователь «Пектин» из плодового сырья, бетулин из бересты березы, МОФФ ОШ;
- пищевые добавки: Р-витаминная добавка в комбинации с рутином «Биофлавоноиды облепихового шрота»;
- пищевые концентраты из плодового сырья (гомогенный сухой экстракт, таблетированная форма концентрата безалкогольного напитка);
- пищевые продукты: сахаристые кондитерские изделия с использованием пектина из выжимок плодов (пастильные зефир серии «Бийский», мармелад серии «Краски лета»); приправы (соусы фруктовые (десертные) серии «Алтайское лето» с использованием пектина из выжимок плодов, низкокалорийные и с частичной заменой плодового пюре на выжимки; соусы эмульсионные – майонезный с растительными консервантами и овощные – томатный с добавлением бетулина).

Результаты исследований медико-биологической эффективности разработанных продуктов отражены в отчетах полномочных организаций: биологической активности *in vitro* экспериментальных образцов биофлавоноидов облепихового шрота, МОФФ ОШ и композиций на их основе – ФГБНУ ВИЛАР (г. Москва); противовоспалительной и АОА флавоноидов, выделенных из облепихи крушиновидной, влияние МОФФ ОШ на показатели сосу-

дисто-тромбоцитарного и коагуляционного гемостаза, и гепатопротекторной активности майонеза с бетулином в условиях *in vivo* на мелких лабораторных животных – ФГБОУ ВО АГМУ Минздрава России (г. Барнаул).

Исследования проводились в рамках госбюджетной научно-исследовательской работы «Биотехнология пищевых продуктов и биологически активных веществ» (рег. номер АААА-А19-119070590017-6), при финансовой поддержке госзадания Минобрнауки РФ (мнемокод 0611-2020-013; номер темы FZMM-2020-0013, ГЗ № 075-00316-20-01), грантов Губернатора Алтайского края для разработки качественно новых технологий, создания инновационных продуктов и услуг в сферах переработки и производства пищевых продуктов, фармацевтического производства и биотехнологий в 2019–2022 гг.

Результаты теоретических и практических исследований широко используются в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров по направлениям 19.03.01, 19.04.01 «Биотехнология» и 19.03.02, 19.04.02 «Продукты питания из растительного сырья» в БТИ АлтГТУ.

Работа является обобщением результатов методического, теоретического и прикладного характера, полученных лично автором или при его непосредственном участии.

Степень достоверности результатов работы. Достоверность полученных результатов обеспечивалась базированием на общепринятых положениях фундаментальных и прикладных наук, а также показателями, полученными при производственной апробации основных результатов исследований.

Апробация результатов исследования. Основные положения и результаты диссертационного исследования представлены и обсуждены на конференциях и форумах различного уровня в городах: Бийск, Барнаул, Новосибирск, Казань, Кемерово, Саратов, Орел, Омск, Иркутск, Екатеринбург, Москва, Краснодар, Минск, Ялта, Геленджик, Красноярск, Нижний Новгород, Калининград, Воронеж, Горно-Алтайск, Уфа и др. в период с 2008 по 2022 г.

Публикации. По материалам диссертации опубликована 91 работа, из них 2 монографии, 10 статей в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования Scopus и Web of Science; 19 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ; публикации в других центральных изданиях, материалах конференций международного и всероссийского уровней, сборниках научных трудов; получено 6 патентов на изобретения РФ, 2 свидетельства о регистрации базы данных и 10 программ для ЭВМ.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения и восьми глав, включающих аналитический обзор литературы, методологическую часть, результаты собственных исследований, выводы, список литературы, приложения. Основное содержание изложено на 272 страницах, включает 72 таблицы, 96 рисунков, 311 источников литературы отечественных и зарубежных авторов, 5 приложений.

Основное содержание работы

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи, научная новизна, теоретическая, практическая значимость и положения, выносимые на защиту.

Глава 1. Состояние вопроса использования вторичных растительных ресурсов в качестве сырьевой базы ФПИ. Изучено состояние вопроса по переработке вторичных ресурсов растительного сырья (ВРРС) в пищевые ингредиенты и возможности их использования в качестве ФПИ в пищевых продуктах, в том числе функциональных и специализированных. Проанализирован объем растительных отходов пищевой и перерабатывающей промышленности Алтайского края и показана необходимость их утилизации в промышленно значимые пищевые ингредиенты, востребованность которых на мировом продуктовом рынке имеет устойчивую тенденцию к росту.

С учетом анализа и обобщения доступных статистических данных в рамках решения *первой задачи* работы обоснован выбор ВРРС Алтайского края по группам БАВ, предложены варианты их комплексной переработки в ФПИ и использования в пищевых продуктах, которые апробированы в исследовательской части работы.

Глава 2. Организация эксперимента, объекты и методы исследования. Изложена методология и этапы проведения исследований, выполненных автором в специализированных лабораториях кафедры биотехнологии БТИ АлтГТУ в 2008–2022 гг. Обобщенная схема исследований представлена на рисунке 1.

Объектами исследования в соответствии с поставленными целью и задачами на различных этапах эксперимента являлись:

1) замороженное плодое сырье 13 видов, заготовленное лично или закупленное в торговых сетях региона;

2) выжимки 13 видов плодое сырье, полученные в лаборатории кафедры биотехнологии БТИ АлтГТУ прямым отжимом или экстракцией плодов и предоставленные предприятием ООО «КИТ ПЛЮС» (г. Бийск);

3) шрот, полученный из плодов облепихи (лат. *Hippophae rhamnoides*) после отделения жирного масла на предприятии АО «Алтайвитамины» (г. Бийск) с суммарным содержанием фенольных веществ (ФВ) ($3,8 \pm 0,3$) %;

4) трава гречихи посевной (лат. *Fagopyrum esculentum*), с суммарным содержанием ФВ ($5,67 \pm 0,04$) %, в том числе рутин ($3,57 \pm 0,04$) %;

5) береста березы белоствольных пород (лат. *Betula pendula*), полученная с деревообрабатывающих предприятий Алтайского края и содержащая ($21,7 \pm 0,6$) % бетулина;

6) ФПИ, выделенные из ВРРС: пектины из выжимок плодов, МОФФ ОШ из шрота плодов облепихи, рутин из травы гречихи, бетулин из бересты березы;

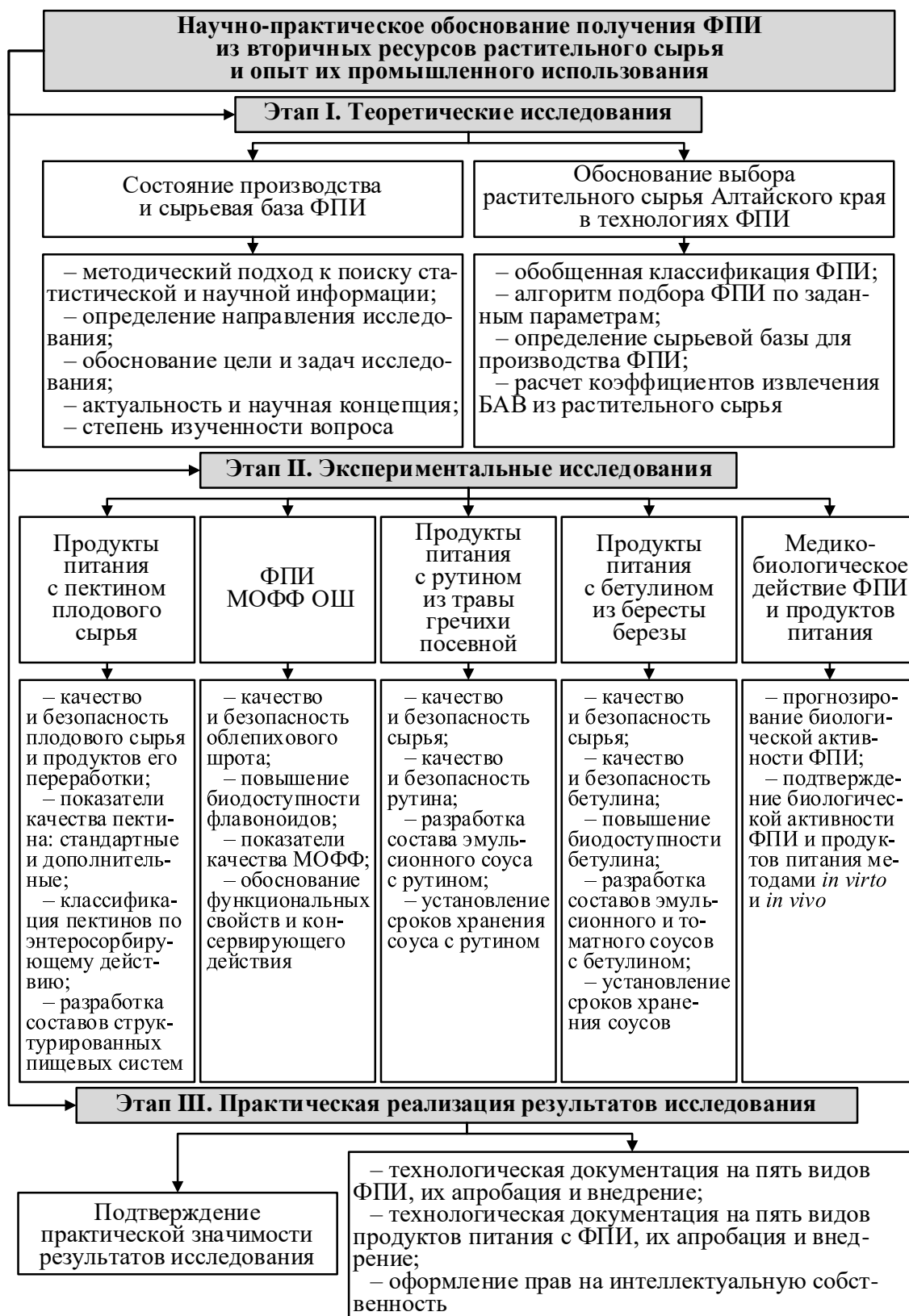


Рисунок 1 – Обобщенная схема исследований

7) лабораторные и производственные образцы пищевых продуктов: соусы фруктовые (десертные), эмульсионные (майонезные) и овощные (томатные), сахаристые кондитерские изделия – зефир и мармелад, выработанные

с использованием разработанных ФПИ по ГОСТ 18077-2013, ГОСТ 31761-2012, ГОСТ 17471-2013, ГОСТ 6441-2014, ГОСТ 6442-2014 соответственно;

8) информация, полученная при проведении социологического опроса жителей Алтайского края и анализа регионального рынка соусов (2017–2021 гг.) на основе первичной информации, полученной методом изучения ассортимента в крупных предприятиях оптовой и розничной торговли г. Барнаула и г. Бийска.

Экспериментальные исследования проводились с использованием общепринятых и стандартных методов, а также методом математического моделирования.

Глава 3. Потенциал вторичных растительных ресурсов Алтайского края в качестве сырьевой базы для производства ФПИ. В рамках решения *первой задачи* определен химический состав, рассчитаны коэффициенты извлечения ($K_{и}$) основных БАВ растительных отходов и обоснована возможность их глубокой переработки для получения ФПИ.

Сырьевой потенциал Алтайского края в полном объеме обеспечивает внутренний спрос на основные виды продукции растительного происхождения с тенденцией к увеличению, что обуславливает и значительный объем отходов (таблица 1).

Таблица 1 – Вторичные ресурсы пищевой и перерабатывающей промышленности Алтайского края (данные 2021 г.)

Наименование отходов	Объем, т/год
Отходы переработки плодово-ягодного сырья	1 248,5
В том числе облепиховый шрот	200,0
Отходы древесины березы	1 500,0
Трава гречихи посевной	20,4·10 ⁶

В эксперименте установлено, что все исследуемое плодое сырье доброкачественное и соответствует требованиям ГОСТ; содержание пектиновых веществ (ПВ) находится в пределах 0,35–1,25 %, по содержанию ФВ лидером являются плоды рябины обыкновенной, а из отходов – шрот облепихи (таблица 2).

Окраска выжимок обусловлена наличием антоцианов, максимальным содержанием которых отличаются выжимки черники обыкновенной (2,03 %) и аронии черноплодной (1,25 %). Для окрашенных ПВ, выделенных из выжимок, рассчитан коэффициент перехода антоцианов из выжимок в ПВ ($K_{п}$), который обуславливает интенсивность окраски ПВ и в большинстве случаев превышает 50 %, что, наряду с высоким $K_{и}$ (~80 %), позволило рассмотреть выжимки в качестве перспективного источника ФПИ.

Таблица 2 – Характеристика плодового сырья урожая 2013–2020 гг. ($n = 3$, $M \pm m$), %

Наименование сырья	Вид сырья	Массовая доля ЭВ	Массовая доля ПВ	K_{Π}	Массовая доля ФВ	Массовая доля антоцианов	K_{Π}
Арония черноплодная (лат. <i>Aronia melanocarpa</i>)	Плоды	22,2 ± 0,1	0,68 ± 0,01	–	0,58 ± 0,01	0,410 ± 0,002	–
	Выжимки	14,7 ± 0,1	2,30 ± 0,05	59,0	1,78 ± 0,01	1,250 ± 0,005	85,0
Брусника обыкновенная (лат. <i>Vaccinium vitis-idaea</i>)	Плоды	14,6 ± 0,1	0,35 ± 0,01	–	0,40 ± 0,01	0,310 ± 0,002	–
	Выжимки	23,9 ± 0,1	2,60 ± 0,01	91,0	0,59 ± 0,01	0,504 ± 0,005	13,0
Вишня обыкновенная (лат. <i>Prunus cerasus</i>)	Плоды	14,8 ± 0,1	0,43 ± 0,01	–	0,30 ± 0,01	0,240 ± 0,002	–
	Выжимки	15,2 ± 0,1	0,41 ± 0,01	84,0	0,28 ± 0,01	0,223 ± 0,005	62,0
Голубика обыкновенная (лат. <i>Vaccinium uliginosum</i>)	Плоды	25,4 ± 0,1	0,55 ± 0,01	–	0,55 ± 0,01	0,435 ± 0,002	–
	Выжимки	25,4 ± 0,1	0,50 ± 0,01	69,0	1,21 ± 0,01	0,964 ± 0,005	42,0
Жимолость обыкновенная (лат. <i>Lonicera xylosteum</i>)	Плоды	16,2 ± 0,1	1,23 ± 0,01	–	0,18 ± 0,01	0,110 ± 0,002	–
	Выжимки	17,3 ± 0,1	1,40 ± 0,01	86,0	0,97 ± 0,01	0,843 ± 0,005	50,0
Клюква болотная (лат. <i>Oxycoccus palustris</i>)	Плоды	10,3 ± 0,1	0,48 ± 0,01	–	0,24 ± 0,01	0,126 ± 0,002	–
	Выжимки	14,6 ± 0,1	1,17 ± 0,01	86,0	0,57 ± 0,01	0,260 ± 0,005	57,0
Крыжовник обыкновенный (лат. <i>Ribes uva-crispa</i>)	Плоды	12,4 ± 0,1	1,24 ± 0,01	–	0,40 ± 0,01	0,213 ± 0,002	–
	Выжимки	28,1 ± 0,1	1,20 ± 0,04	71,0	0,11 ± 0,01	0,042 ± 0,002	46,0
Малина обыкновенная (лат. <i>Rubus idaeus</i>)	Плоды	14,8 ± 0,1	0,44 ± 0,01	–	0,30 ± 0,01	0,183 ± 0,002	–
	Выжимки	29,4 ± 0,1	1,22 ± 0,01	83,0	0,62 ± 0,01	0,366 ± 0,002	58,0
Облепиха крушиновидная (лат. <i>Hippophae rhamnoides</i>)	Плоды	16,2 ± 0,1	0,83 ± 0,01	–	0,72 ± 0,01	Не обнаружены	
	Шрот	19,0 ± 0,5	1,35 ± 0,04	23,0	3,80 ± 0,30	Не обнаружены	
Рябина обыкновенная (лат. <i>Sorbus aucuparia</i>)	Плоды	26,0 ± 0,1	1,13 ± 0,01	–	0,80 ± 0,01	0,285 ± 0,002	–
	Выжимки	45,8 ± 0,1	2,40 ± 0,01	93,0	1,05 ± 0,01	0,028 ± 0,005	21,0
Смородина красная (лат. <i>Ribes rubrum</i>)	Плоды	12,6 ± 0,1	0,83 ± 0,01	–	0,45 ± 0,01	0,308 ± 0,002	–
	Выжимки	12,4 ± 0,1	0,60 ± 0,01	85,0	0,23 ± 0,01	0,082 ± 0,005	67,0
Смородина черная (лат. <i>Ribes nigrum</i>)	Плоды	15,6 ± 0,1	1,25 ± 0,05	–	0,45 ± 0,01	0,311 ± 0,002	–
	Выжимки	32,4 ± 0,1	2,50 ± 0,01	84,0	0,29 ± 0,01	0,127 ± 0,002	73,0
Черника обыкновенная (лат. <i>Vaccinium myrtillus</i>)	Плоды	14,8 ± 0,1	0,51 ± 0,01	–	0,56 ± 0,01	0,316 ± 0,002	–
	Выжимки	17,7 ± 0,1	0,51 ± 0,01	90,0	2,77 ± 0,01	2,033 ± 0,005	100,0

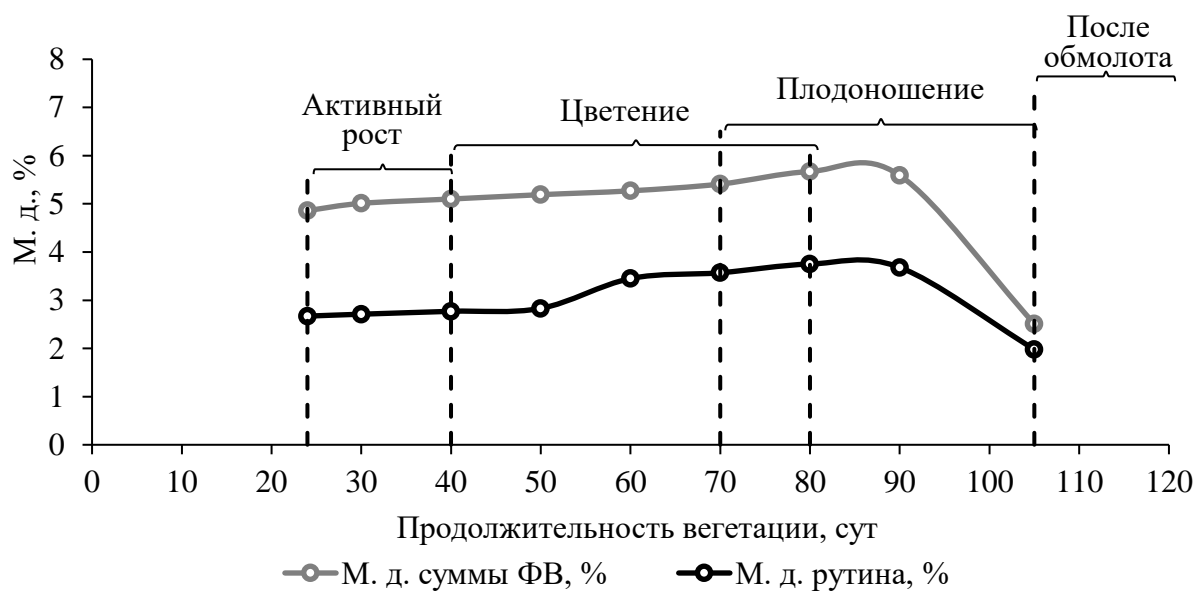
Одним из крупнотоннажных отходов переработки плодов облепихи является обезжиренный шрот, отличающийся стабильно высоким содержанием ФВ, в том числе в процессе хранения в течение двух лет (таблица 3), что позволяет производить ФПИ – МОФФ ОШ.

По результатам исследований запатентован способ получения МОФФ ОШ (патенты РФ № 2711728 и № 2759297), на основе которого разработана технология, апробированная в условиях АО «Алтайвитамины» (г. Бийск).

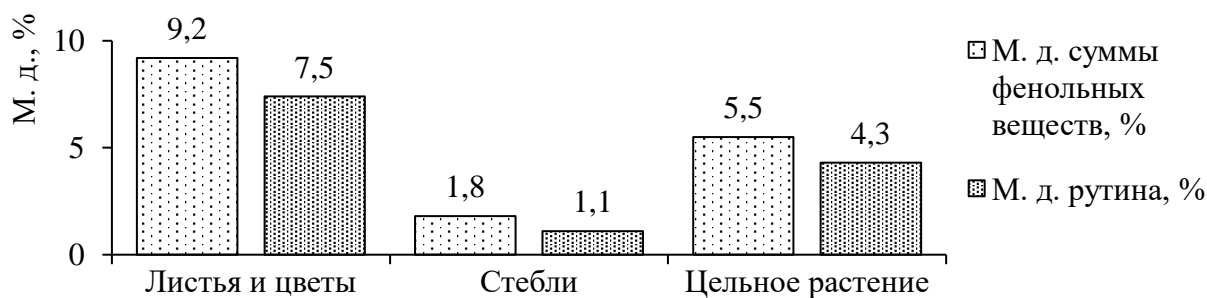
Перспективным источником рутина является гречиха посевная, в которой содержание рутина в зависимости от фазы вегетации и части растения достигает 7,5 %, что подтверждено в эксперименте методом ВЭЖХ (рисунок 2).

Таблица 3 – Содержание ФВ в облепиховом шроте ($n = 3, M \pm m$)

Показатель	Содержание в шроте, %	
	свежем	по истечении хранения
М. д.	4,1 ± 0,1	3,3 ± 0,1
Выход	3,8 ± 0,1	2,8 ± 0,1
$K_{и}$	90,0	80,0



а – в разные периоды вегетации



б – по частям растения

Рисунок 2 – Содержание фенольных веществ в гречихе посевной, %

Себестоимость 1 кг рутин составляет около 4,6 тыс. р., что позволяет говорить о рентабельности его производства в сравнении с приобретением импортных аналогов, стоимость которых выше в 3,5 раза, а содержание основного вещества в них составляет менее 86 %.

Предприятия Алтайского края ежегодно перерабатывают 26,5 тыс. м³ древесины березы, при этом отходом производства является береста (5,4 %, или около 1 500 т/г) – источник бетулина.

В таблице 4 представлены усредненные результаты исследований химического состава бересты в период 2013–2019 гг.

На основе экспериментальных данных получена математическая модель влияния активации бересты УЗВ на выход бетулина, выраженная в виде полинома второй степени (1), поверхность отклика которого показана на рисунке 3.

Таблица 4 – Химический состав бересты березы в пересчете на абсолютно сухое сырье ($n = 5, M \pm m$)

Компонент состава	Массовая доля, %
Экстрактивные вещества	$33,22 \pm 3,94$
Бетулин	$21,92 \pm 1,05$
Дубильные вещества	$3,00 \pm 0,39$
Гидроксикоричные кислоты	$0,80 \pm 0,13$

$$F(x, y) = -15,839 + 1,517x + 0,0356y - 0,0318x^2 + 0,0002xy - 1,9357E - 5y^2. \quad (1)$$

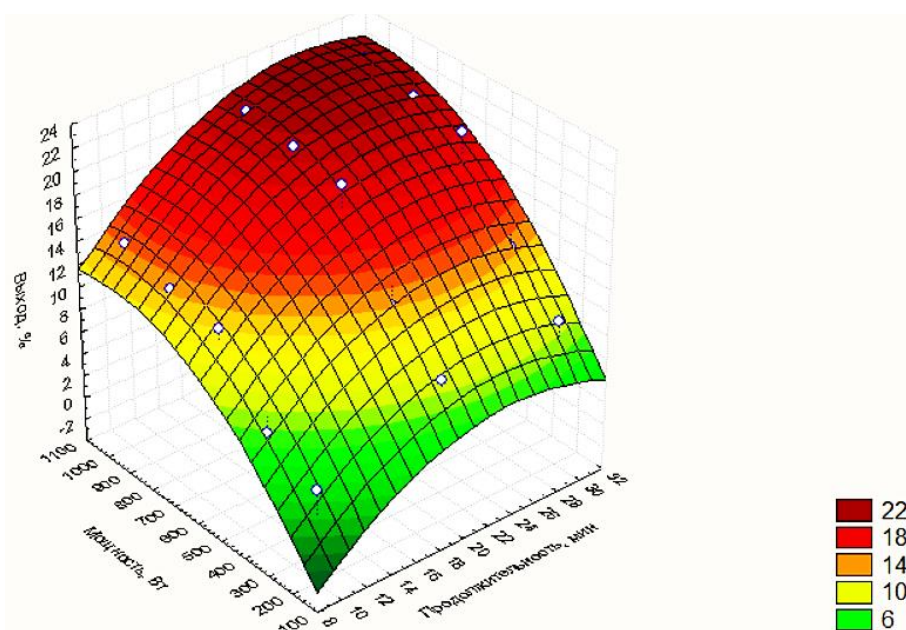


Рисунок 3 – Зависимость выхода бетулина от условий предобработки бересты, %

При варьировании основных технологических параметров определены рациональные режимы УЗВ: продолжительность от 26 до 32 мин при мощности от 600 до 1 100 Вт. Экстракция бетулина из активированной бересты осуществлялась 86 % этиловым спиртом в условиях автоклавирова-

ния: гидромодуль 1:5, размер частиц бересты 3×3 мм, продолжительность процесса 150 мин. Новизна технических решений закреплена патентом РФ № 2640587.

Использование в пищевых продуктах бетулина, проявляющего консервирующее действие за счет подавления процессов окислительной порчи липидов, в совокупности с высокой физиологической активностью дает основание рассматривать бетулин как эффективный ФПИ, особенно в продуктах на жировой основе – эмульсионных соусах, позволяя существенно увеличить срок их хранения.

Поскольку спрос на пищевые добавки остается стабильно высоким, отрасль ФПИ постоянно расширяется и пополняется новыми веществами, в рамках решения *второй задачи* предложена классификация ФПИ, которая учитывает максимально возможное количество классификационных признаков (рисунок 4).

Предложенная обобщенная классификация гарантирует полноту охвата всего перечня известных ФПИ и дает исчерпывающую характеристику их ключевых свойств, необходимых для проектирования пищевых продуктов, с учетом оценки вклада как одного, так и нескольких ФПИ в функциональную направленность пищевого продукта, а в случае необходимости обеспечит включение в нее новых позиций без нарушения общей структуры.

Одним из разделов созданной базы данных (свидетельство № 2021622647) является химический состав и доброкачественность ВРРС, что в совокупности с разработанной классификацией ФПИ позволяет перейти к задачам проектирования пищевых продуктов, в том числе профилактирующих алиментарно-зависимые заболевания, за счет использования ФПИ в их составе.

Глава 4. Практические аспекты получения эффективных ФПИ из вторичных ресурсов растительного сырья. В рамках решения *третьей задачи* разработана методология проектирования ФПП, основанная на результатах экспериментально-аналитических исследований получения ФПИ из ВРРС, и доказана их эффективность.

Использование бетулина в продуктах питания ограничено его гидрофобностью, что снижает биодоступность и технологические свойства бетулина в составе пищевой матрицы.

Эффективность абсорбции БАВ в ЖКТ на уровне 60–65 % достигается их микронизацией. Установлено, что в результате УЗВ на 0,2 % суспензию бетулина в течение 60 мин обеспечивается уменьшение размера частиц до 22,5 мкм, что приближено к состоянию коллоидного раствора. Полученные частицы имеют форму близкую к сферической (коэффициент сферичности $K_{сф} = 0,8–0,9$), что в водных средах улучшает диспергируемость, увеличивает растворимость и физиологическую активность (рисунок 5).

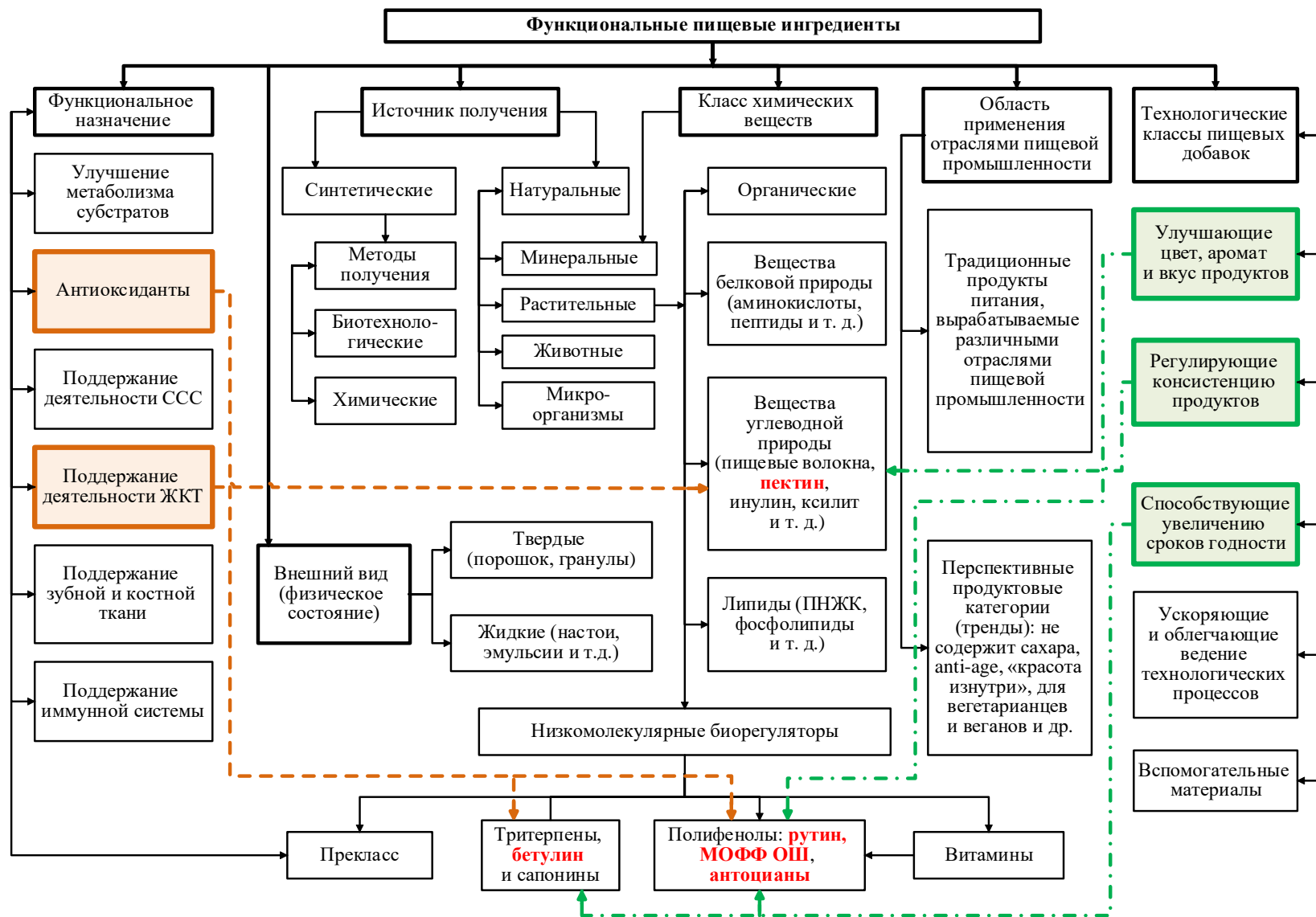


Рисунок 4 – Обобщенная классификация функциональных пищевых ингредиентов

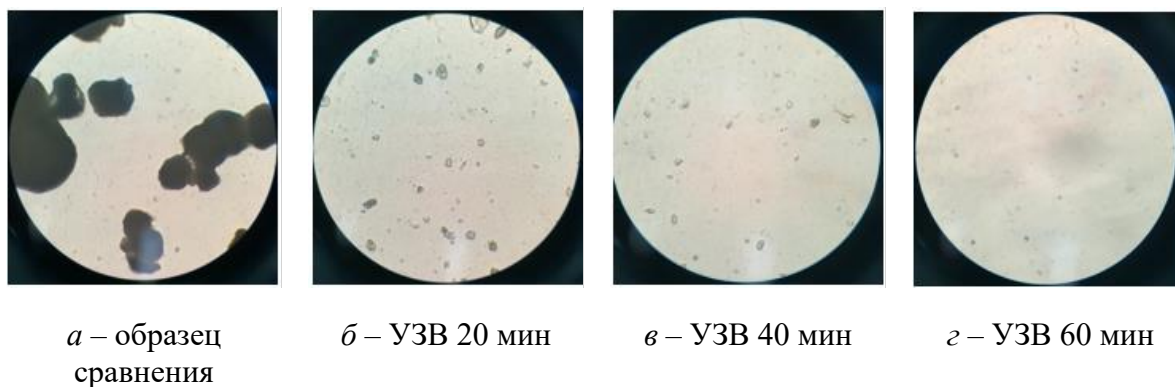


Рисунок 5 – Морфология частиц бетулина в исследуемых образцах ($\times 100$)

Исследуемая система бетулина является полидисперсной, дифференциальная кривая распределения имеет один максимум, соответствующий наибольшему содержанию фракции (19,0 %) с размером частиц 10,5 мкм (рисунок 6).

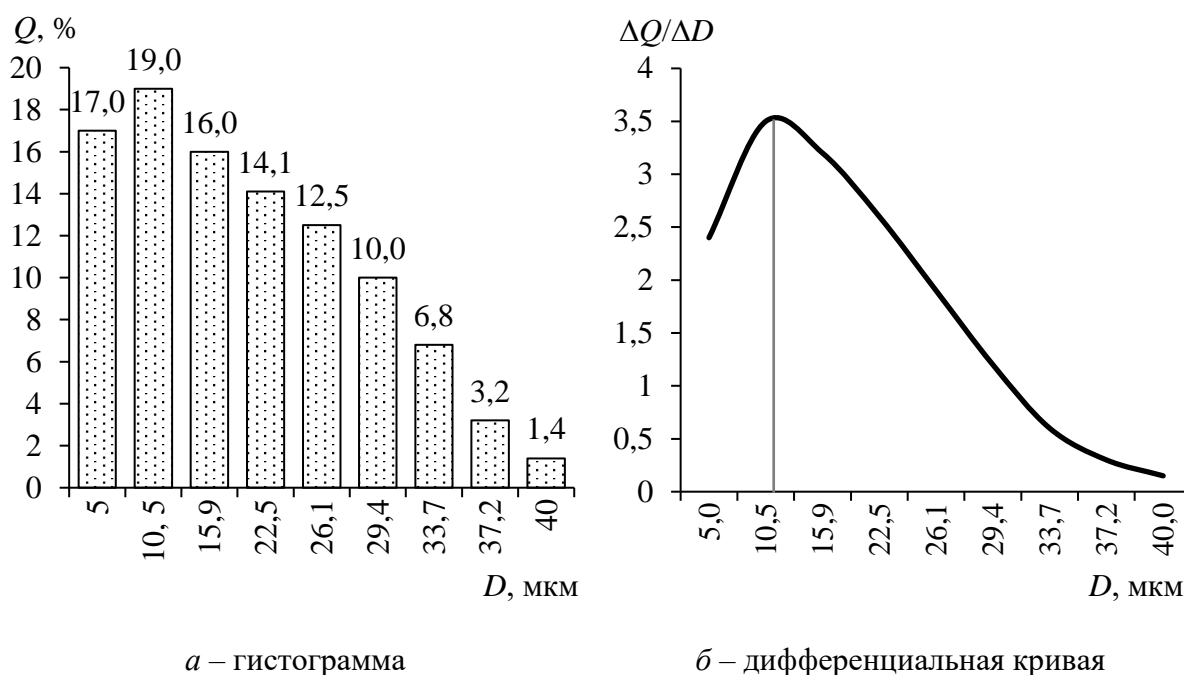


Рисунок 6 – Графическое представление распределения частиц бетулина по размерам в воде

Микронизированный образец бетулина обладает доказанной в эксперименте стабильностью, консервирующим действием и определенной *in vivo* гепатопротекторной и АОА в составе пищевых продуктов.

Предложена принципиальная технологическая схема получения ФПИ рутина из травы гречихи (рисунок 7), ключевым этапом которой является экстракция при УЗВ.

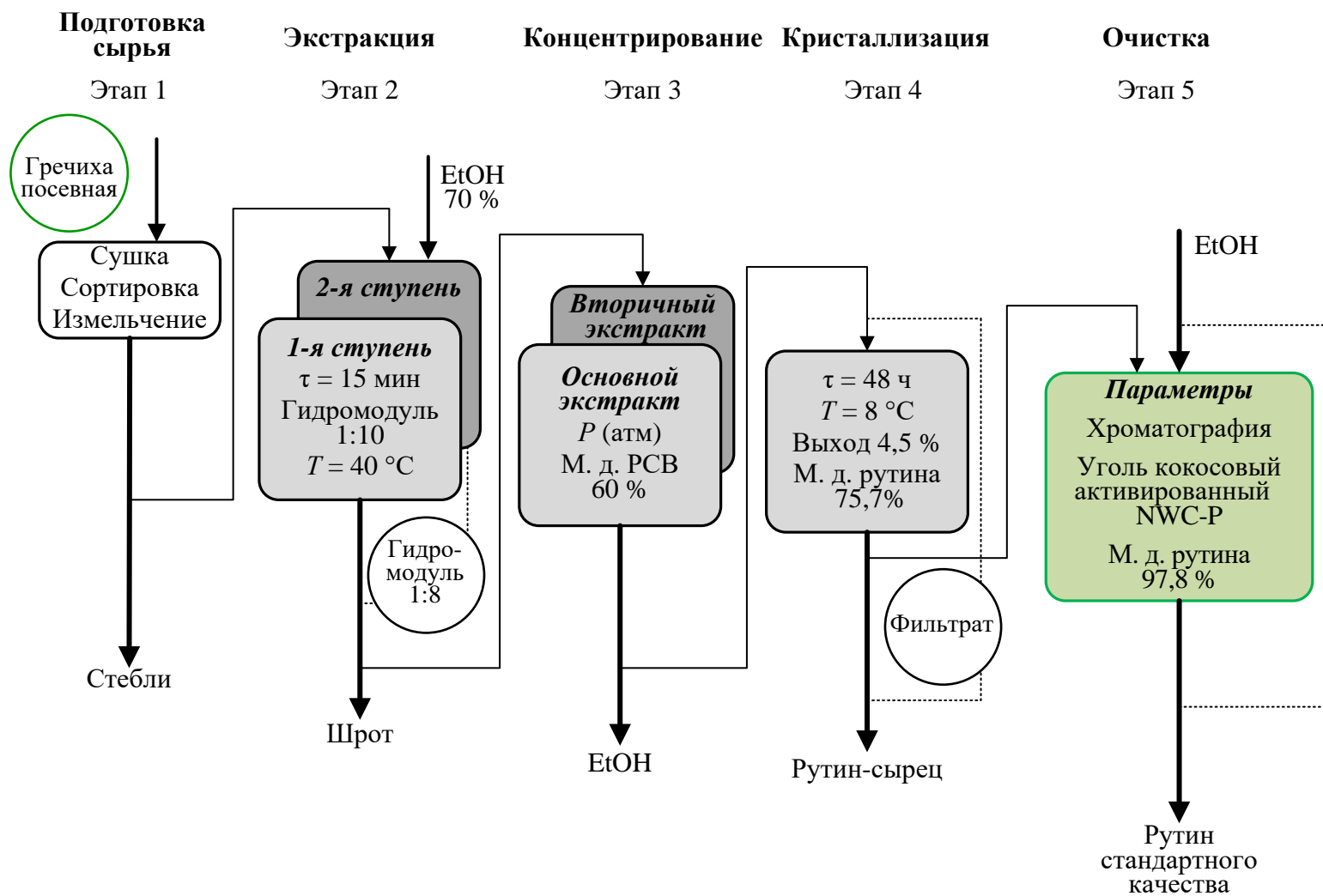


Рисунок 7 – Блок-схема выделения рутина из гречихи посевной

Для расчета оптимальной температуры кавитации разработана программа для ЭВМ (свидетельство № 2019615661), согласно которой в диапазоне концентраций этилового спирта 30–70 % оптимальная температура кавитации равна 40 °С, при крепости спирта 80 % необходимо повышение температуры до 55 °С (рисунок 8).

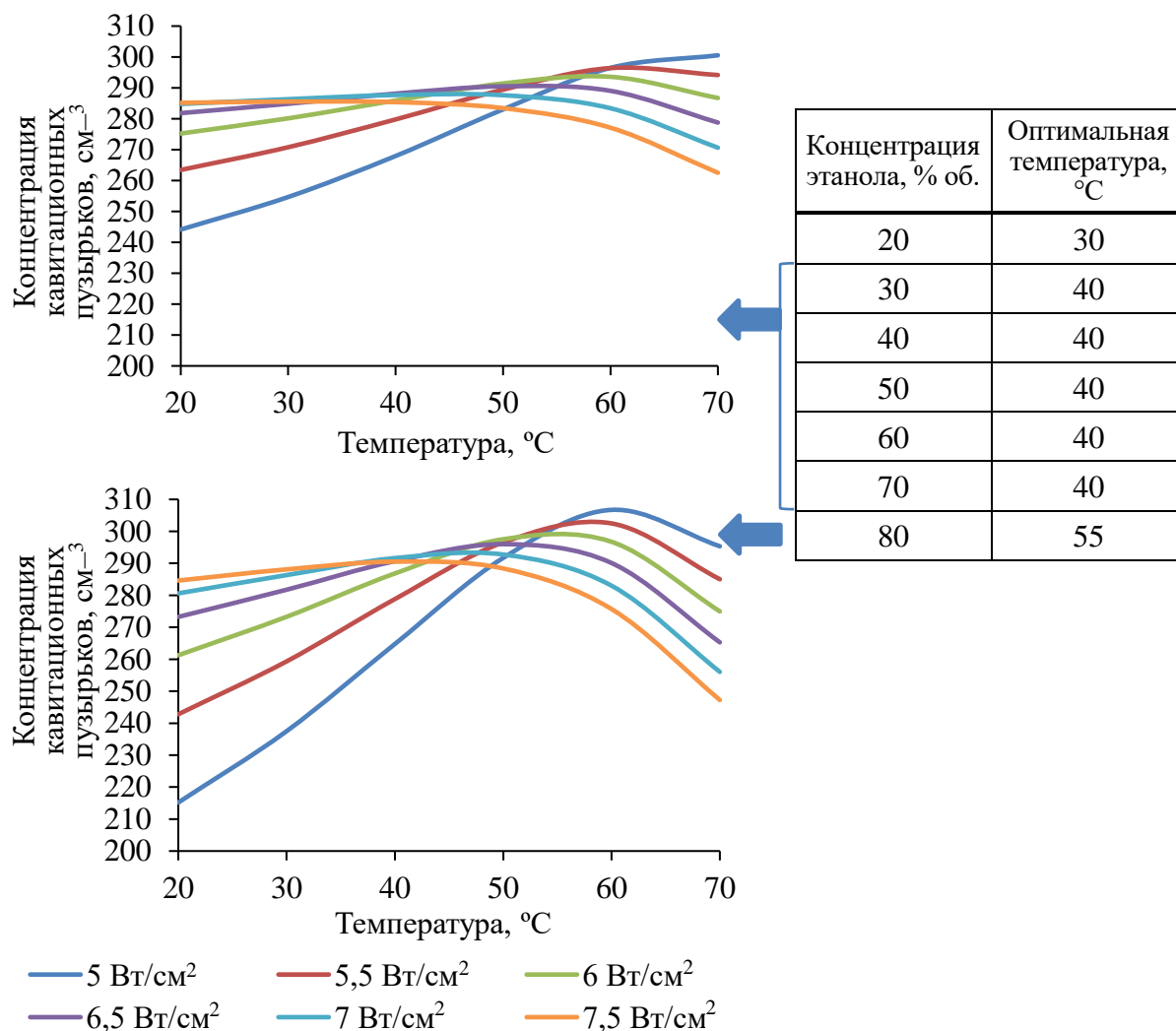


Рисунок 8 – Зависимость концентрации кавитационных пузырьков от температуры при различных интенсивностях УЗВ, Вт/см²

Если температура превышает оптимальную, происходит насыщение кавитационных пузырьков паром, приводящее к их схлопыванию с меньшей амплитудой ударной волны, за счет чего снижается эффективность экстракции БАВ.

Для повышения качества рутин проведена его очистка с применением сорбентов различной природы (силикагель, разные виды угля активированного, окись алюминия, полиамидная смола и цеолиты). Рутин лучшего качества получен при очистке с использованием активированного кокосового угля (таблица 5).

Таблица 5 – Физико-химические показатели образцов рутина

Образец	Цвет кристаллов	$T_{пл},$ °С	Размер кристаллов, мкм	Содержание рутина, %	Флавоноиды, отличные от рутина*	УФ-спектроскопия	
						$D_{max I},$ нм	$D_{max II},$ нм
Рутин-сырец	Серовато-зеленый	178	1,66–203,13	75,74	1; 2; 3	258,0	361,0
Очищенный образец	Желтый с зеленоватым оттенком	189	0,66–153,15	97,88	1; 2	258,0	361,0
ГСО	Желто-зеленый	190	0,33–153,30	98,56	1; 2	258,0	361,0

Примечание – * По данным тонкослойной хроматографии: 1 – кемпферол-3-О-рамнозид; 2 – изокверцетин; 3 – кверцетин.

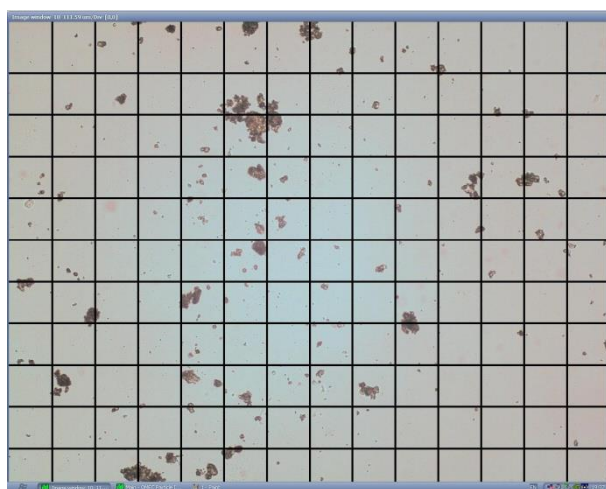
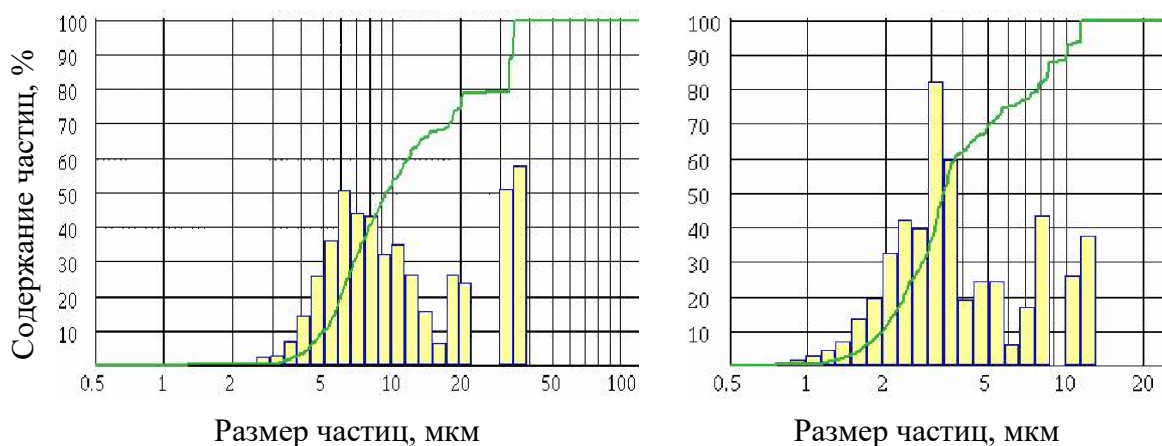
Из таблицы 5 видно, что опытный образец рутина по содержанию основного вещества, цвету и физико-химическим показателям идентичен ГСО; апробирован для калибровки спектрофотометра Shimadzu UV-1800 при определении флавоноидов в растительном сырье и пищевых продуктах. Расхождение с образцом ГСО составило менее 0,5 %. По показателям антибактериальной и АОА, исследованных *in vitro*, опытный образец рутина рекомендован в качестве консерванта для соуса майонезного.

В качестве ФПИ исследован комплекс флавоноидов облепихового шрота, биодоступность которого увеличена микронизацией УЗВ мощностью 50 Вт, в течение 10 мин. Данные дисперсионного анализа представлены на рисунке 9.

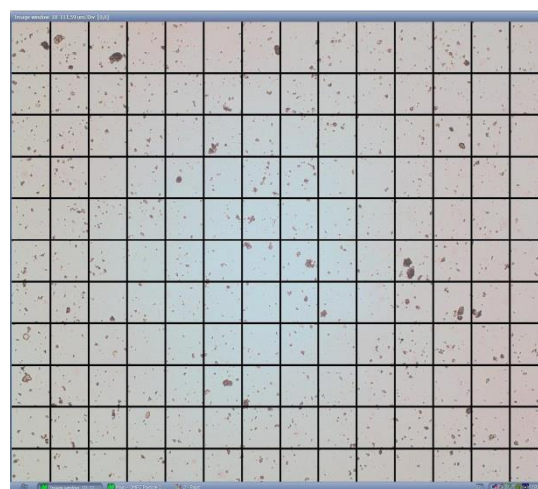
Электронно-микроскопическое исследование показало, что в результате микронизации размер частиц фракции флавоноидов уменьшается с 6 300 нм (контроль) до 1 400 нм; частицы контрольного образца крупные, неправильной формы, собраны в ансамбли, в то время как частицы МОФФ ОШ имеют форму близкую к сферической и равномерно распределены по объему, что улучшает технологические свойства и увеличивает биодоступность ФПИ, в том числе в составе пищевых систем. Методом ВЭЖХ в составе МОФФ ОШ идентифицированы рутин, кемпферол, кверцетин и изорамнетин при следующем соотношении компонентов, %: 0,1; 0,8; 34,3 и 64,2.

Доказательством АОА МОФФ ОШ являются результаты исследований *in vitro*: скорость ГР реакции снижалась на 15 %, а КАТ реакции – на 23 % относительно контроля (вода).

При микробиологическом исследовании установлено, что МОФФ ОШ обладает бактериостатической активностью в отношении *E. coli*, *P. aeruginosa* и *S. aureus*, а также фунгистатической активностью к *C. albicans*, в концентрациях 3 000; 3000; 2 000 и 1 000 мкг/мл соответственно, что доказывает возможность его использования в продуктах питания в качестве консерванта.



а – до микронизации



б – МОФФ ОШ

Рисунок 9 – Результаты статистического анализа данных распределения частиц флавоноидной фракции облепихового шрота по размерам ($\times 100$)

Влияние рутина и МОФФ ОШ на процессы свободнорадикального окисления подтверждено в исследовании *in vivo* на модели воспалительной реакции, вызванной формалиновым отеком задних лап крыс в дозе 25 мг/кг (таблица 6).

Таблица 6 – Показатели оксидантного и антиоксидантного статуса крови крыс

Образец	ОПА, %	ТБРП, мкМ	КАТ, %	СОД, %	АОА, %
Контроль (вода)	48,7	2,8	22,4	28,3	86,2
Рутин	32,1	2,1	11,2	22,9	82,8
МОФФ ОШ	28,0	2,3	2,6	22,8	84,1

Таким образом, флавоноиды препятствуют пероксидации липидов, достоверно понижая уровень продуктов их окислительного распада.

При проектировании пищевых продуктов с ФПИ флавоноидной природы необходимо учитывать их предельно допустимую дозировку 25 мг/кг в сутки, вызывающую активацию системы гемостаза, что является причиной тромбоэмболических осложнений. Однако адекватный уровень потребления флавоноидов – 30 мг/сут – в десятки раз меньше предельно допустимого значения.

Методом гидролиза-экстракции получена серия плодовых ПВ разных оттенков и интенсивности красного цвета, для которых, наряду с традиционными показателями качества, определены развернутая уронидная составляющая, гелеобразующая и сорбционная способность, позволяющие прогнозировать функциональную направленность этого класса структурообразователей в пищевых продуктах на стадии их проектирования.

В таблице 7 впервые обобщены свойства ПВ, выделенных из плодового сырья Алтайского края, положенные в основу разработанной базы данных (свидетельство № 2022621857).

Зависимость ПСОЕ от параметров, характеризующих строение макромолекул ПВ (СЭ, молярная масса и м. д. ацетильных групп), явилась основанием для классификации этой группы ФПИ по эффективности энтеросорбирующего действия на шесть классов (рисунок 10).

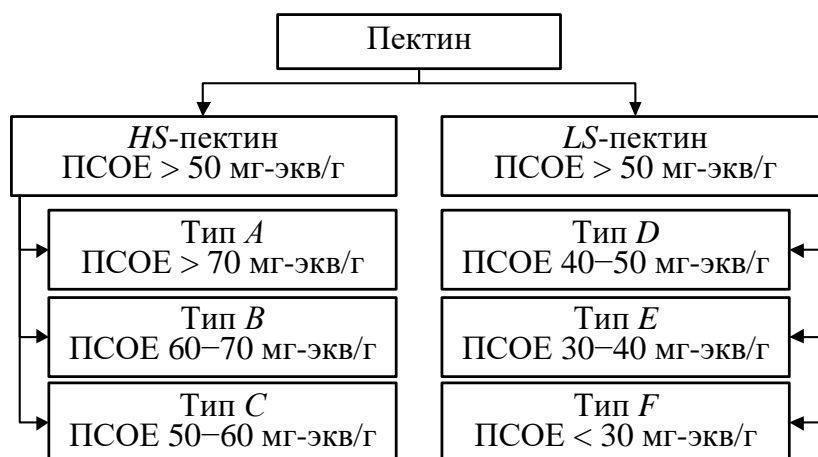


Рисунок 10 – Классификация ПВ по энтеросорбирующему действию

Предложенная классификация может быть использована при проектировании пищевых продуктов: низкосорбирующие *HS*-пектины следует включать в рационы людей, находящихся в местах с неблагоприятной экологической обстановкой, и рабочих производств с вредными условиями труда, а высокосорбирующие *LS*-пектины – для профилактического питания людей всех возрастов для усиления моторных функций кишечника.

В рамках решения *четвертой задачи* запатентован экспрессный метод определения количественного содержания красных колорантов в продуктах переработки плодов (патент РФ № 2768114).

Таблица 7 – Основные свойства ПВ, обуславливающие направления их использования в пищевых системах ($n = 5, M \pm m$)

Вид сырья	СЭ, %	Массовая доля			Вязкость $\eta_{\text{хар}}$	Молярная масса, г/моль	ПСОЕ по катионам двухвалентных металлов, мг-экв/г	КС, мг Pb ²⁺ /г ПВ
		ацетильных групп	карбоксильных групп					
			свободных	связанных				
Арония черноплодная	74,6 ± 0,2	0,086 ± 0,002	1,17 ± 0,03	12,78 ± 0,02	7,5	60 491	73,2 ± 0,3	950,2
Брусника обыкновенная	67,7 ± 0,3	0,033 ± 0,004	13,37 ± 0,02	9,72 ± 0,01	6,2	51 752	69,0 ± 0,3	959,2
Вишня обыкновенная	35,2 ± 0,5	0,001 ± 0,001	11,07 ± 0,02	5,86 ± 0,02	0,6	7 631	52,9 ± 0,3	1 022,3
Голубика обыкновенная	65,0 ± 0,3	0,210 ± 0,004	4,30 ± 0,02	11,14 ± 0,01	6,0	50 380	68,5 ± 0,3	963,4
Жимолость обыкновенная	63,0 ± 0,1	0,034 ± 0,003	5,71 ± 0,01	10,53 ± 0,04	2,7	26 182	66,3 ± 0,3	966,3
Клюква болотная	70,0 ± 0,1	0,047 ± 0,005	1,53 ± 0,03	11,78 ± 0,03	6,5	53 796	70,9 ± 0,3	956,8
Крыжовник обыкновенный	58,9 ± 0,4	0,124 ± 0,003	7,16 ± 0,04	8,97 ± 0,01	5,4	46 212	53,4 ± 0,3	–
Малина обыкновенная	67,6 ± 0,2	0,021 ± 0,003	3,15 ± 0,04	11,53 ± 0,02	11,0	–	–	–
Облепиха крушиновидная	25,3 ± 0,5	0,038 ± 0,002	15,30 ± 0,02	4,25 ± 0,01	0,2	3 101	39,3 ± 0,3	1 049,6
Рябина обыкновенная	54,0 ± 0,3	0,043 ± 0,001	7,43 ± 0,04	8,87 ± 0,01	6,4	53 117	60,5 ± 0,3	987,4
Смородина красная	37,0 ± 0,4	0,086 ± 0,001	9,80 ± 0,01	6,07 ± 0,03	5,2	44 804	54,1 ± 0,3	1 018,7
Смородина черная	60,4 ± 0,2	0,058 ± 0,002	6,84 ± 0,03	9,85 ± 0,03	5,7	48 306	64,2 ± 0,3	971,4
Черника обыкновенная	64,5 ± 0,3	0,193 ± 0,002	4,53 ± 0,05	10,98 ± 0,02	5,8	48 999	67,4 ± 0,3	964,7

Цветометрические характеристики предложено определять при визуальном сравнении цвета анализируемых экстрактов с разработанной шкалой цветности по интенсивности окраски растворов хлорида кобальта (II) различной концентрации, выраженной через цветное число по градуировочному графику, построенному в координатах «цветное число, ед. – м. д. антоцианов, %» (рисунок 11).

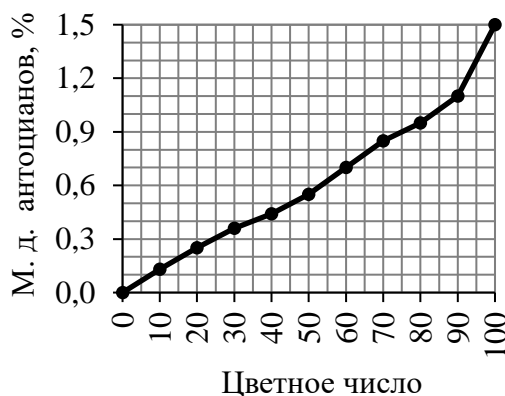


Рисунок 11 – Градуировочный график для экспрессного определения антоцианов

Метод достоверно апробирован на семи видах плодов, их водно-этанольных экстрактах и выжимках. Сходимость метода в сравнении с ГОСТ 32709-2014 подтверждена на уровне 12 %, что обуславливает его применение при проектировании составов, выявлении фальсификаций и установлении качества пищевых продуктов.

Таким образом, сформирован методологический подход к проектированию пищевых продуктов с заданными технологическими функциями и физиологическим действием, определяющим их функциональные свойства, который графически представлен на рисунке 12.

Предлагаемая методология основана на использовании полученных из ВРРС ФПИ, качество, безопасность и эффективность которых подтверждена в экспериментальных исследованиях.

Глава 5. Научно-практическое обоснование и разработка специализированных десертных соусов с использованием пектина, выделенного из плодового сырья. Для решения *пятой задачи* оптимизирована унифицированная рецептура десертного соуса с заменой части ПВ выжимками брусники обыкновенной, дозировка которых рассчитана с учетом содержания ПВ в готовом соусе (таблица 8).

Таблица 8 – Ингредиентный состав образцов десертных соусов, %

Ингредиент	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Брусничное пюре	51,45	48,57	47,31	46,10
Сахар-песок	48,00	45,53	44,35	43,22
Лимонная кислота	0,30	0,30	0,29	0,28
Пектин брусничный	0,25	0,12	0,05	0,00
Выжимки брусники	0,00	5,48	8,00	10,40

В эксперименте установлено соответствие качества образцов десертных соусов требованиям ГОСТ 18077-2013. Показано, что внесение выжимок оказывает наибольшее влияние на органолептические показатели «внешний вид» и «консистенция».

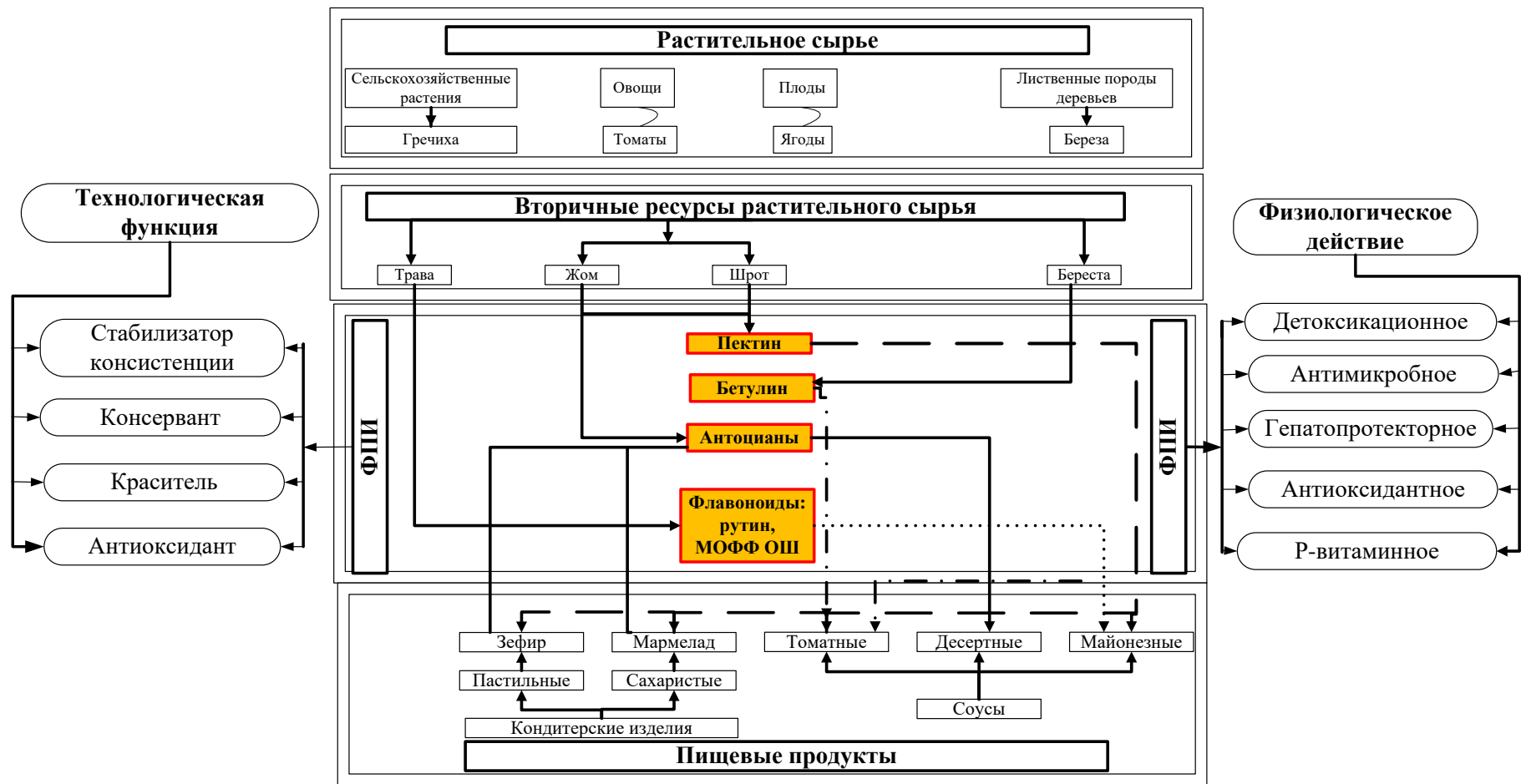


Рисунок 12 – Визуализация методологии проектирования пищевых продуктов с заданными свойствами с использованием ФПИ

В отличие от других образцов, образец 4 при стекании частично рывается, в нем особенно ощутимы крупинки выжимок, что хорошо согласуется со значениями физико-химических показателей исследуемых образцов десертного соуса (таблица 9).

Таблица 9 – Физико-химические показатели образцов десертного соуса с выжимками брусники ($n = 3, M \pm m$)

Показатель	Образец 1 (контроль)	Образец 2	Образец 3	Образец 4
М. д. РСВ, %	55,40 ± 0,02	57,10 ± 0,02	57,80 ± 0,02	58,60 ± 0,02
М. д. влаги, %	44,49 ± 0,02	42,87 ± 0,01	42,16 ± 0,02	40,96 ± 0,02
М. д. золы, %	0,154 ± 0,002	0,235 ± 0,004	0,284 ± 0,004	0,329 ± 0,003
ТК, %	2,73 ± 0,03	2,75 ± 0,03	2,76 ± 0,03	2,79 ± 0,03
Плотность, кг/м ³	1 405,37 ± 0,04	1 405,89 ± 0,02	1 406,12 ± 0,03	1 408,16 ± 0,02
Вязкость, 10 ³ Па·с	8,32 ± 0,01	8,34 ± 0,02	8,35 ± 0,01	8,37 ± 0,01

В эксперименте установлено, что концентрация выжимок не оказывает существенного влияния на плотность и вязкость соуса. Однако при содержании выжимок более 8 % ухудшается восприятие вкуса и нарушается целостность продукта при стекании. Срок хранения соусов после вскрытия упаковки при $T = (5 \pm 1) ^\circ\text{C}$ составил 6 недель (коэффициент запаса 1,5).

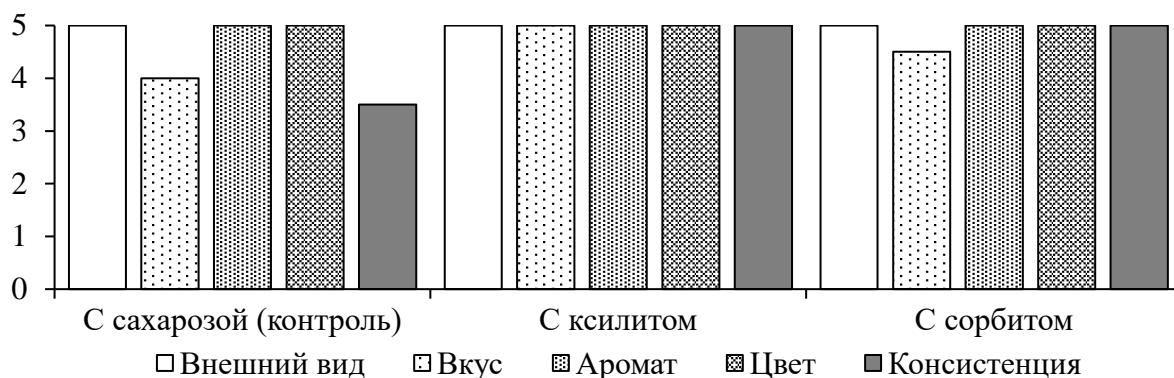
Употребление одной порции десертного соуса (30 г) удовлетворяет адекватную норму потребления ПВ, ФВ, антоцианов и витамина С на 2,5 %; 100 %; 153 % и 1,7 % соответственно, что позволяет отнести разработанные составы к продуктам функционального назначения.

Таким образом, введение в рецептуру десертных соусов выжимок, содержащих сопоставимое с плодами количество БАВ, позволяет уменьшить объем используемого пюре без потери качества и биологической ценности соусов, снизить расходы на сырье в среднем на 11,5 % и решить проблему утилизации ВРРС.

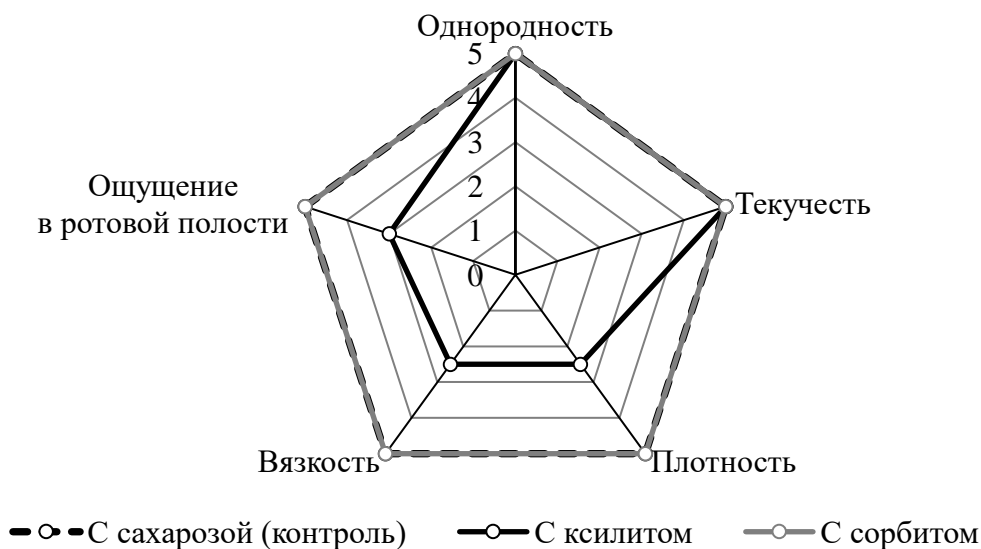
Разработаны составы специализированного десертного соуса с низким ГИ, выработанные с использованием подсластителей ксилита и сорбита и структурообразователя ПВ из смородины черной (0,92 % от массы соуса), СЭ которого (60,4 %) способствует связыванию полиолов, разжижающих консистенцию, и образованию вязкотекучей структуры соуса (*пятая задача*).

Дозировка подсластителей рассчитана в соответствии с коэффициентом сладости и с учетом количества, не вызывающего расстройство ЖКТ (до 30–40 г/сут), %: сахароза – 29,2; ксилит – 29,9; сорбит – 34,1.

В ходе дегустации установлено, что внесение подсластителей оказало существенное влияние на вкус и консистенцию опытных образцов десертных соусов (рисунок 13а). Для показателя «консистенция» уточнены отличительные особенности (рисунок 13б).



а



б

Рисунок 13 – Органолептическая оценка качества образцов десертного соуса с полиолами, балл

Консистенция образцов с подсластителями однородная по всему объему, умеренно текучая, в то время как образец с сахарозой быстро растекается по гладкой поверхности, что связано с эмульгирующей способностью ксилита и сорбита. С консистенцией связано и восприятие вкуса образцов с полиолами; он объемный, хорошо раскрывается в ротовой полости.

По результатам оценки физико-химических показателей качества (таблица 10) установлено, что ТК выше у образцов с подсластителями, которые являясь многоатомными спиртами, проявляют слабокислые свойства и синергизм в отношении кислот, что способствует подавлению микробиологической порчи продукта.

Хранение соусов в герметично закрытой упаковке осуществляли при $T = (5 \pm 1) ^\circ\text{C}$ в течение 12 мес. Исследуемые образцы имеют стабильно высокое качество, и при замене сахарозы на полиолы корректировки условий хранения не требуется.

Таблица 10 – Физико-химические показатели экспериментальных образцов десертных соусов ($n = 3, M \pm m$)

Показатель	Образец		
	с сахарозой (контроль)	с ксилитом	с сорбитом
М. д. РСВ, %	51,1	53,1	54,3
М. д. золы, %	$0,519 \pm 0,002$	$0,521 \pm 0,002$	$0,498 \pm 0,002$
ТК, %	$1,675 \pm 0,003$	$2,345 \pm 0,003$	$2,546 \pm 0,003$
Плотность, кг/м ³	$1\ 198,70 \pm 0,04$	$1\ 187,50 \pm 0,02$	$1\ 174,50 \pm 0,02$

В процессе хранения образцов десертных соусов происходит монотонное снижение содержания БАВ, причем замена сахарозы на полиолы не изменяет сложившейся закономерности (рисунок 14).

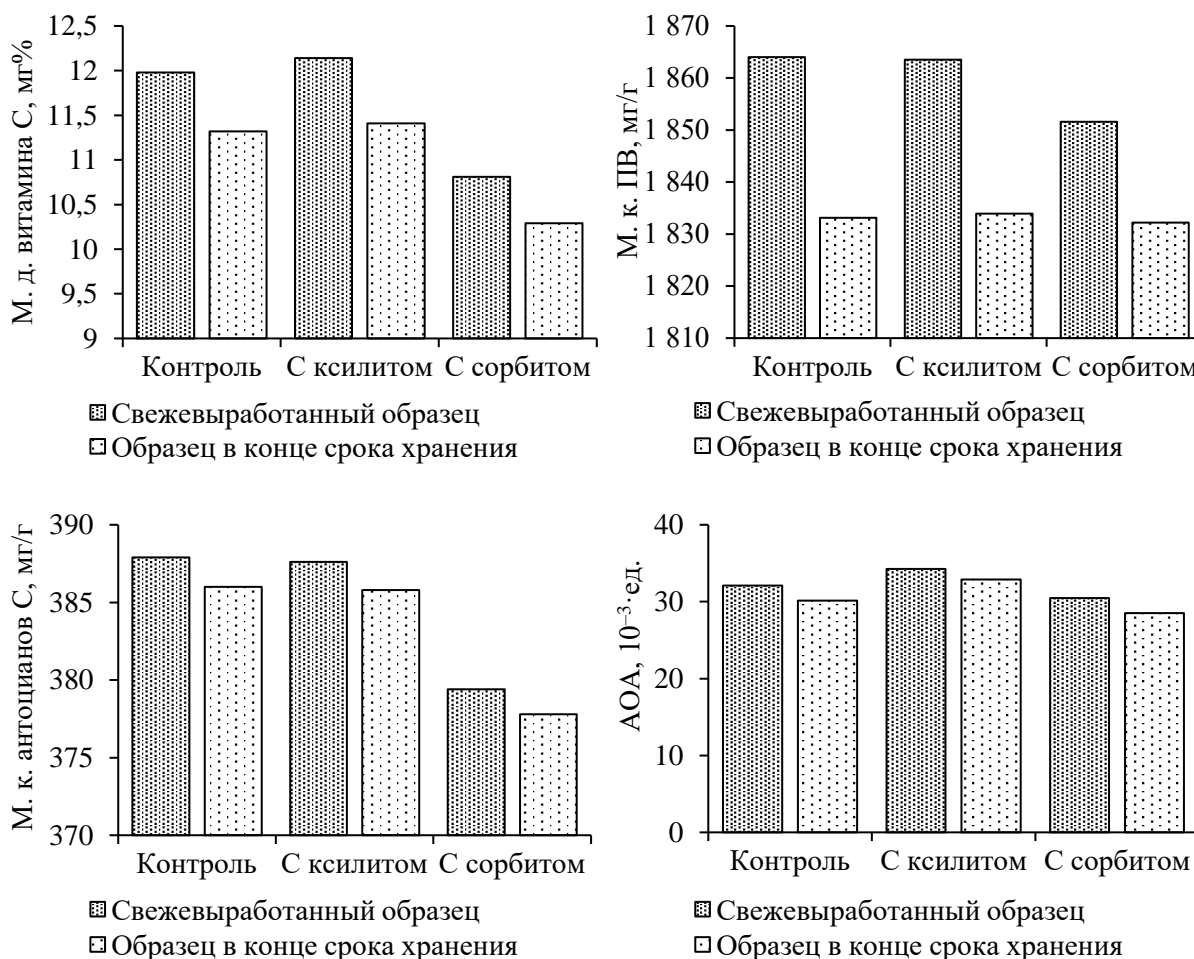


Рисунок 14 – Изменение содержания БАВ образцов десертного соуса по окончании срока хранения (12 мес.) в сравнении со свежесделанными образцами

Уменьшение содержания БАВ в образцах соусов составляет от минимального 0,5 % для антоцианов до максимального 6,5 % для витамина С.

Установлено, что одна порция специализированного соуса удовлетворяет потребность в витамине С на 3–4 %; в ФВ – на 186 %, в антоцианах – на 23 % от адекватного уровня потребления, что дает возможность отнести разработанные десертные соусы к категории функциональных.

Рассчитанный по гликемической нагрузке углеводов ГИ соусов соответствует категории продуктов с низким ГИ – менее 55 ед. (рисунок 15), что позволяет рекомендовать десертный соус с подсластителями для потребителей, страдающих заболеваниями эндокринной системы, и людей, следящих за калорийностью своего рациона.

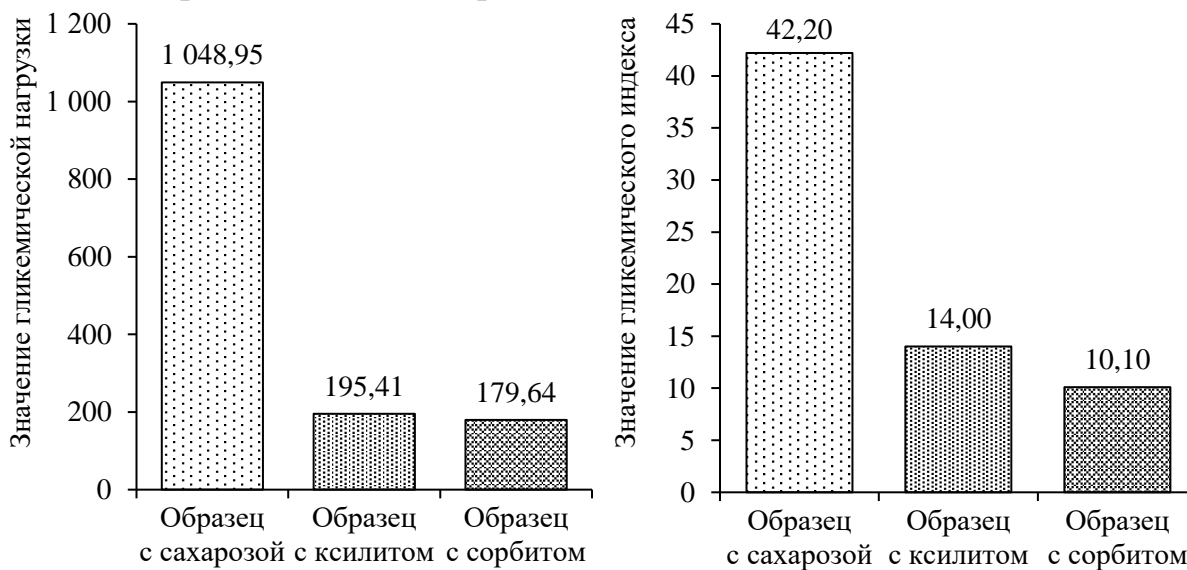


Рисунок 15 – Гликемическая нагрузка и гликемический индекс образцов десертного соуса, ед.

Новизна технических решений закреплена патентами РФ № 2713724 и № 2710169.

Глава 6. Растительные консерванты как фактор обеспечения стабильности и функциональных свойств майонезных и томатных соусов. В рамках решения *шестой задачи* разработаны составы эмульсионных и томатных соусов с использованием растительных консервантов рутина и бетулина и исследовано их влияние на состав, функциональные свойства и сроки годности соуса.

Состав и рецептурное соотношение ингредиентов соусов подобраны с учетом рекомендованного соотношения компонентов; количество растительных консервантов определено по адекватной норме потребления и составило для рутина – не менее 0,015 %, для бетулина – не менее 0,03 %.

Установлено, что внесение растительных консервантов не оказывает существенного влияния на показатели качества свежеприготовленных образцов майонезного соуса. Изучено влияние консервантов на процессы окислительной порчи при $T = (4 \pm 1) ^\circ\text{C}$ в течение 28 сут после вскрытия упаковки майонезного соуса (рисунок 16).

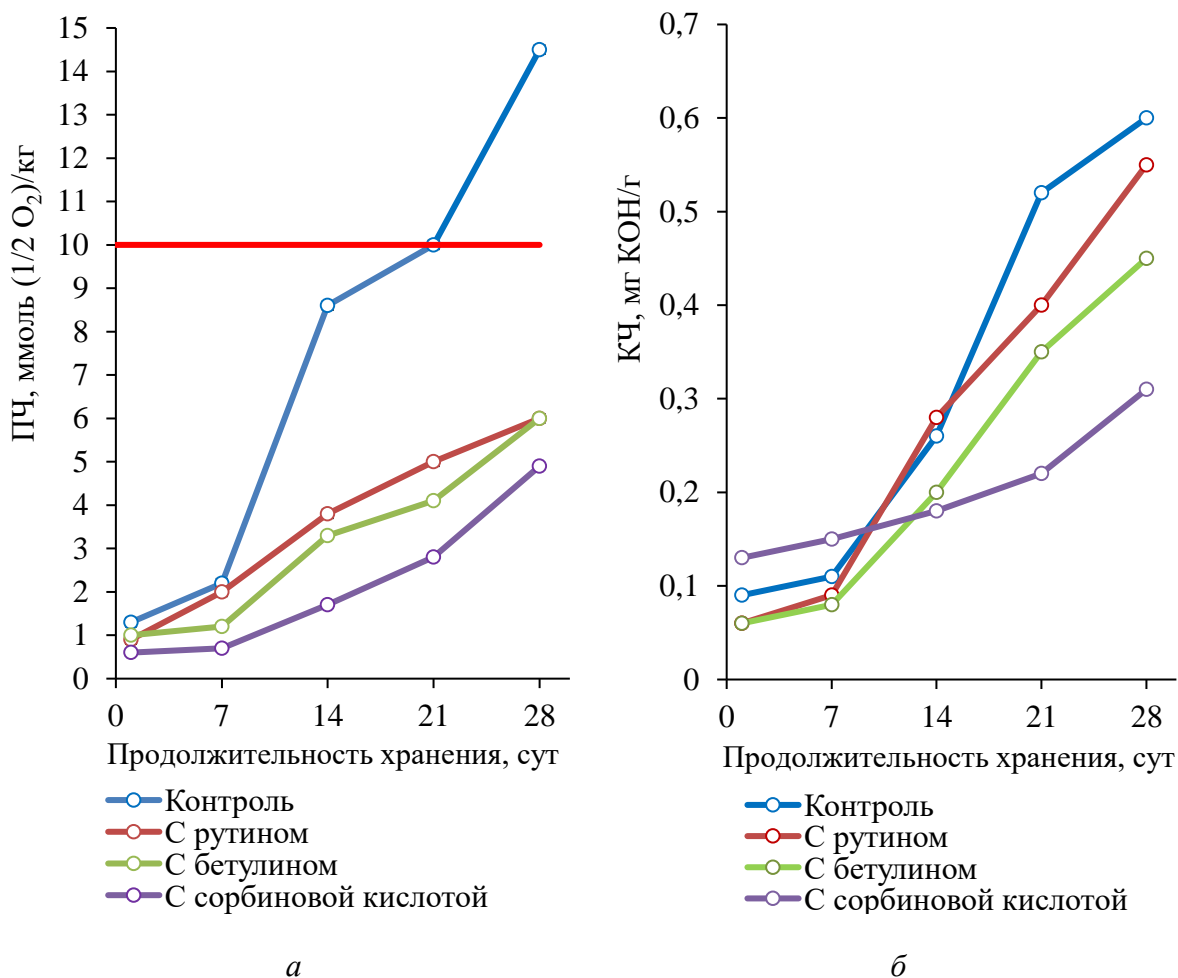


Рисунок 16 – Динамика ПЧ (а) и КЧ (б) образцов майонезного соуса

Установлено, что на 20-е сутки хранения ПЧ в контрольном образце достигло критического значения 10 ммоль (1/2 O₂)/кг, а значения опытных образцов в течение 30 сут оставались в пределах нормы.

При определении срока годности опытных образцов майонезных соусов в закрытой упаковке выявлено, что закономерности изменения физико-химических показателей контрольного и опытных образцов одинаковы: возрастает массовая доля РСВ; кислотность в контрольном образце имеет тенденцию к увеличению, в опытных образцах остается неизменной, что связано со способностью растительных консервантов блокировать окислительные процессы (таблица 11).

По данным проведенных исследований максимальное консервирующее действие из растительных ФПИ показал бетулин (коэффициент резерва 1,5), технологическое преимущество которого как компонента масложирового продукта (растворимость в масле, распределение в объеме соуса и др.) связано с его липофильностью.

Таблица 11 – Физико-химические показатели майонезных соусов по истечении 90 сут хранения

Образец	М. д. влаги, %	ТК, %	pH	Стойкость эмульсии, %	ПЧ*, ммоль (1/2 O ₂)/кг	КЧ, мг КОН/г
Норма по ГОСТ 31761-2012	–	Не более 1,0	3,5–5,0	98	–	–
С сорбиновой кислотой	19,80 ± 0,7	0,44 ± 0,01	3,7 ± 0,1	99	6,8 ± 0,1	0,4 ± 0,1
С бетулином	26,89 ± 0,7	0,36 ± 0,10	4,0 ± 0,1	99	8,0 ± 0,1	0,6 ± 0,1
С рутином	27,21 ± 0,7	0,41 ± 0,10	3,8 ± 0,1	99	8,8 ± 0,1	0,5 ± 0,1
Примечание – * Не более 10 по ТР ТС 024/2011.						

Гепатопротекторный эффект бетулина в составе майонезного соуса доказан в исследовании *in vivo* по показателям крови самцов белых крыс линии Wistar на фоне экспериментального токсического гепатита. В дозе 1 г (35 мг бетулина) майонез с бетулином предупреждает развитие цитолитического синдрома, что подтверждено результатами гистологического исследования гистопрепарата печени крыс: ткани печени крыс, получавших майонез с бетулином, находятся в лучшем состоянии в сравнении с инфицированной – очаги мелкокапельной дистрофии в один балл и без некробиотических изменений. Установлено ингибирование окисления липидов печени крыс, получавших майонез с бетулином (таблица 12).

Таблица 12 – Влияние майонеза с бетулином на показатели окислительного стресса крыс ($n = 10$, $M \pm m$)

Показатель крови	Контрольная группа 1 (интактная)	Контрольная группа 2 (с CCl ₄ -гепатитом)	Опытная группа 1 (CCl ₄ -гепатит + майонез с бетулином)
ОПА, %	28,7 ± 1,3	45,4 ± 1,6*	23,1 ± 1,8*
АОА, %	56,7 ± 2,2	67,3 ± 1,3*	58,2 ± 2,1
ТБРП, мкмоль	2,8 ± 0,2	5,7 ± 0,3*	2,6 ± 0,4
КАТ, %	15,4 ± 1,2	26,3 ± 1,6*	21,7 ± 0,3*
СОД, %	12,9 ± 0,8	26,9 ± 1,1*	29,2 ± 0,5*
Примечание – * $p \leq 0,05$ при сравнении с контрольной (интактной) группой 1.			

Учитывая характер процессов свободнорадикального окисления, моделируемых *in vivo*, можно сделать вывод, что майонез с бетулином способен подавлять процесс пероксидации посредством прямой нейтрализации свободных радикалов.

В отличие от эмульсионных, в пищевой системе томатных соусов бетулин не растворим, поэтому вносился в образцы в виде 0,2 % наносуспен-

зии в количестве 2 % (образец 2) и 0,5 % наноэмульсии – 0,8 % (образец 3), образец 1 – контроль без консервантов.

Установлено, что внесение бетулина не оказывает существенного влияния на показатели качества свежеприготовленных образцов томатного соуса. По истечении 12 мес. хранения образцов в герметично закрытой таре из полимерных материалов в контрольном образце на поверхности появилась свободная жидкость, консистенция стала заметно более жидкой; консистенция опытных образцов осталась без изменений. Динамика физико-химических показателей показана на рисунке 17.

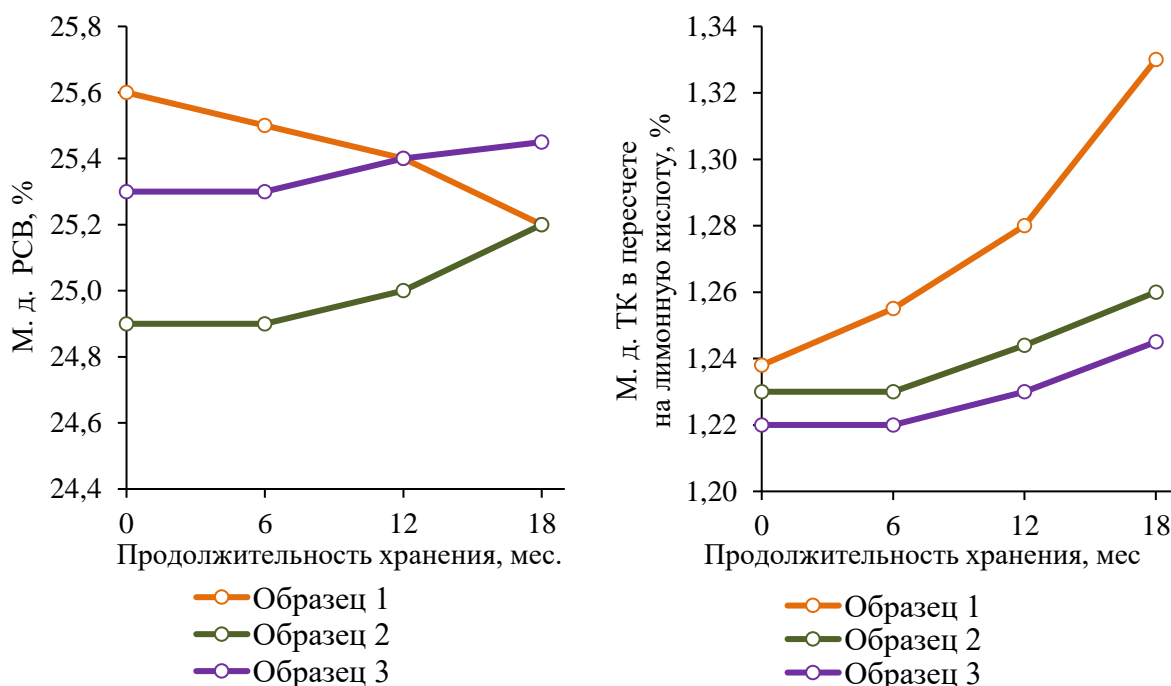


Рисунок 17 – Динамика РСВ и ТК в пересчете на лимонную кислоту образцов томатных соусов при хранении

В результате протекания окислительных процессов в контрольном образце наблюдается снижение массовой доли РСВ на 0,4 %, в отличие от образцов с бетулином; кислотность имеет тенденцию к увеличению во всех образцах, более выраженную в контрольном образце. Безопасность разработанных составов томатного соуса на соответствие требованиям ТР ТС 021/2011 по микробиологическим показателям подтверждена, в том числе в процессе хранения (коэффициент резерва 1,5).

Глава 7. Исследование рынка и потребительских ожиданий в отношении соусов с ФПИ в составе. На основе многокритериальной оценки качества с учетом значимых для потребителя свойств и анализа рынка соусов обоснована необходимость корректировки составов соусов за счет растительных ФПИ (*восьмая задача*).

При исследовании маркировки 43 наименований российских и импортных соусов выявлено отсутствие ФПИ в составе; анализ доступной ин-

формации показал, что ни одно из предприятий-изготовителей не занимается производством соусов специализированного назначения. Данный факт говорит о том, что разработка соусов с ФПИ в составе и специализированных имеет свободную нишу на продовольственном рынке, а расширение рынка необходимо планировать с учетом предпочтений потребителей.

Наиболее важными потребительскими свойствами респонденты обозначили вкус (95 %) и наличие натуральных компонентов (80 %), однако, несмотря на привлекательность соусов с растительными ФПИ, решающую роль в принятии решения о покупке играет цена предлагаемого соуса, что отметили около 50 % опрошенных.

В ходе анкетирования установлено, что регулярно приобретать соусы с растительными ФПИ готовы 15 % потребителей, 56 % – иногда, 12 % не видят в этом смысла, т. е. большинство покупателей заботятся о своем здоровье, их интересует не только вкус и стоимость, но и наличие натуральных ингредиентов в составе приобретаемых пищевых продуктов.

С учетом данных опроса и результатов оценки качества образцов с использованием обобщенной функции желательности Харрингтона определены оптимальные рецептуры соусов (таблица 13).

Таблица 13 – Оптимальные рецептуры разработанных соусов

Ингредиент	Расход, %	Ингредиент	Расход, %
Соусы фруктовые (десертные)			
Пюре брусники	47,31	Пюре смородины черной	83,79
Сахар-песок	44,35	Ксилит	15,00
Лимонная кислота	0,29	Лимонная кислота	0,29
Пектин брусничный	0,05	Пектин черносмородиновый	0,92
Вьжимки брусники	8,00		
Соус эмульсионный (майонезный)		Соус овощной (томатный)	
Масло растительное	64,00	Томаты свежие	92,07
Яичные желтки	15,00	Сахар-песок	4,57
Вода питьевая	13,97	Соль поваренная	1,34
Горчица сухая	3,00	ФПИ бетулин (0,2 % суспензия в воде)	2,02
Соль поваренная	1,00		
Сахар-песок	3,00		
ФПИ бетулин	0,03		

Влияние растительных ФПИ на реологические характеристики соусов как наиболее важные свойства для поддержания требуемой консистенции соуса детально рассмотрены в главе 8.

Глава 8. Формирование товароведно-технологических свойств пищевых систем, структурированных пектином, на основе их реологических характеристик. Исследованы структурно-механические свойства плодовых ПВ для определения реологических характеристик, формирующих консистенцию структурированных пищевых систем (*седьмая задача*).

Рассмотрены восемь образцов ПВ, СЭ которых варьирует от 25,3 % (облепиха крушиновидная) до 74,6 % (арония черноплодная) и является критерием выбора требуемой структуры и консистенции упругопластичных (мармелад, зефир) и вязкопластичных (соусы) пищевых продуктов.

Для образцов гелей ПВ, полученных по первому типу, определены плотность и упругость (рисунок 18).

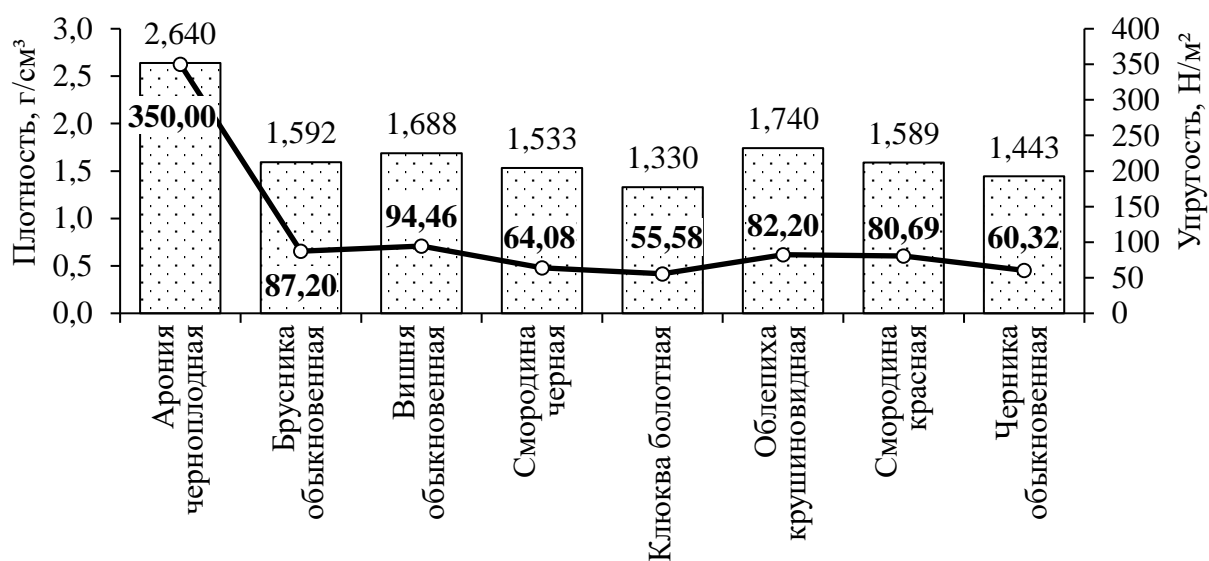


Рисунок 18 – Плотность и упругость образцов гелей пектина

Высокие показатели плотности (2,64 г/см³) и упругости (350 Н/м²) геля обнаружены у ПВ аронии черноплодной, использованных для разработки пастильного кондитерского изделия зефира (рисунок 19).

Консистенция слегка затяжистая, что характерно для изделий с ПВ; структура равномерная, пенообразная. Плотность опытного образца зефира (0,5 г/см³) находится в пределах регламентированного значения. Массовая доля ПВ (4,5 ± 0,1) % позволяет отнести опытный образец к продуктам с повышенными функциональными свойствами.

Выбор ПВ из выжимок брусники для выработки партии мармелада обусловлен высокой СЭ (67,7 %), кислотностью и хорошими реологическими характеристиками геля (плотность 1,59 г/см³; упругость 82,2 Н/м²).



Рисунок 19 – Фотография внешнего вида зефира

Увеличение прочности студня приводит к уплотнению мармеладной массы, ухудшая консистенцию и увеличивая вероятность синерезиса. У опытного образца мармелада консистенция студнеобразная, плотная, поддающаяся резке ножом (рисунок 20), массовая доля ПВ составила $(1,5 \pm 0,1) \%$, массовая доля антоцианов $(0,030 \pm 0,002) \%$. Отсутствие синтетических красителей и ароматизаторов повышает потребительские достоинства исследуемого мармелада.



Рисунок 20 – Фотография внешнего вида мармелада

Анализ химического состава кондитерских изделий показал, что введение в рецептуру ПВ из плодового сырья ведет к увеличению содержания не только пищевых волокон, но и органических кислот и минеральных веществ (Na, K, Mg), способствующих увеличению упругости и плотности геля.

Реологические свойства соусов служат оценкой консистенции и вязкости, которые отражают их текстуру и являются отличительными признаками этого вида продукта. Для исчерпывающего анализа вязкости десертных соусов на основе черносмородинового ПВ с подсластителями определены зависимости вязкости от напряжения сдвига, кривая течения и тиксотропия. Выбор ПВ из смородины черной обусловлен относительно невысокими значениями плотности ($1,533 \text{ г/см}^3$) и упругости ($64,08 \text{ Н/м}^2$) геля, способствующими созданию вязкотекучего продукта, с учетом разжижающего действия ксилита и сорбита. На рисунке 21 приведены графики зависимости вязкости образцов соусов от напряжения сдвига.

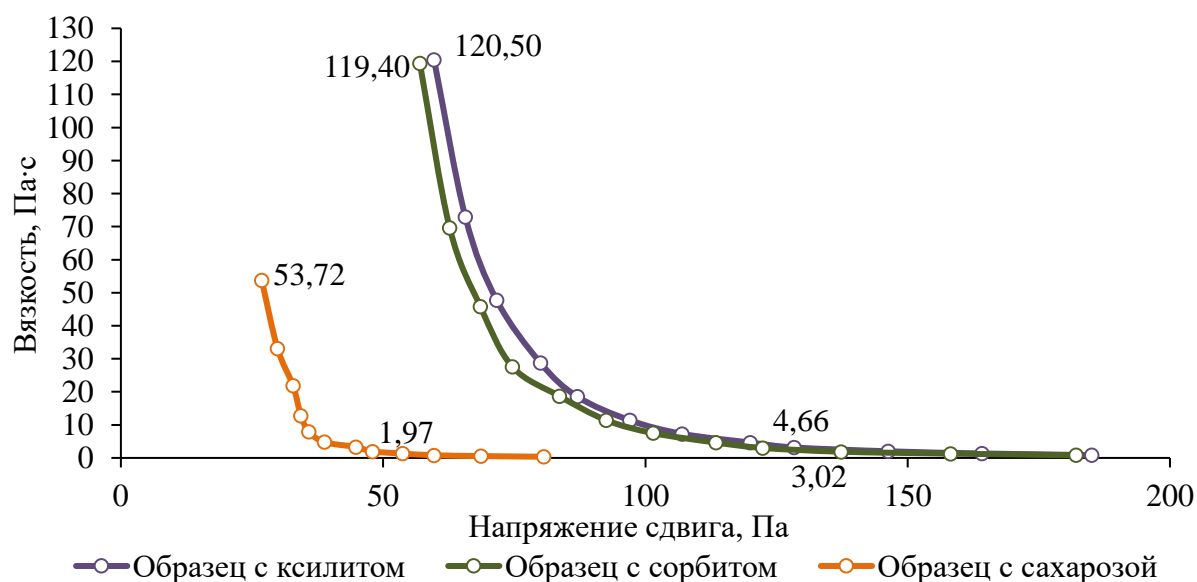


Рисунок 21 – Зависимость вязкости образцов соусов от напряжения сдвига

По форме кривых соусы относятся к неньютоновским жидкостям и обладают свойствами псевдопластичной среды. При достижении макси-

мальной ньютоновской вязкости вязкость соусов резко падает; при минимальной ньютоновской вязкости структура соусов разрушается, так как вязкость перестает зависеть от напряжения сдвига. Поскольку наибольшее значение эффективной вязкости наблюдается у образцов с полиолами, они обладают лучшей консистенцией, чем образец с сахарозой.

Для образцов с ксилитом и сорбитом предел текучести в два раза больше (164,18 и 158,21 Па), чем у соуса с сахарозой (77,12 Па), поэтому соусы с подсластителями будут лучше сохранять форму при подаче на блюде, так как в меньшей степени подвержены растеканию.

При определении эффективной вязкости все образцы десертных соусов показали высокие вязкоупругие свойства, так как разрушение структуры происходило при низких значениях минимальной ньютоновской вязкости (менее 9,0 Па·с). Это связано со способностью ПВ к набуханию при адсорбции свободной влаги, которая действует как пластификатор в структуре пищевых продуктов, причем с уменьшением СЭ пектиновый гель укрепляется за счет образования дополнительных водородных связей. Подобное целенаправленное снижение доли свободной влаги является фактором упрочнения геля и необходимым условием при выборе ПВ.

Для формирования оптимальных реологических свойств десертных соусов, установлены дозировки ФПИ, которые соответствуют данным таблицы 13. Показано, что исследования реологии пищевых продуктов имеют ключевое значение для проектирования рецептур и оптимизации технологического процесса (достижение однородности при смешивании компонентов, равномерность нагрева и т. д.), что способствует получению пищевого продукта с оптимальной консистенцией.

Таким образом, разработаны рецептуры пищевой добавки и пищевых продуктов: сахаристых кондитерских изделий (зефир, мармелад) и соусов (фруктовых, эмульсионных и овощных) с использованием растительных ФПИ, в том числе функционального назначения, проявляющих доказанную в эксперименте медико-биологическую эффективность (рисунок 22).

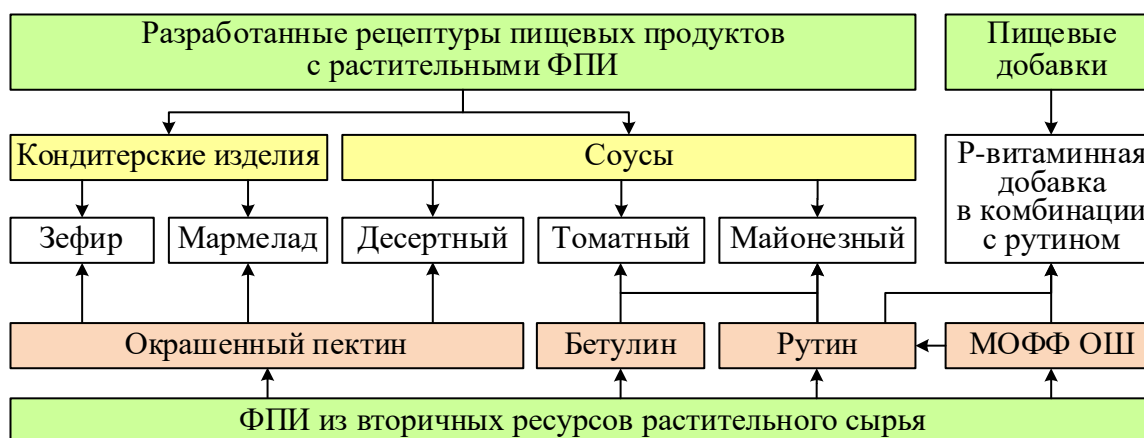


Рисунок 22 – Перечень разработанных пищевых продуктов и добавок с растительными ФПИ

Заключение

В результате диссертационного исследования научно обоснована и прошла апробацию предложенная методология получения пищевых продуктов стандартного качества с использованием выделенных из вторичных ресурсов растительного сырья ФПИ, с подтверждением их безопасности и медико-биологической эффективности.

Основные результаты работы обобщены в следующих выводах:

1. На основании исследования доброкачественности, безопасности, содержания БАВ и экспериментально определенных коэффициентов их извлечения из 13 видов плодового сырья и продуктов его переработки (жомов и шротов), травы гречихи посевной и бересты березы белоствольных пород обоснована целесообразность их глубокой переработки с получением ФПИ: структурообразователи – окрашенные пектины, консерванты – бетулин, рутин и МОФФ ОШ.

2. Разработана обобщенная классификация ФПИ, которая гарантирует полноту охвата всего перечня известных ФПИ и дает исчерпывающую характеристику их ключевых свойств, необходимых для проектирования пищевых продуктов, с учетом оценки вклада как одного, так и нескольких ФПИ в функциональную направленность пищевого продукта, а в случае необходимости – расширения классификационных признаков, обеспечит включение в нее классификационных группировок без нарушения общей структуры.

3. Научно обоснована и разработана методология проектирования продуктов питания с доказанной эффективностью ФПИ в составе, основой которой послужили результаты экспериментальных исследований по получению ФПИ из вторичных ресурсов растительного сырья и их применению в технологиях пищевых продуктов. В рамках заявляемой методологии предложен новый классификационный признак, позволяющий систематизировать плодовые пектины по энтеросорбирующему действию, основанному на их сорбционной способности и продолжительности нахождения в ЖКТ, что позволит прогнозировать направления использования пектинов в пищевых продуктах лечебно-профилактического назначения.

4. Разработан доступный метод экспрессного анализа плодового сырья, позволяющий определять содержание антоцианов по интенсивности окраски экстракта плодов и продуктов их переработки, эффективность которого подтверждена в эксперименте при исследовании содержания антоцианов в семи видах плодов и полученных из них выжимок. Сходимость метода находится в пределах 12 % в сравнении со стандартным ГОСТ 32709-2014; проведена его апробация в лаборатории ООО «КИТ ПЛЮС» (г. Бийск).

5. Разработаны рецептуры десертных соусов с использованием комплексной пищевой добавки – структурообразователя и красителя – пектина из вторичных ресурсов плодового сырья:

– традиционные с частичной заменой плодового пюре на выжимки, дозировка которых (не более 8 %) рассчитана с учетом содержания пектиновых веществ в готовом продукте и позволяет уменьшить объем используемого пюре без потери качества и биологической ценности соуса, снизить расходы на сырье в среднем на 11,5 % и решить проблему вовлечения вторичных ресурсов в технологический процесс;

– специализированные с низким ГИ, выработанные на пектине с подсластителями (ксилит и сорбит), дозировка которых в составе соуса 15 % и 20 % соответственно рассчитана с учетом коэффициента сладости и количества, не вызывающего расстройство ЖКТ (до 30–40 г/сут).

6. С учетом окислительных и гидролитических процессов, протекающих при хранении эмульсионных и овощных соусов с растительными консервантами (рутин не менее 0,015 %, бетулин не менее 0,03 %), определены регламентируемые показатели качества, что позволило установить срок годности соусов (коэффициент резерва 1,5): майонезных с бетулином и рутином – 90 сут, томатного с бетулином – 12 мес. Функциональная направленность подтверждена расчетом дозировки ФПИ с учетом адекватного уровня потребления и исследованием *in vitro* печени крыс с токсическим гепатитом, в котором доказано, что при приеме майонезного соуса с бетулином в дозе 0,01 г/сут на 1 кг массы тела в течение 21 сут наблюдается снижение очагов мелкокапельной дистрофии в два раза.

7. На основании анализа корреляционной зависимости между структурно-механическими свойствами плодовых пектинов и реологическими характеристиками структурированных пищевых систем определены оптимальные значения плотности и упругости гелей пектинов для упругопластичных пищевых систем – 1,59 г/см³ и 82,2 Н/м² соответственно, увеличение которых нежелательно из-за уплотнения консистенции, а снижение способствует образованию вязкопластичных пищевых систем, что позволяет оптимизировать соотношение рецептурных компонентов кондитерских изделий и соусов, в том числе специализированного назначения.

8. Получены новые данные по исследованию рынка соусов с оценкой потребительских предпочтений методами многокритериальной оценки качества, доказывающие необходимость корректировки составов соусов путем внесения растительных ФПИ. Анализ торгового предложения показал, что в ретейле Алтайского края отсутствуют соусы с индивидуальными БАВ в составе, в то время как приобретать такие продукты готовы более половины респондентов: десертные соусы – 71 %, томатные – 80 % и майонезные – более 50 %, даже при условии большей цены представленных на рынке аналогов. Единственным ограничением при выборе соусов является низкая осведомленность покупателей о ФПИ.

9. Разработаны проекты технической документации на разработанные пищевые продукты, в том числе специализированные и функциональные,

проведена их апробация и внедрение в условиях действующего производства:

- ООО ТС «Аникс» (г. Бийск) – кондитерские изделия: зефир и мармелад, соусы десертные с низким гликемическим индексом;
- ООО «Биофит» (г. Барнаул) – соусы десертные низкокалорийные, таблетированная форма концентрата безалкогольного напитка, гомогенный сухой экстракт из ягодного сырья, окрашенный гелеобразователь пектин;
- НП АБФК (г. Бийск) – соусы десертные с использованием выжимок плодов;
- ООО «Персона» (г. Бийск) – томатный соус с добавлением бетулина;
- ООО «АлтайПлод» (г. Бийск) – майонезный соус с растительными консервантами;
- АО «Алтайвитамины» (г. Бийск) – Р-витаминная добавка «Биофлавоноиды облепихового шрота», МОФФ ОШ.

Таким образом, предложенные методологические основы позволяют получать пищевые продукты с добавленной пользой с использованием ФПИ из вторичных ресурсов растительного сырья, что немаловажно в современных условиях, развивают перспективное научное направление и способствуют продвижению на потребительский рынок пищевых продуктов, в том числе функционального и специализированного назначения. Предложенные в работе способы получения растительных ФПИ, разработанные составы пищевых продуктов и методика определения содержания натуральных красителей уже имеют успешную промышленную апробацию и могут быть рекомендованы для дальнейшего внедрения на предприятиях отрасли.

Публикации по теме диссертации

Статьи в изданиях, входящих в Перечень ведущих рецензируемых научных изданий ВАК

1. Школьников, М. Н. Практические аспекты использования растительного сырья Алтайского края в производстве многокомпонентных напитков / М. Н. Школьников, **Е. В. Аверьянова** // Ползуновский вестник. – 2013. – № 4-4. – С. 168–172.
2. **Аверьянова, Е. В.** Влияние активированных углей разных марок на качество рутин в процессе очистки / Е. В. Аверьянова, М. Н. Школьников // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 4. – С. 49–54.
3. **Аверьянова, Е. В.** Изучение свойств пектина, полученного из вторичных сырьевых ресурсов ягодного сырья Алтайского края / Е. В. Аверьянова, М. Н. Школьников, И. А. Чаплыгина // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 12. – С. 118–127.
4. Школьников, М. Н. Пектин как функциональный пищевой ингредиент в составе зефира / М. Н. Школьников, **Е. В. Аверьянова**. – DOI

10.14529/food170105 // Вестник Южно-Уральского государственного университета Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2017. – Т. 5, № 1. – С. 35–44.

5. Школьников, М. Н. Разработка классификации функциональных пищевых ингредиентов растительного происхождения / М. Н. Школьников, **Е. В. Аверьянова** // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 9. – С. 85–92.

6. Школьников, М. Н. Разработка состава и технологии получения таблетированной формы концентрата безалкогольного напитка / М. Н. Школьников, **Е. В. Аверьянова**, Д. В. Доня, И. В. Хлопотов // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 46, № 3. – С. 96–101.

7. **Аверьянова, Е. В.** Маркетинговые исследования потребительских предпочтений в отношении томатных соусов / Е. В. Аверьянова, А. Ю. Неворова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2018. – Т. 7, № 4 (44). – С. 244–249.

8. **Аверьянова, Е. В.** Технологическая оценка вторичных продуктов переработки ягод брусники обыкновенной и перспективы использования в рецептуре фруктового мармелада / Е. В. Аверьянова, М. Н. Школьников // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. – 2018. – Т. 15, № 12. – С. 51–57.

9. **Аверьянова, Е. В.** Биологическая ценность облепихи как основа ее комплексной безотходной переработки / Е. В. Аверьянова // Современная наука и инновации. – 2018. – № 3 (23). – С. 104–111.

10. **Аверьянова, Е. В.** Десертные соусы из ягодного сырья Сибири как продукт здорового питания / Е. В. Аверьянова // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2019. – № 1 (54). – С. 51–58.

11. **Аверьянова, Е. В.** Анализ предпочтений потребителей в отношении специализированных десертных соусов / Е. В. Аверьянова, Д. Д. Белоусова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2019. – Т. 8, № 2 (46). – С. 110–115.

12. **Аверьянова, Е. В.** Научно-практические подходы к разработке десертного соуса из ягод брусники обыкновенной / Е. В. Аверьянова, А. С. Копылова. – DOI 10.15217/issn2079-0996.2019.2.244 // Проблемы развития АПК региона. – 2019. – Т. 38, № 2. – С. 244–252.

13. **Аверьянова, Е. В.** Перспективы и направления использования ягодных шротов / Е. В. Аверьянова, М. Н. Школьников, Е. Д. Рожнов. – DOI 10.29141/2500-1922-2019-4-2-3 // Индустрия питания. – 2019. – Т. 4, № 2. – С. 20–27.

14. **Аверьянова, Е. В.** Моделирование рецептуры десертного соуса с заданными качественными характеристиками методом факторного анализа / Е. В. Аверьянова, М. Н. Школьников // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2020. – Т. 9, № 1 (49). – С. 118–122.

15. Школьников, М. Н. Выжимки ягодного сырья как источник антоциановых красителей / М. Н. Школьников, **Е. В. Аверьянова**. – DOI 10.46548/21vek-2021-1053-0021 // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2021. – Т. 10, № 1 (53). – С. 117–121.

16. Рожнов, Е. Д. Ферментализ сырья как фактор интенсификации процесса выделения фенольных веществ облепихового шрота / Е. Д. Рожнов, **Е. В. Аверьянова**, М. Н. Школьников, Н. И. Селиванов. – DOI 10.36718/1819-4036-2020-9-177-184 // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 9 (162). – С. 177–184.

17. Школьников, М. Н. Исследование антибактериальной активности флавоноидов облепихового шрота / М. Н. Школьников, **Е. В. Аверьянова**, Е. Д. Рожнов, Е. С. Баташов. – DOI 10.29141/2500-1922-2020-5-3-7 // Индустрия питания. – 2020. – Т. 5, № 3. – С. 61–69.

18. **Аверьянова, Е. В.** Оценка эффективности экстракционных методов извлечения флавоноидов из облепихового шрота при масштабировании в малых объемах / Е. В. Аверьянова, Е. Д. Рожнов, М. Н. Школьников. – DOI 10.29141/2500-1922-2021-6-4-10 // Индустрия питания. – 2021. – Т. 6, № 4. – С. 93–101.

19. Школьников, М. Н. Исследование фармакологической активности микронизированной очищенной флавоноидной фракции облепихового шрота / М. Н. Школьников, **Е. В. Аверьянова**, Е. Д. Рожнов, И. А. Лупанова. – DOI 10.29296/25877313-2022-07-02 // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2022. – Т. 25, № 7. – С. 9–14.

Статьи в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования Web of Science и Scopus

20. **Averyanova, E. V.** Dependence of purified rutin quality on activated carbon brand / E. V. Averyanova, M. N. Shkolnikova, A. V. Frolov. – DOI 10.21179/2308-4057-2017-1-165-173 // Foods and raw materials. – 2017. – Vol. 5, no. 1. – P. 165–173.

21. **Averyanova, E. V.** Research of process of extraction of biologically active substances (BAS) from plant raw materials in the conditions of ultrasonic extraction / E. V. Averyanova, V. N. Khmelev, S. N. Tsyganok, V. A. Shakura. – DOI 10.1109/EDM.2017.7981751 // 18th International Conference on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM'2017 Proceedings. – Novosibirsk : NSTU, 2017. – P. 255–259.

22. **Averyanova, E. V.** Intensification of the process of ultrasonic extraction of dehydroquercetin from wood waste / E. V. Averyanova, M. N. Shkolnikova, S. N. Tsyganok, V. A. Shakura. – DOI 10.1109/EDM.2018.8435055 // 19th International Conference on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM'2018 Proceedings. – Novosibirsk : NSTU, 2018. – P. 312–317.

23. **Averyanova, E. V.** Chromatographic study of the component composition and antioxidant activity of polyphenol complex in biological raw materials / E. V. Averyanova, Yu. V. Danilchenko, N. V. Fedorova. – DOI 10.1088/1742-6596/1353/1/012094 // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1353. – Article 012094.

24. **Averyanova, E. V.** Technologies of improvement of rheological characteristics when creating lingonberry sauces / E. V. Averyanova, Yu. V. Danilchenko, N. V. Fedorova. – DOI 10.1088/1742-6596/1582/1/012004 // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1582. – Article 012004.

25. **Аверьянова, Е. В.** Исследование биологической активности флавоноидов облепихового шрота с применением специфических биотест-систем / Е. В. Аверьянова, М. Н. Школьников, Е. Д. Рожнов [и др.]. – DOI 10.14258/jcprgm.2020048859 // Химия растительного сырья. – 2020. – № 4. – С. 235–241.

26. **Averyanova, E. V.** Plant raw materials prehydrolysis efficiency in bioflavonoid technology / E. V. Averyanova, M. N. Shkolnikova, O. V. Chugunova. – DOI 10.1063/5.0068585 // AIP Conference Proceedings. – 2021. – Vol. 2419. – Article 020014.

27. Shkolnikova, M. N. Study of the *Vaccinium vitis-idaea* pomace effect on the rheological properties of dessert sauces / M. N. Shkolnikova, **E. V. Averyanova**, O. V. Chugunova. – DOI 10.1063/5.0069387 // AIP Conference Proceedings. – 2021. – Vol. 2419. – Article 020013.

28. **Аверьянова, Е. В.** Исследование антиоксидантных свойств три-терпеноидов в составе жиросодержащих продуктов / Е. В. Аверьянова, М. Н. Школьников, О. В. Чугунова. – DOI 10.21603/2074-9414-2022-2-2358 // Техника и технология пищевых производств. – 2022. – Т. 52, № 2. – С. 233–243.

29. **Аверьянова, Е. В.** Повышение эффективности бетулинсодержащих пищевых ингредиентов из бересты березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в составе пищевых систем / Е. В. Аверьянова, М. Н. Школьников. – DOI 10.14258/jcprgm.20220411171 // Химия растительного сырья. – 2022. – № 4. – С. 333–341.

Монографии

30. **Аверьянова, Е. В.** Теоретические и практические аспекты использования растительного сырья Алтайского края в производстве функциональных продуктов питания : монография / Е. В. Аверьянова, М. Н. Школьников. – Бийск ; Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2015. – 195 с. – ISBN 978-5-9257-0298-7.

31. **Аверьянова, Е. В.** Биопотенциал современных пищевых микроингредиентов : монография / Е. В. Аверьянова, М. Н. Школьников, В. Г. Попов. – Тюмень : Изд-во ТюмГУ, 2020. – 193 с. – ISBN 978-5-9961-2406-0.

Свидетельства и патенты

32. Патент № 2640587 РФ, МПК С07J 3/00, С07J 63/00. Способ получения бетулина : № 2017104346 : заявл. 09.02.2017 : опубл. 10.01.2018 / **Е. В. Аверьянова**, М. Н. Школьников, С. Н. Цыганок [и др.].

33. Патент № 2710169 РФ, МПК А23L1/238. Состав для производства десертного соуса с низким гликемическим индексом : № 2019106898 : заявл. 11.03.2019 : опубл. 24.12.2019 / Д. Д. Белоусова, **Е. В. Аверьянова**, М. Н. Школьникова.

34. Патент № 2713724 РФ, МПК А23L23/00. Соус десертный с использованием выжимок : № 2019117852 : заявл. 07.06.2019 : опубл. 06.02.2020 / **Е. В. Аверьянова**, А. С. Копылова, М. Н. Школьникова.

35. Патент № 2711728 РФ, МПК А61К 36/72. Способ получения комплекса биофлаваноидов из обезжиренного облепихового шрота : № 2019126682 : заявл. 22.08.2019 : опубл. 21.01.2020 / **Е. В. Аверьянова**, М. Н. Школьникова, А. В. Малахова [и др.].

36. Патент № 2759297 РФ, МПК А61К 36/72, G01N 30/02. Способ фракционирования комплекса биофлавоноидов облепихового шрота : № 2020136950 : заявл. 10.11.2020 : опубл. 11.11.2021 / **Е. В. Аверьянова**, М. Н. Школьникова, А. В. Малахова [и др.].

37. Патент № 2768114 РФ, МПК G01J 3/52. Способ экспрессного определения суммарного содержания антоцианов : № 2020127132 : заявл. 12.08.2020 : опубл. 23.03.2022 / **Е. В. Аверьянова**, М. Н. Школьникова.

38. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011611470. Программа расчета полной сорбционной обменной емкости по катионам двухвалентных металлов разных видов пектина в зависимости от степени этерификации и молекулярной массы : № 2019613462 : заявл. 01.04.2019 : опубл. 15.04.2019 / **Е. В. Аверьянова**, А. В. Шалунов, М. Н. Школьникова.

39. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2019614606 РФ. Программа расчета полной сорбционной обменной емкости по катионам одновалентных металлов разных видов пектина в зависимости от степени этерификации и молекулярной массы : № 2019613459 : заявл. 01.04.2019 : опубл. 09.04.2019 / **Е. В. Аверьянова**, А. В. Шалунов.

40. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019614848. Программа расчета полной сорбционной обменной емкости по катионам двухвалентных металлов разных видов пектина в зависимости от степени этерификации и массовой доли ацетильных групп : № 2019613461 : заявл. 01.04.2019 : опубл. 15.04.2019 / **Е. В. Аверьянова**, А. В. Шалунов.

41. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019614693. Программа расчета полной сорбционной емкости по ионам одновалентных металлов разных видов пектина в зависимости от степени этерификации и массовой доли ацетильных групп : № 2019613460 : заявл. 01.04.2019 : опубл. 10.04.2019 / **Е. В. Аверьянова**, А. В. Шалунов.

42. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019616709. Программа расчета эффективности ультразвуковой кавитационной экстракции растительного сырья : № 2019615661 : заявл.

20.05.2019 : опубл. 29.05.2019 / **Е. В. Аверьянова**, Р. Н. Голых, С. Н. Цыганок.

43. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021661563. Компьютерная программа расчета выхода флавоноидов в зависимости от кислотности среды в условиях предгидролиза облепихового шрота : № 2021660573 : заявл. 05.07.2021 : опубл. 13.07.2021 / **Е. В. Аверьянова**, П. С. Колбина, О. В. Чугунова [и др.].

44. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021666345. Программа расчета комплексобразующей способности пектина в зависимости от молекулярной массы и продолжительности ультразвукового воздействия на его 2 % водные растворы : № 2021665647 : заявл. 07.10.2021 : опубл. 13.10.2021 / Д. И. Болдинов, **Е. В. Аверьянова**, А. Д. Абрамов [и др.].

45. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022612605. Программа расчета эффективности экстракции бетулина из бересты березы в условиях автоклавирования : № 2022612103 : заявл. 16.02.2022 : опубл. 28.02.2022 / **Е. В. Аверьянова**, Н. В. Павлова, М. Н. Школьников.

46. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022619222. Программа расчета эффективности экстракции бетулина из бересты березы в условиях ультразвукового воздействия : № 2022617518 : заявл. 25.04.2022 : опубл. 19.05.2022 / **Е. В. Аверьянова**, Н. В. Павлова, М. Н. Школьников.

47. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021622647. Химический состав продовольственного сырья и пищевых продуктов : № 2021622592 : заявл. 17.11.2021 : опубл. 24.11.2021 / О. Н. Мусина, Е. М. Нагорных, Л. Е. Мелешкина, **Е. В. Аверьянова** [и др.].

48. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022664733. Программа расчета состава ингибитора гипервоспалительной реакции при цитокиновом шторме : № 2022664041 : заявл. 18.07.2022 : опубл. 04.08.2022 / Е. Д. Рожнов, Н. В. Павлова, **Е. В. Аверьянова**, М. Н. Школьников [и др.].

49. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022621900. Физико-химические свойства пектиновых веществ плодового сырья : № 2022621857 : заявл. 18.07.2022 : опубл. 01.08.2022 / **Е. В. Аверьянова**, Н. В. Павлова, М. Н. Школьников.

Список сокращений и условных обозначений

- АОА – антиоксидантная активность.
БАВ – биологически активные вещества.
ВРРС – вторичные ресурсы растительного сырья.
ВЭЖХ – высокоэффективная жидкостная хроматография.
ГИ – гликемический индекс.
ГН – гликемическая нагрузка.
ГСО – государственный стандартный образец.
ГР – глутатионредуктаза.
ЖКТ – желудочно-кишечный тракт.
К_и – коэффициент извлечения.
К_п – коэффициент перехода.
КАТ – каталаза.
КЧ – кислотное число
М. д. – массовая доля.
М. к. – массовая концентрация.
МОФФ ОШ – микронизированная очищенная флавоноидная фракция
облепихового шрота.
ОПА – общая прооксидантная активность.
ПВ – пектиновые вещества.
ПСОЕ – полная статическая обменная емкость.
ПЧ – перекисное число.
РСВ – растворимые сухие вещества.
СВ – сухие вещества.
СОД – супероксиддисмутаза.
СЭ – степень этерификации.
ТБРП – тиобарбитурат-реактивный продукт.
ТИ – техническая инструкция.
ТК – титруемые кислоты, титруемая кислотность.
ТУ – технические условия.
УЗВ – ультразвуковое воздействие.
ФВ – фенольные вещества.
ФПИ – функциональный пищевой ингредиент.
ФПП – функциональный пищевой продукт.
ЭВ – экстрактивные вещества.

Подписано в печать 17.02.2023.
Формат 60 × 84 ¹/₁₆. Гарнитура Таймс. Бумага офсетная. Печать плоская.
Уч.-изд. л. 2,0. Тираж 150 экз. Заказ

Отпечатано с готового оригинал-макета в подразделении оперативной полиграфии
Уральского государственного экономического университета
620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45