

На правах рукописи



Рожнов Евгений Дмитриевич

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЙ НАПИТКОВ
ИЗ ОБЛЕПИХИ КРУШИНОВИДНОЙ *HIPPURAE RHAMNOIDES L.*
ПОВЫШЕННОЙ СТАБИЛЬНОСТИ**

Специальность 05.18.07 –
Биотехнология пищевых продуктов и биологических активных веществ

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Екатеринбург – 2021

Работа выполнена на кафедре технологии питания
ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

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

Официальные оппоненты: **Новикова Инна Владимировна** (Россия),
доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры технологии бродильных
и сахаристых производств ФГБОУ ВО
«Воронежский государственный университет
инженерных технологий»

Алексеев Елена Викторовна (Россия),
доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры биотехнологии и технологии
продуктов биоорганического синтеза ФГБОУ ВО
«Московский государственный университет
пищевых производств»

Сергеева Ирина Юрьевна (Россия),
доктор технических наук, доцент, заведующий
кафедрой технологии продуктов питания из
растительного сырья ФГБОУ ВО «Кемеровский
государственный университет»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное
учреждение «Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства, виноградарства,
виноделия»

Защита диссертации состоится 3 декабря 2021 г. в 10:00 на заседании диссертационного совета Д 212.287.05 при 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).

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

Автореферат разослан « ____ » _____ 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент

О. В. Феофилактова

Общая характеристика работы

Актуальность работы. Согласно Стратегии научно-технологического развития РФ до 2035 г. приоритетными являются хранение и эффективная переработка сельскохозяйственной продукции, создание безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания. В рамках Национальной технологической инициативы определен ключевой рынок FoodNet, целью которого является формирование глобально конкурентоспособной российской «агропищевой индустрии 4.0», в том числе новых производственных решений, основанных на биотехнологиях и ресурсоэффективности. Это определяет вектор развития переработчиков сельскохозяйственного сырья и производителей продуктов питания/напитков и ставит основные задачи: сохранение и расширение сырьевой базы и повышение конкурентоспособности пищевой продукции на внутреннем и внешнем рынках, а также создание продуктов питания нового поколения с использованием традиционных видов сырья.

Облепиха крушиновидная *Hippophae rhamnoides* L. обладает высоким технологическим потенциалом, содержит в больших количествах аскорбиновую кислоту, α -токоферол, каротиноиды, аминокислоты, минеральные и фенольные соединения, жирные кислоты, глицеринфосфолипиды, фитостеролы, сложные эфиры зеаксантина. Это позволяет отнести облепиху к категории суперфруктов, значительный интерес к которым обусловлен эффективной маркетинговой стратегией продвижения идеи исключительной пользы для здоровья. При достаточной сырьевой базе – 5,5 тыс. га промышленных насаждений облепихи в России (3,5 тыс. га в Алтайском крае), средней урожайности 5–6 т/га и потенциальном объеме сырья до 17,5–21,0 тыс. т/год – производство напитков из облепихи ограничено. Данный факт объясним следующим: во-первых, сложностью переработки высокомасличного сырья в стабильные напитки без признаков расслаивания; во-вторых, склонностью продуктов из облепихи к потемнению; в-третьих, органолептическими особенностями и химическим составом. Отсутствие научно обоснованных режимов и технологий получения напитков из облепихи существенно осложняет вовлечение этого сырья в промышленную переработку.

Таким образом, разработка современных и высокоэффективных биотехнологических способов производства напитков из плодов облепихи стабильного качества при хранении является актуальным направлением исследований, имеющим объективные предпосылки для промышленного внедрения наукоемких технологий переработки этой культуры на профильных предприятиях, нуждающихся в диверсификации производственных мощностей в связи с изменением спроса на продукты питания/напитки.

Степень разработанности темы исследования. Значительный вклад в решение задач использования растительного сырья в технологии напит-

ков внесли отечественные и зарубежные ученые В. М. Позняковский, М. В. Гернет, В. А. Помозова, Т. Ф. Киселева, Л. В. Донченко, Н. В. Заворохина, О. В. Чугунова, Л. А. Маюрникова, М. Н. Школьников, И. Ю. Сергеева, И. В. Новикова, Т. В. Котова, Л. В. Римарева, V. Shmid, F. Chen, A. Hernandez, A. Bevilacqua.

В работах В. Д. Стрельца, А. М. Золотаревой, S. Skapska, M. Chang, E. Zokaityte, S. Sireswar, O. Laaksonen, T. Z. Moskalets, V. S. Frantsishko, V. Knyazyuk, D. Montet, G. Dey, P. Gornas, Z. Alexandrakis, K. Kyriakopoulou, G. Katsaros, T. Beveridge, T. S. C. Li, B. D. Oomah отражены результаты использования плодов облепихи для производства продуктов питания и напитков.

Вопросы повышения эффективности переработки растительного сырья с использованием биотехнологических приемов рассматриваются в работах Л. А. Оганесянца, Д. В. Карпенко, Е. В. Крюкова, Е. В. Алексеенко, Н. В. Шелеховой, M. V. Fernandez, G. I. Denoya, M. V. Agüero, B. S. Yadav, R. B. Yadav, M. K. Narang, N. Adanyi, M. Varadi, J. T. Moersel, M. Dube, K. Zunker, S. Neidhart.

В исследованиях И. Ю. Сергеевой, Н. М. Агеевой, Т. В. Мелединой, В. А. Полякова, Sh. Chowdhury, A. H. Barrett, M. J. Richardson, D. F. Froio, M.-R. Ehsani, D. Zareba, E. Dahi, J. Thogersen и др. отражены вопросы микробиологической, физико-химической и сенсорной стабилизации напитков при хранении.

Однако при анализе доступных источников информации не выявлены технологии производства напитков из облепихи, отличающихся стабильными характеристиками состава и качества.

Цель диссертационного исследования заключается в научно-практическом обосновании, разработке и реализации биотехнологических решений производства напитков из плодов *Hippophae rhamnoides* L., обеспечивающих стабильное качество готовой продукции при хранении.

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

1) провести комплексное аналитическое исследование районированных в Алтайском крае сортов облепихи для выявления наиболее перспективных к переработке в напитки стабильного качества и повышенной пищевой ценности;

2) разработать технологию производства осветленных соков из облепихи с повышенной стабильностью, основанную на использовании ферментативного гидролиза пектина и удалении реакционноспособных групп фенольных веществ сырья и продуктов деградации аскорбиновой кислоты;

3) разработать биотехнологические решения производства каротиноидсодержащих смузи длительного срока хранения и повышенной антиоксидантной активности;

4) доказать практическую возможность использования симбиотических культур *Oryzomyces indicii* и *Medusomyces gisevi* в технологии безалкогольных ферментированных напитков из облепихи;

5) научно обосновать биотехнологические приемы интенсификации и оптимизации технологических процессов и разработать подходы к повышению стабильности при хранении винодельческой продукции из облепихи;

6) исследовать процесс накопления 5-гидроксиметилфурфуrolа при протекании тепловых процессов в производстве винодельческой продукции из облепихи;

7) научно обосновать и разработать технологию облепиховых дистиллятов с использованием некондиционного сырья и полуфабрикатов для сокращения отходов при организации комплексной переработки облепихи в напитки;

8) разработать комплекты технической документации и провести производственную апробацию новых напитков из облепихи на промышленных предприятиях региона.

Научная концепция заключается в разработке научных основ, экспериментальном подтверждении и практической апробации новых подходов и процессов биотехнологии напитков из облепихи повышенной стабильности.

Научная новизна. Диссертационная работа содержит элементы научной новизны в рамках п. 3, 5, 6, 11, 12 и 15 Паспорта специальности ВАК РФ 05.18.07.

1. Получены новые данные по химическому составу ранних и ультран ранних селекционированных в Алтайском крае сортов облепихи, что позволило обосновать их использование в производстве напитков, стабильных при хранении (*п. 3 Паспорта специальности ВАК РФ 05.18.07*).

2. Научно обоснована целесообразность использования ферментных препаратов пектолитического действия для снижения производственных временных затрат на осветление облепиховых соков (*п. 5 Паспорта специальности ВАК РФ 05.18.07*).

3. Разработаны эффективные биотехнологические решения, позволяющие устранить вклад в потемнение соков и сокосодержащих напитков из облепихи реакционноспособных фенольных веществ малой молекулярной массы, в первую очередь процианидинов (*п. 11 Паспорта специальности ВАК РФ 05.18.07*).

4. Впервые научно обоснована и доказана возможность использования симбиотических культур *Oryzomyces indichi* и *Medusomyces gisevi* в технологии безалкогольных ферментированных напитков из облепихи (*п. 6 Паспорта специальности ВАК РФ 05.18.07*).

5. Разработаны математическая модель для проектирования состава и способ производства безалкогольных напитков из облепихи и тыквы с повышенным содержанием каротиноидов, высокой антиоксидантной активностью и увеличенным сроком хранения (*п. 12 Паспорта специальности ВАК РФ 05.18.07*).

6. Научно обоснованы технологические решения производства различных видов и типов вин и винных напитков из облепихи с применением

ферментных препаратов пектолитического действия и активных сухих винных дрожжей видов *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces bayanus* и их межвидовых гибридов *Saccharomyces cerevisiae* var. *bayanus* (п. 6 Паспорта специальности ВАК РФ 05.18.07).

7. Впервые научно обоснованы и подтверждены механизмы регулирования биохимического состава винодельческой продукции из облепихи адсорбционными методами для повышения их стабильности при хранении (п. 5 Паспорта специальности ВАК РФ 05.18.07).

8. Впервые предложена математическая модель накопления 5-гидроксиметилфурфурола при производстве винодельческой продукции из облепихи, позволяющая прогнозировать уровень накопления 5-гидроксиметилфурфурола в зависимости от кислотности сусле и длительности теплового воздействия на него. Предложена методика определения 5-гидроксиметилфурфурола в напитках, позволяющая контролировать содержание главного интермедиата реакции Майяра при производстве напитков с применением процессов нагревания (п. 11, 15 Паспорта специальности ВАК РФ 05.18.07).

Методология и методы исследования. На основании обобщения имеющихся результатов теоретических и экспериментальных исследований в качестве методологической основы показана возможность регулирования биохимического состава напитков из облепихи с целью повышения стабильности при хранении. Инструментарием для достижения поставленных цели и задач послужили общепринятые, стандартные и специальные методы исследования сырья, полуфабрикатов и готовых продуктов с последующей статистической обработкой результатов.

Положения, выносимые на защиту:

– результаты комплексного аналитического исследования районированных в Алтайском крае сортов облепихи с подтверждением наиболее перспективных к переработке в напитки стабильного качества и повышенной пищевой ценности;

– технология соков и сокосодержащих напитков из плодов облепихи, основанная на применении ферментативного гидролиза пектина и удалении продуктов деградации аскорбиновой кислоты и конденсации веществ полифенольной природы;

– технологические решения для интенсификации и оптимизации производства соков, смузи, винодельческой продукции различных подгрупп и разновидностей;

– технология удаления реакционноспособных фенольных веществ с низкой молекулярной массой для повышения стабильности при хранении соковой и сокосодержащей продукции;

– технологические решения, основанные на регулировании содержания и удалении индукторов неферментативного покоричневения винодельческой продукции для повышения ее стабильности при хранении;

– технологические решения и рецептуры безалкогольных ферментированных напитков с применением симбиотических культур *Oryzomyces indichi* и *Medusomyces gisevi*;

– технология переработки некондиционного сырья, полуфабрикатов, вин и винных напитков в дистилляты для сокращения отходов при организации производства напитков из облепихи;

– методика определения 5-гидроксиметилфурфурола в напитках из облепихи и математическая модель накопления при нагревании главного интермедиата реакции Майяра при производстве винодельческой продукции из плодов облепихи.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретическая значимость заключается в научном обосновании эффективных технологических решений производства напитков повышенной стабильности из облепихи и разработке биотехнологических подходов к переработке ее плодов в стойкие при хранении напитки, производственное применение которых позволит обеспечить соблюдение сроков годности, повысить интерес потребителей к новым напиткам и реализовать на практике переработку плодов в промышленных масштабах.

Практическая значимость. Сформированы технологические решения производства стабильных при хранении напитков из облепихи за счет использования сорбционных методов удаления из напитков реакционно-способных соединений и химически нестабильных соединений (процианидинов, ионов железа Fe^{3+} , продуктов деградации аскорбиновой кислоты, продуктов полимеризации и конденсации полифенольных веществ), что позволит получать сенсорно стабильные напитки с длительным сроком годности.

Подобраны и апробированы активные сухие винные дрожжи для производства винодельческой продукции из облепихи, что позволит предприятиям и цехам первичного виноделия осуществлять производство без этапа ведения дрожжей.

Подобраны ферментные препараты для интенсификации процессов производства сокосодержащей и винодельческой продукции из облепихи, научно обоснованы условия использования пектолитического ферментного препарата для повышения сокоотдачи и снижения производственных затрат при осветлении соков и виноматериалов.

Апробирована методика определения 5-гидроксиметилфурфурола при производстве напитков из облепихи с высокими метрологическими характеристиками, что обуславливает возможность внедрения в лабораториях предприятий отрасли.

Разработаны программы для ЭВМ, позволяющие осуществлять расчет состава облепихового сула на основании физико-химических характеристик плодов и сока (№ 2021617274 от 13.05.2021), оценивать бродительную активность сухих винных дрожжей (№ 2021616965 от 29.04.2021), оцени-

вать физиологическое состояние и жизнеспособность дрожжей на основе теста силы подкисления (№ 2021617612 от 18.05.2021), осуществлять расчет количества остаточных полифенолов в напитках при обработке препаратами поливинилполипирролидона (№ 2021616957 от 29.04.2021), рассчитывать состав для производства каротиноидсодержащих смузи на основе тыквы и облепихи (№ 2021619908 от 18.06.2021), которые могут быть применены на предприятиях отрасли и в учебном процессе.

Новизна технических решений подтверждена патентами РФ № 2495100 «Способ получения облепихового вина» (10.10.2013), № 2711728 «Способ получения комплекса биофлавоноидов из обезжиренного облепихового шрота» (21.01.2020), № 2734509 «Состав для производства смузи тыквенно-облепихового» (19.10.2020).

Исследования проводились в рамках госбюджетной научно-исследовательской работы «Биотехнология пищевых продуктов и биологически активных веществ» (регистрационный номер АААА-А19-119070590017-6), грантов Алтайского края для разработки качественно новых технологий, создания инновационных продуктов и услуг в сферах переработки и производства пищевых продуктов, фармацевтического производства и биотехнологий (2019–2020 гг.).

Результаты теоретических и практических исследований используются в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров по направлениям подготовки 19.03.01 и 19.04.01 «Биотехнология», 19.03.02 и 19.04.02 «Продукты питания из растительного сырья», реализуемых в Бийском технологическом институте (филиале) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (БТИ АлтГТУ).

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

Определены регламентируемые показатели и их значения, положенные в основу технической документации на напитки из облепихи: «Нектар осветленный обработанный из сока облепихи прямого отжима» (ТУ 10.32.19-011-10016999-2020 и ТИ 10.32.19-011-10016999-2020 для ООО НПО «Алтайский дар», г. Барнаул), «Смузи тыквенно-облепиховый» (ТУ 10.32.17-010-10016999-2019 и ТИ 10.32.17-010-10016999-2019 для ООО НПО «Алтайский дар», г. Барнаул), «Напиток ферментированный сокосодержащий «Комбуча с облепихой» (ТУ 11.07.19-012-10016999-2020 и ТИ 11.07.19-012-10016999-2020 для ООО НПО «Алтайский дар», г. Барнаул), «Напиток ферментированный сокосодержащий «Тиби с облепихой» (ТУ 11.07.19-013-10016999-2020 и ТИ 11.07.19-013-10016999-2020 для ООО НПО «Алтайский дар», г. Барнаул), «Вина и виноматериалы фруктовые облепиховые» (ТУ 11.03.10-002-35008630-2019 и ТИ 11.03.10-002-35008630-2019 для ООО «СОЛД», г. Бийск), «Сидр фруктовый облепиховый» (ТУ 11.03.10-006-35008630-2020 и ТИ 11.03.10-006-35008630-2020 для ООО «СОЛД», г. Бийск).

Степень достоверности и апробация работы. Представленные экспериментальные результаты получены с помощью современных методов исследования на соответствующем метрологическим требованиям оборудовании в многократных повторностях, статистически обработаны с применением Microsoft Office Excel 2019, Statistica 6.0 и MathCad 14.0 и являются достоверными.

Основные положения и материалы диссертационного исследования обсуждены на конференциях различного уровня: X Международной конференции молодых ученых «Пищевые технологии и биотехнологии» (Казань, 2009); 12th International Conference and Seminar on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM'2011 (Новосибирск, 2011); всероссийской научно-практической конференции «Технология и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности» (Бийск, 2009, 2010, 2015, 2018, 2019); всероссийской научно-практической конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности и общественном питании» (Екатеринбург, 2017); международной научно-практической конференции «Инновации в пищевой технологии, биотехнологии и химии» (Саратов, 2017); VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий» (Горно-Алтайск, 2017); III Межрегиональной научно-практической конференции «От биопродуктов к биоэкономике», (Барнаул, 2019); международном Балтийском форуме (Калининград 2019, 2020) и др.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 56 работ, в том числе 1 монография, 9 статей в изданиях, индексируемых в базах Scopus и Web of Science; 20 статей в изданиях, включенных в перечень рецензируемых научных изданий ВАК Минобрнауки РФ; ряд статей в материалах конференций и сборниках научных трудов; 3 патента РФ на изобретения, 5 свидетельств о регистрации программ ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения, списка литературы и 4 приложений. Основное содержание изложено на 327 страницах, включает 62 таблицы, 116 рисунков и 389 литературных источников, из них 245 на иностранных языках.

Основное содержание работы

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

В **главе 1 «Химический состав как системообразующий фактор для обоснования направлений переработки плодов облепихи крушиновидной»** проведен аналитический обзор отечественных и зарубежных публикаций в области исследования химического состава плодов облепихи, что позволило установить основные причины низкой стабильности напит-

ков из нее. Охарактеризованы современные технологические подходы и перспективные концепции переработки плодового сырья в напитки брожения. Систематизированы изменения, происходящие в напитках из облепихи при хранении: установлено, что промышленное внедрение технологий напитков из облепихи ограничено за счет наличия в плодах не только облепихового масла, но и широкого перечня реакционноспособных соединений (РСС), склонных к участию в процессах окислительного потемнения (неферментативного покоричневения) продуктов ее переработки.

С учетом особенностей химического состава облепихи и его значительного влияния на качество и стабильность при хранении напитков на ее основе обоснована необходимость комплексного аналитического исследования районированных сортов облепихи для выявления наиболее перспективных к переработке в напитки стабильного качества при хранении.

В главе 2 «**Организация эксперимента, объекты и методы исследования**» изложена методология и этапы проведения исследований, выполненных автором в специализированных лабораториях кафедры биотехнологии БТИ АлтГТУ, Едином лабораторном комплексе ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет». Общая схема исследований представлена на рисунке 1.

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

1) плоды облепихи 12 сортов, районированных и выращиваемых в Алтайском крае, собранные в период 2011–2020 гг. на садовых участках ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий», АО «Алтайвитамины» и закупленные у садоводов;

2) соки прямого отжима из облепихи;

3) нектары неосветленные и осветленные облепиховые, скорректированные по содержанию титруемых кислот (ТК) и сладости до требуемых технологией значений;

4) образцы каротиноидсодержащих смузи (КСС), состоящих из пюре тыквы (50 %), облепихового сока прямого отжима (в количестве, обеспечивающем ТК продукта 4,0 г/дм³), сахарного сиропа и подготовленной воды;

5) образцы безалкогольных ферментированных напитков (БФН) – тиби и комбуча, ферментированные симбиотическими культурами (СК) *O. indichi* и *M. gisevi* соответственно;

6) сухие облепиховые виноматериалы, соответствующие ГОСТ 33806-2016 «Вина фруктовые столовые и виноматериалы фруктовые столовые. Общие технические условия»;

7) образцы медово-облепихового суслу, содержащие сок облепихи; мед в количестве 20 %, скорректированные до значений ТК 5 г/дм³ и 7 г/дм³, и сброженные виноматериалы из них;

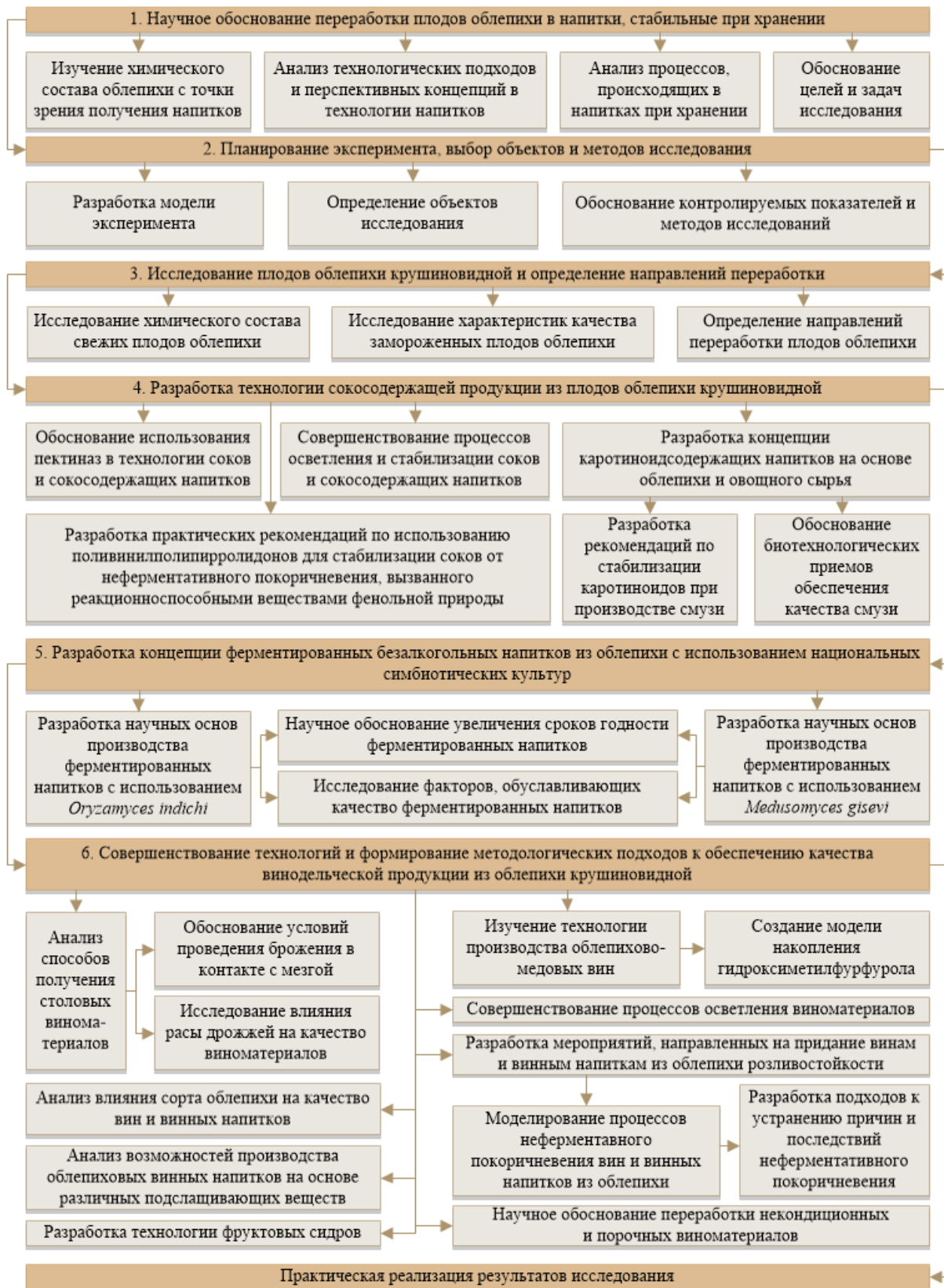


Рисунок 1 – Обобщенная схема исследований

8) образцы фруктовых сидров из облепихи, соответствующие ГОСТ Р 59170-2020 «Сидры фруктовые и сидры фруктовые ароматизированные. Общие технические условия»;

9) образцы облепиховых винных напитков, полученные купажированием;

10) фруктовые (плодовые) спирты из облепихи, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 32782-2014 «Спирт фруктовый (плодовый). Технические условия».

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

Глава 3 «Обоснование использования плодов облепихи крушиновидной (*Hipporhae rhamnoides* L.) в производстве напитков». В рамках решения *первой задачи* предложен методологический подход к оценке качества плодов облепихи (рисунок 2).

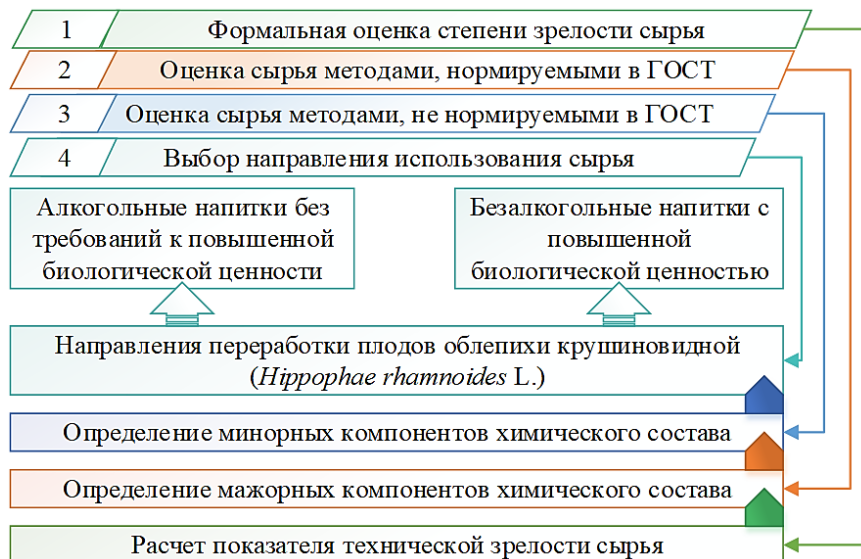


Рисунок 2 – Методологический подход к оценке качества плодов облепихи для обоснования их использования в технологиях напитков

Производственная проблема использования плодов облепихи в технологии неосветленных напитков – высокое содержание масла, отрицательно сказывающееся на внешнем виде неосветленных напитков, при длительном хранении которых формируется устойчивая к механическому разрушению маслянистая пленка.

Выявление сортовых особенностей химического состава облепихи (таблица 1) представляет особый интерес с точки зрения разработки и внедрения новых направлений переработки и технологий, в частности, в безалкогольные и алкогольные напитки.

Таблица 1 – Химический состав сока плодов облепихи (2012–2120 гг.)
($n = 3, M \pm m$)

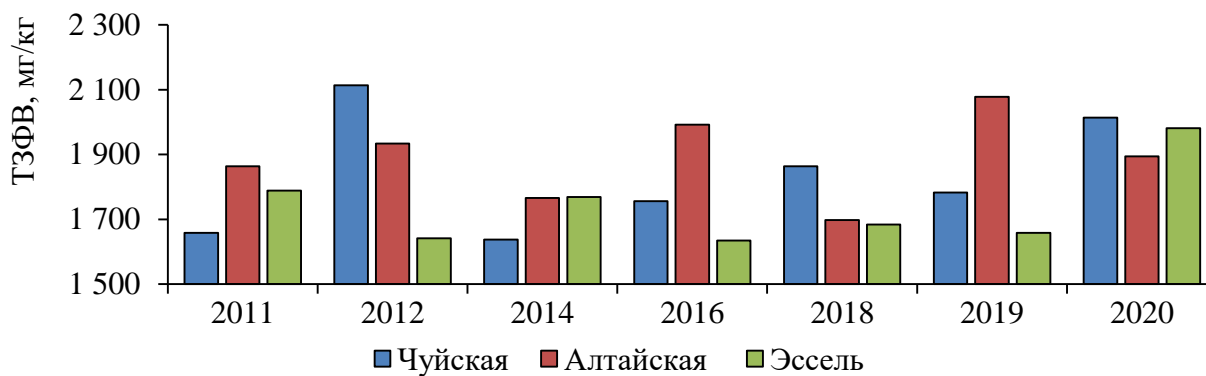
Сорт	М. д. сухих веществ, %	М. к. сахаров, г/дм ³	М. к. ТК в пересчете на яблочную, г/дм ³	Сахаро-кислотный индекс
Технические сорта				
Чечек	13,32 ± 0,32	47,3 ± 0,4	15,6 ± 0,4	3,1
Чуйская	13,57 ± 0,35	72,9 ± 0,2	13,7 ± 0,3	5,4
Улала	14,02 ± 0,29	59,2 ± 0,5	18,8 ± 0,4	3,1
Иня	13,73 ± 0,32	56,6 ± 0,7	18,2 ± 0,3	3,1
Новость Алтая	14,22 ± 0,39	61,8 ± 0,4	14,9 ± 0,4	4,2
Десертные сорта				
Ажурная	14,15 ± 0,35	54,8 ± 0,4	12,9 ± 0,4	4,3
Эссель	14,46 ± 0,37	84,4 ± 0,9	13,2 ± 0,3	6,4
Этна	13,92 ± 0,31	55,8 ± 0,5	13,5 ± 0,3	4,1
Универсальные сорта				
Алтайская	13,93 ± 0,34	75,9 ± 0,6	10,4 ± 0,3	7,3
Августина	14,56 ± 0,41	60,7 ± 0,4	15,4 ± 0,4	4,0
Елизавета	14,03 ± 0,28	56,8 ± 0,5	12,2 ± 0,4	4,7
Чульшманка	13,79 ± 0,29	66,5 ± 0,3	12,4 ± 0,4	5,4

Показана перспективность сортов Алтайская, Эссель и Чуйская, имеющих наиболее высокие значения рассчитанного сахарокислотного индекса (СКИ) – 7,3; 6,4 и 5,4 соответственно.

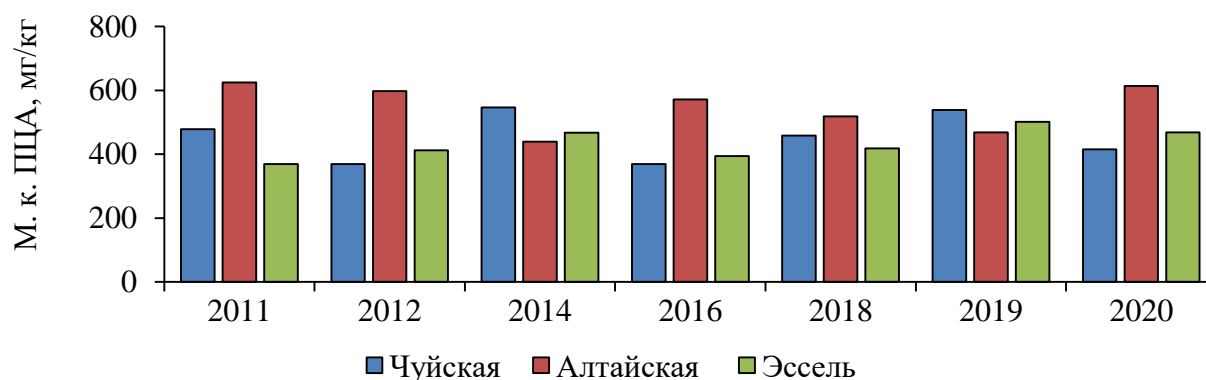
На рисунке 3а показана динамика показателя технологического запаса фенольных веществ (ТЗФВ) в сортах, обладающих наибольшим потенциалом к переработке в напитки. Можно видеть, что содержание полифенольных веществ (ФВ) в плодах характеризуется широкой вариабельностью, что обуславливает технологию и режимы их переработки.

Наибольший интерес для изучения представляет содержание процианидинов (ПЦА), придающих плодам терпкость и ощущение вяжущего вкуса. Из рисунка 3б видна значительная вариабельность ПЦА, что вносит дополнительные затруднения в разработку унифицированной схемы переработки облепихи.

Особенностью плодов облепихи является склонность к трансформации ароматического профиля при хранении в свежем виде и развитие неприятных тонов в аромате, что можно объяснить действием эстераз сырья, разрушающих сложные эфиры. Было исследовано содержание ароматических компонентов, проведена их идентификация и установлены организационные требования к условиям первичной переработки и хранения плодов.



а



б

Рисунок 3 – Динамика показателя ТЗФВ и содержания ПЦА ($n = 3, M \pm m$)

Установлено, что замораживание плодов приводит к незначительной вариации ароматобразующих компонентов, при этом количество их постоянно. Таким образом, замораживание при $T = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 6 мес. позволяет сохранить ароматический профиль плодов облепихи и осуществлять их круглогодичную эффективную переработку.

Содержание аскорбиновой кислоты (АсК) определяли в свежих и замороженных плодах облепихи. Из таблицы 2 видно, что при длительном хранении разрушается до 50 % АсК от содержания в свежих плодах.

Таблица 2 – Содержание АсК в соке плодов облепихи ($n = 3, M \pm m$)

Год сбора урожая	М. к. АсК, мг/дм ³				
	Свежие плоды	Замороженные плоды облепихи, хранящиеся в течение			
		3 мес.	6 мес.	9 мес.	12 мес.
Сорт Чуйская					
2014	1 168,3 ± 45,6	972,6 ± 42,1	814,6 ± 32,8	764,3 ± 28,6	611,8 ± 33,2
2016	1 437,2 ± 34,6	1 282,5 ± 24,9	1 009,0 ± 34,2	896,2 ± 41,8	766,2 ± 29,2
2018	1 340,0 ± 60,3	1 164,8 ± 34,5	964,3 ± 32,1	846,7 ± 38,6	734,2 ± 24,8
2019	1 272,9 ± 48,2	1 102,3 ± 33,8	864,6 ± 42,9	733,1 ± 41,9	670,2 ± 32,9

Продолжение таблицы 2

Год сбора урожая	М. к. АсК, мг/дм ³				
	Свежие плоды	Замороженные плоды облепихи, хранящиеся в течение			
		3 мес.	6 мес.	9 мес.	12 мес.
Сорт Алтайская					
2014	922,8 ± 36,2	786,3 ± 31,1	695,1 ± 28,2	604,2 ± 30,8	542,3 ± 41,2
2016	967,3 ± 49,2	844,6 ± 37,8	760,8 ± 34,9	682,6 ± 45,2	580,1 ± 34,9
2018	845,0 ± 42,1	736,2 ± 33,2	674,5 ± 26,9	517,2 ± 23,6	411,3 ± 36,2
2019	1 065,2 ± 34,2	911,3 ± 32,7	786,1 ± 34,2	679,3 ± 28,6	594,2 ± 37,2
Сорт Эссель					
2014	689,0 ± 36,2	602,3 ± 40,8	533,8 ± 24,8	462,3 ± 36,2	378,6 ± 24,1
2016	714,2 ± 31,7	643,8 ± 21,9	527,2 ± 34,8	459,3 ± 29,3	388,6 ± 34,8
2018	536,0 ± 21,4	468,3 ± 34,2	396,5 ± 24,1	325,3 ± 31,1	278,1 ± 28,6
2019	642,8 ± 32,5	573,2 ± 37,3	501,3 ± 42,3	426,3 ± 27,6	368,3 ± 31,2

Таким образом, при разработке промышленно применимых технологий напитков из облепихи целесообразным является использование как свежих, так и хранившихся не более 3 мес. замороженных плодов для получения безалкогольных напитков, обладающих значительной биологической ценностью: соков, смузи, ферментированных напитков. После этого замороженные плоды могут быть использованы для производства алкогольных напитков – вин, винных напитков, сидров, спиртов и т. д.

Глава 4 «Научное обоснование и практическая реализация технологии сокосодержащей продукции из плодов облепихи». На первом этапе решения *второй задачи* исследована возможность применения пектолитических ферментных препаратов (пФП) для интенсификации сокоотделения. В эксперименте проводили обработку ферментными препаратами (ФП) семейства Lallzyme в количестве 10; 20 и 30 г/т мезги облепихи при $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 10 ч. Эффективность ФП оценивали по количеству отделяющегося сока-самотека, контроль – образец мезги, ферментированный за счет собственных ферментов плодов (рисунок 4 на примере сорта Чуйская урожая 2019 г.).

Установлено, что при обработке мезги пФП уменьшается жесткость оболочек ягоды, расслаивание пульпы и жидкой фазы мезги, что позволяет сделать вывод об эффективности использования пФП для увеличения сокоотдачи. При этом наиболее эффективен ФП Lallzyme НС, обладающий полигалактуроназной, пектинлиазной и пектинэстеразной активностью. Можно предположить, что основным компонентом пектиновой сети облепихи является полигалактуронан, в результате гидролиза которого разрушаются α -1,4-гликозидные связи между кислотными галактуроновыми остатками и, как следствие, снижается кинематическая вязкость соков (ри-

сунок 5). Увеличение дозировки пФП до 30 г/т мезги не приводит к значительному увеличению сокоотдачи, но увеличивает себестоимость готовой продукции.

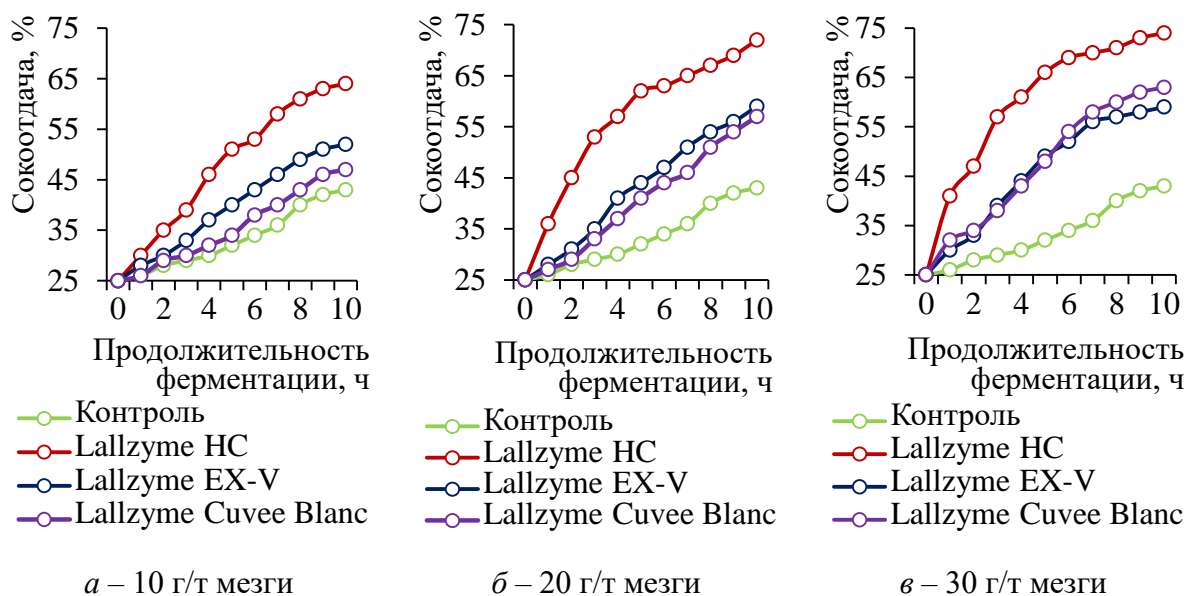


Рисунок 4 – Увеличение сокоотдачи при ферментации мезги пФП в разных дозировках ($n = 3, M \pm m$)

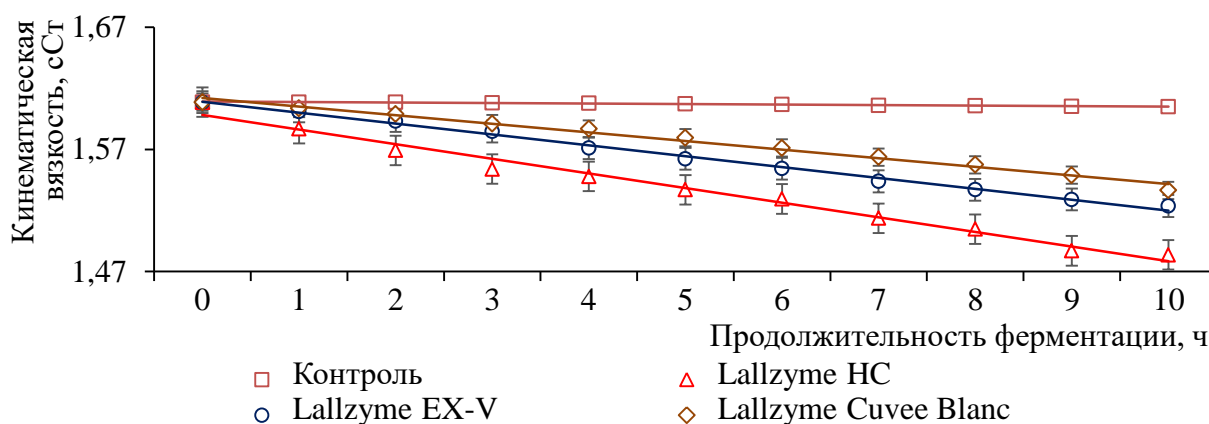


Рисунок 5 – Динамика кинематической вязкости соков, обработанных препаратами Lallzyme (в дозировке 20 г/т мезги) ($n = 3, M \pm m$)

По результатам проведения ферментативной обработки сделан вывод, что пФП Lallzyme HC обладает средней экстрагирующей способностью относительно других исследуемых ФП: прирост суммы ФВ составил от 3,5 % до 5,6 %, в то время как для препаратов Lallzyme EX-V и Lallzyme Cuvee Blanc – 14,9–24,8 % и 2,5–4,7 % соответственно.

Необходимо отметить, что высокое содержание ФВ может привести к сенсорной нестабильности напитков из облепихи вследствие возникающих помутнений, осадков и потемнения.

При оценке органолептических показателей установлено, что при обработке мезги пФП Lallzyme EX-V и Lallzyme Cuvee Blanc происходит усиление сортового аромата сырья, что приводит к улучшению органолептических характеристик готового продукта (рисунок 6).

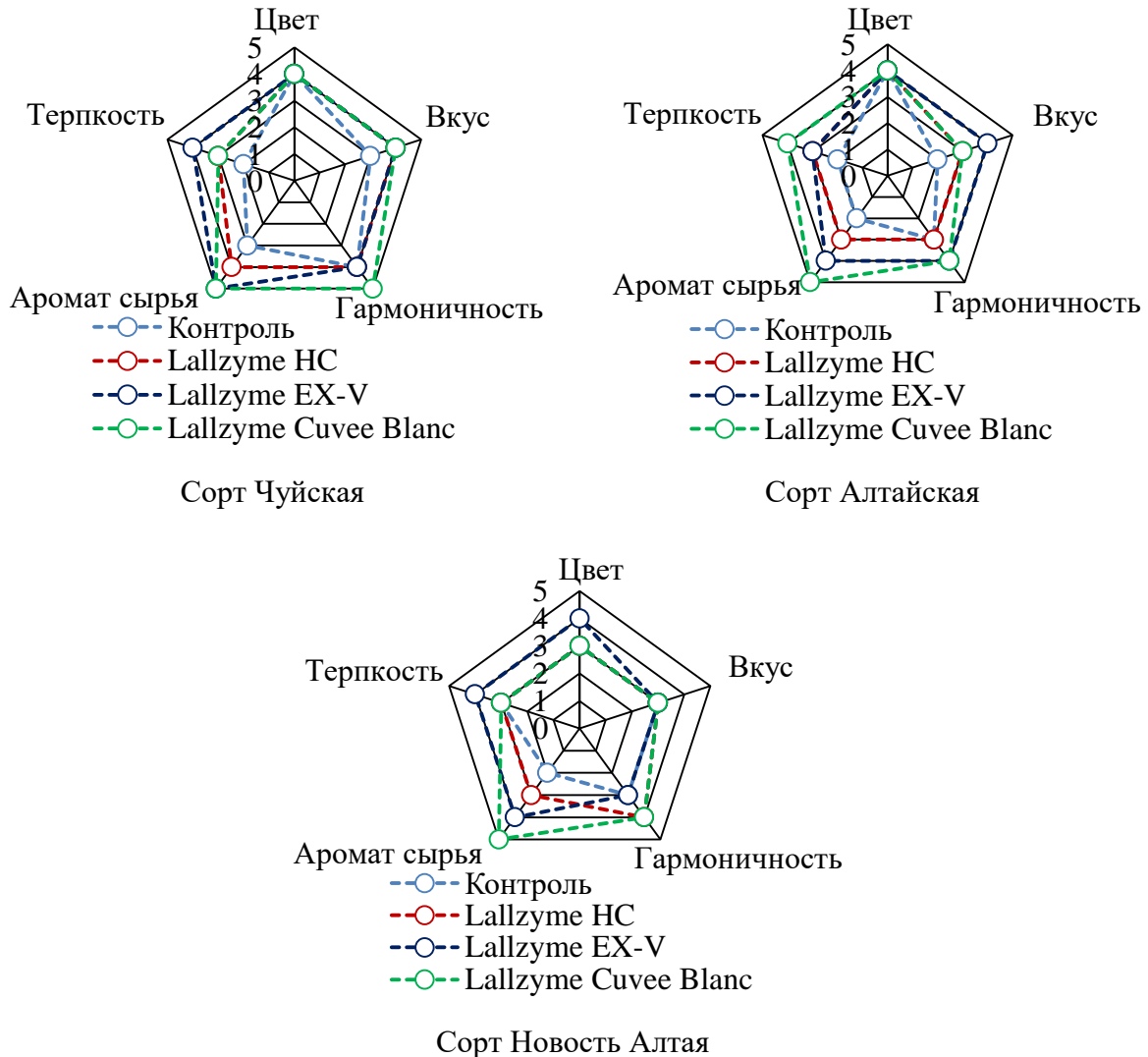


Рисунок 6 – Органолептические характеристики сока после обработки пФП

Важным потребительским свойством напитков является стабильность внешнего вида и вкуса в течение срока годности. В опыте моделировали хранение пастеризованного при $T = 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 1 ч нектара облепихового сокодержущего неосветленного (НСН) при $T_{\text{помещения}} (22 \pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $T = (7 \pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ без доступа света. Для объективной оценки изменения показателей внешнего вида НСН разработана оценочная шкала (таблица 3).

Можно видеть, что при хранении НСН как при $T = (22 \pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$, так и при $T = (7 \pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ наблюдается низкая стабильность показателей внешнего вида (рисунок 7): при хранении НСН признаки нестабильности напитка начинают проявляться уже на четвертый месяц хранения при $T = (22 \pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ и на восьмой месяц при $T = (7 \pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Таблица 3 – Шкала для оценки изменения внешнего вида НСН

Оценка, балл	Описательные характеристики напитка
5	Обладает ярким цветом, отсутствуют признаки расслаивания и потемнения
4	Обладает ярким цветом, отсутствуют признаки потемнения; имеются признаки расслаивания, устраняющиеся при взбалтывании напитка
3	Обладает ярким цветом, однако имеются признаки потемнения; имеются признаки расслаивания, устраняющиеся при взбалтывании напитка
2	Обладает тусклым цветом с выраженными признаками потемнения; имеются признаки расслаивания, устраняющиеся при взбалтывании напитка
1	С выраженными тонами потемнения или имеются признаки расслаивания, не устраняющиеся при взбалтывании напитка

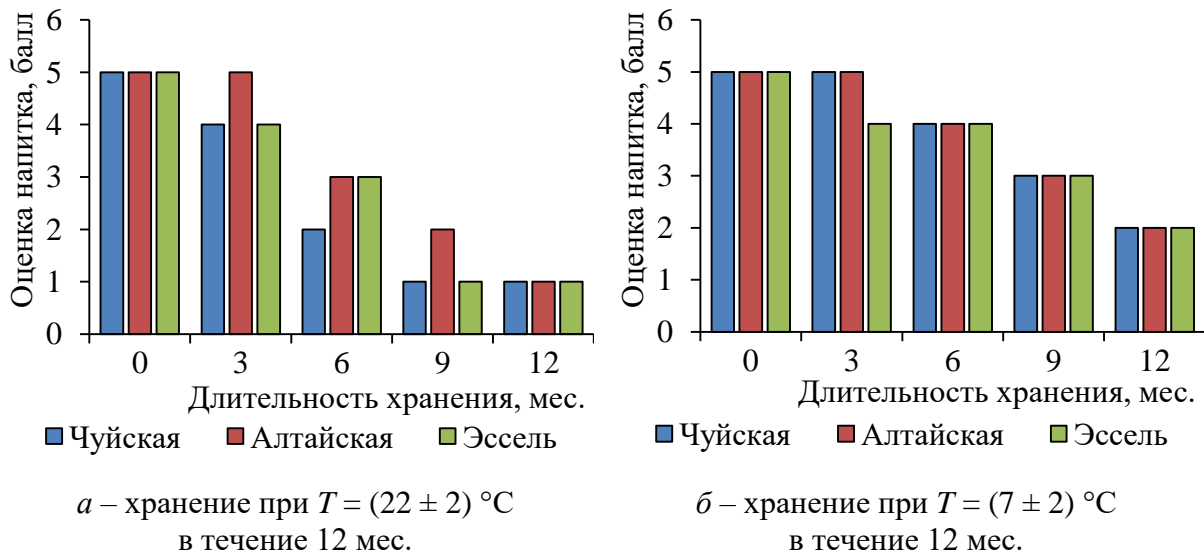


Рисунок 7 – Изменение показателей внешнего вида НСН

Анализ причин и механизмов возникновения потемнений в напитках из облепихи позволил создать формальную модель для установления взаимосвязей между причинами их низкой стабильности (рисунок 8).

В целом результаты исследований доказывают, что процессы потемнения и, как следствие, ухудшение внешнего вида НСН протекают независимо от сорта облепихи, при этом, вероятно, зависят от содержания таких нестабильных и РСС, как АсК и ФВ различных классов. Кроме того, при хранении НСН образовались трудно разрушаемые масляные кольца на поверхности зеркала напитка. Наиболее простым и технологически реализуемым методом повышения стабильности может стать осветление сока облепихи.

На следующем этапе решения второй задачи была установлена взаимосвязь между процессами нагревания, деградации АсК и потемнением облепиховых соков.



Рисунок 8 – Формальная модель для установления взаимосвязей между компонентами состава и причинами потемнения напитков из облепихи

На данном этапе исследований для гидролиза пектина использовали ФП Rapidase Clear. Для оценки влияния деградации АсК на оптические характеристики сока образцы центрифугировали, пропускали через фильтр-картон для осветления, а затем проводили спектрофотометрическое исследование (рисунок 9).

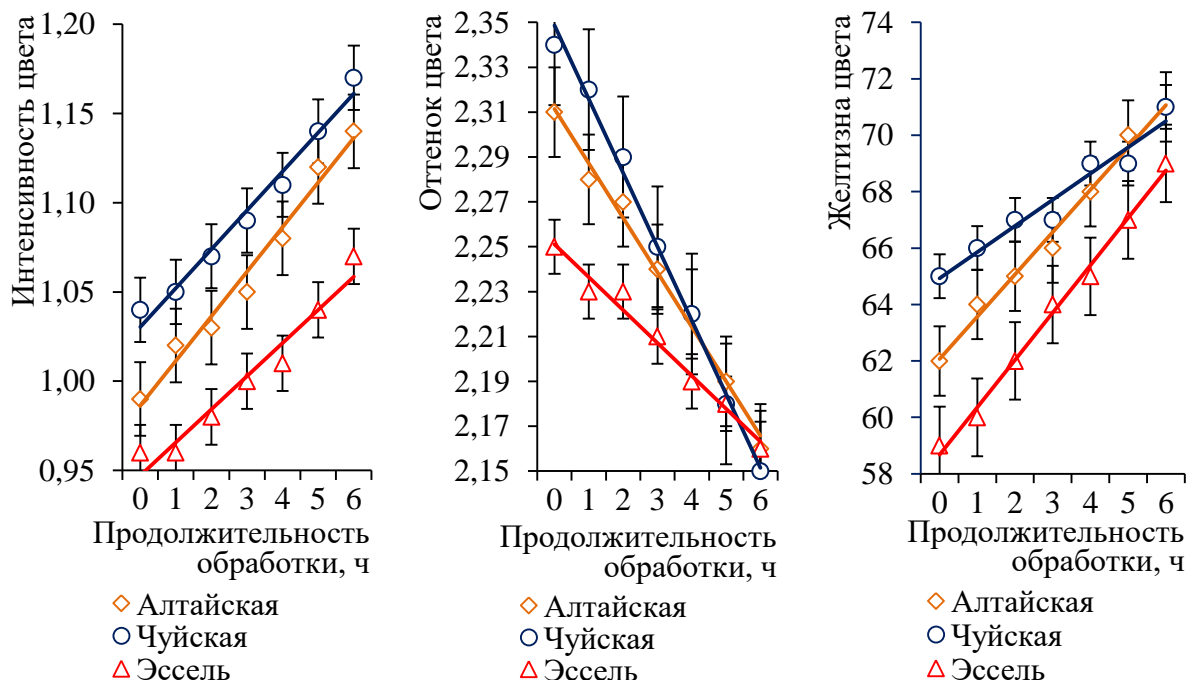


Рисунок 9 – Влияние продолжительности ферментации на цветовые характеристики образцов сока облепихи ($n = 3$, $M \pm m$)

С деградацией АсК происходит усиление интенсивности цвета и желтизны, что свидетельствует о приобретении образцами коричневых

оттенков. На следующем этапе проводили обработку соков 5 %-й суспензией бентонита в возрастающей концентрации от 1 до 3 г/дм³. В таблице 4 показаны результаты осветления образцов облепиховых соков, предварительно обработанных ФП Rapidase Clear в дозировке 0,05 % мас.

Таблица 4 – Результаты осветления образцов соков ($n = 3, M \pm m$)

Сорт	Показатель	Дозировка бентонита, г/дм ³ сока				
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Алтайская	Мутность, ед. NTU	980 ± 11,0	427 ± 8,0	64,5 ± 3,4	6,8 ± 1,1	5,1 ± 1,0
	Доля осадка, %	4,5 ± 0,2	8,2 ± 0,2	11,4 ± 0,4	16,5 ± 0,5	22,1 ± 0,5
	М. к. АсК, мг/кг	689 ± 8	623 ± 11	577 ± 7	518 ± 6	488 ± 12
Чуйская	Мутность, ед. NTU	1 087,0 ± 14,0	582,0 ± 9,0	102,0 ± 4,0	7,2 ± 1,0	4,3 ± 0,8
	Доля осадка, %	6,4 ± 0,3	9,8 ± 0,4	13,7 ± 0,5	18,4 ± 0,5	23,2 ± 0,3
	М. к. АсК, мг/кг	1105 ± 13	1025 ± 8	67 ± 3	874 ± 4	796 ± 8
Эссель	Мутность, ед. NTU	8 76,0 ± 14,0	368,0 ± 7,0	36,5 ± 2,9	3,7 ± 0,6	3,1 ± 0,4
	Доля осадка, %	4,3 ± 0,2	7,6 ± 0,4	9,8 ± 0,4	13,4 ± 0,5	17,5 ± 0,5
	М. к. АсК, мг/кг	472 ± 11	428 ± 8	411 ± 6	376 ± 5	355 ± 5

Использование предварительной обработки ФП позволяет сократить дозировку бентонита при осветлении сока до 2,5 г/дм³, что сокращает экономические издержки при производстве. На рисунке 10 показан внешний вид облепихового сока по мере увеличения дозировки бентонита (слева направо).



Бентонит, г/дм ³	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Мутность, ед. NTU	876,0 ± 14,0	368,0 ± 7,0	36,5 ± 2,9	3,7 ± 0,6	3,1 ± 0,4

Рисунок 10 – Внешний вид сока из облепихи сорта Эссель после осветления бентонитом в различной дозировке

В осветленных соках определяли цветовые характеристики (рисунок 11).

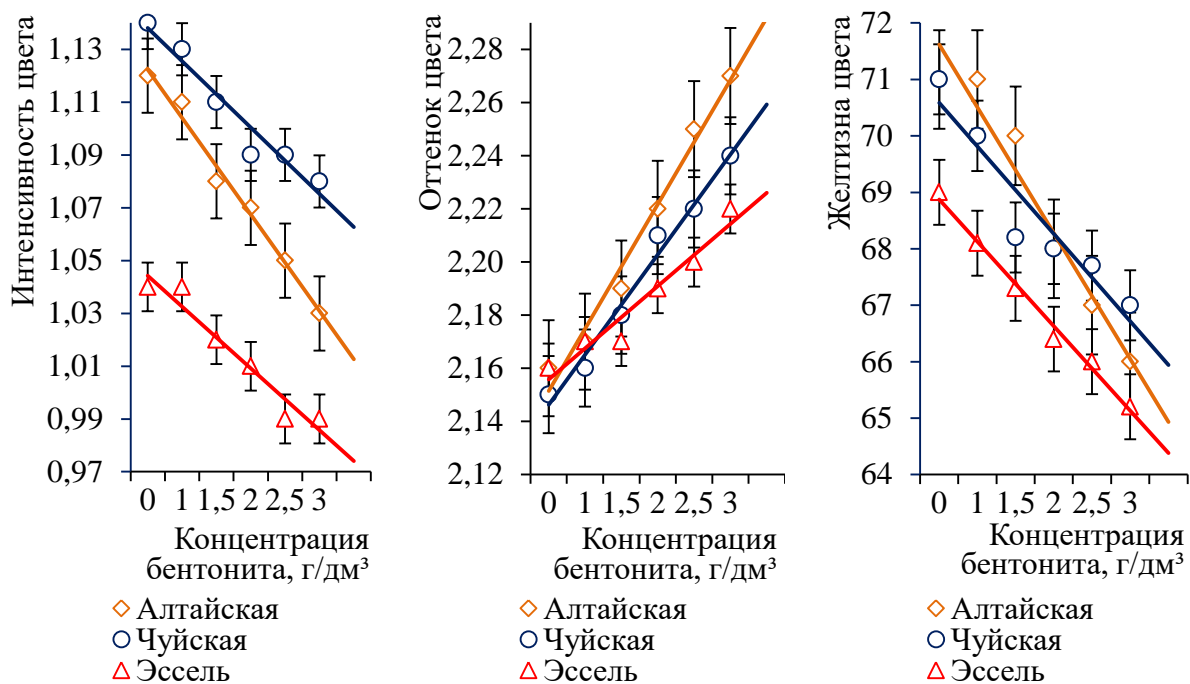


Рисунок 11 – Влияние концентрации бентонита на цветовые характеристики образцов сока ($n = 3$, $M \pm m$)

Таким образом, обработка облепиховых соков бентонитом приводит к частичному восстановлению их исходного цвета, что, вероятно, объясняется избирательной сорбцией темноокрашенных соединений, образующихся при деградации АсК.

На заключительном этапе решения второй задачи изучена возможность использования поливинилполипирролидона (ПВПП) (Kollidon CL-M, Plasdone C-15 и Polyclar V) для избирательной сорбции ФВ и обеспечения оптимальных цветовых показателей сока, в том числе в период хранения. Цвет необработанного сока был охарактеризован как темно-соломенный. Начальное содержание ФВ в соке составило $(1\,278,4 \pm 11,2)$ мг/дм³, в том числе ПЦА – $(342,7 \pm 4,6)$ мг/дм³; интенсивность цвета – $(1,42 \pm 0,04)$, оттенок – $(1,22 \pm 0,02)$, желтизна – $(66,14 \pm 0,42)$.

Для ПВПП варьировались дозировка препарата и продолжительность обработки. Все опыты проведены при T обрабатываемых соков (22 ± 2) °С. В результате получены уравнения, описывающие зависимость концентрации ФВ в соках от продолжительности обработки и дозировки ПВПП:

$$C_1 = 1\,828,63 - 27,88x - 9,04y - 13,62x^2 - 2,25xy + 0,11y^2; \quad (1)$$

$$C_2 = 1\,279,96 - 8,72x - 8,22y - 31,16x^2 - 1,83xy + 0,09y^2; \quad (2)$$

$$C_3 = 1\,292,85 - 72,97x - 9,13y - 34,60x^2 - 3,77xy + 0,09y^2, \quad (3)$$

где C_1 , C_2 , C_3 – массовая доля полифенольных веществ в соках для препаратов Kollidon CL-M, Plasdone C-15 и Polyclar V соответственно, мг/дм³;

x – дозировка соответствующего препарата ПВПП, г/дм³; y – продолжительность обработки сока препаратом ПВПП, мин.

Как показали исследования, основной фракцией ФВ, связываемых ПВПП, являются ПЦА. Динамика снижения ПЦА показана на рисунке 12.

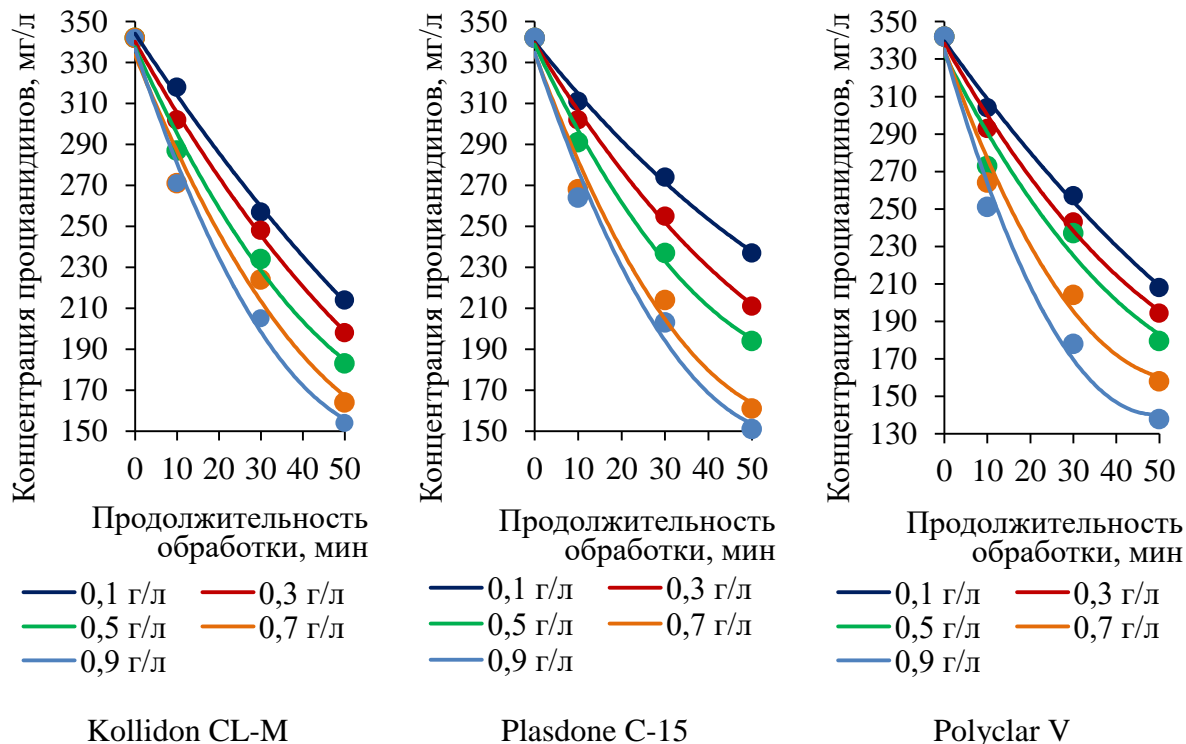


Рисунок 12 – Динамика снижения концентрации ПЦА при обработке ПВПП ($n = 3$, $M \pm m$)

Установлено, что использование ПВПП в концентрациях свыше 0,7 г/дм³ происходит к заметному снижению качества сока – нарушению гармоничности вкуса (водянистость). Образцы сока, обработанные препаратом Polyclar V, приобрели светло-соломенную окраску различной интенсивности, вкус и аромат стали более чистыми, гармоничными, с отсутствием дефектов, вызванных протеканием окислительных процессов. По совокупности данных, представленных на рисунке 13, можно сделать вывод, что при обработке облепихового сока препаратом Polyclar V в дозировках 0,5–0,7 г/дм³ наблюдается эффективное снижение интенсивности и желтизны цвета.

Предложенный способ устранения дефектов облепиховых соков можно рекомендовать производителям безалкогольной продукции и продуктов с облепихой. Зарегистрирована программа для ЭВМ № 2021616957 «Расчет количества остаточных полифенолов в напитках при обработке препаратами поливинилпирролидона (ПВП)».

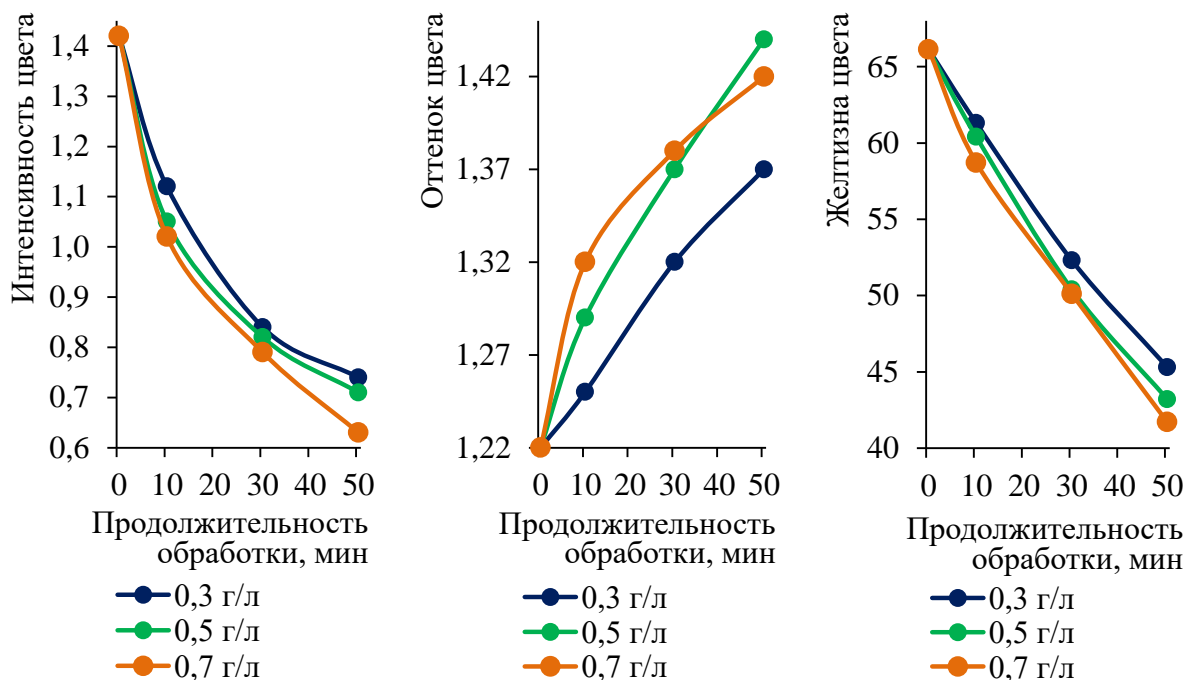


Рисунок 13 – Динамика оптических показателей облепихового сока при обработке ПВПП Polyclar V ($n = 3, M \pm m$)

В рамках решения *третьей задачи* разработана технология КСС длительного срока хранения и повышенной антиоксидантной активности (АОА). В качестве основы КСС использовали богатые каротиноидами плоды тыквы обыкновенной (*Cucurbita pepo*). Приготовленные образцы КСС содержали 30 %; 40 % и 50 % пюре тыквы, а также 25,0, 50,0 и 75,0 г/дм³ углеводов. Объем вносимого облепихового сока прямого отжима рассчитывали алгебраическим методом, до получения ТК напитка 5,0 г/дм³. Полученные образцы оценивали органолептически по пяти показателям: внешний вид; вкус; аромат; сладость; гармоничность. Была получена математическая модель, отражающая зависимость суммы баллов органолептической оценки (Σ) от доли сахаросодержащего компонента, вносимого в напиток (x) и доли тыквенного пюре (y):

$$\Sigma = -8,667 + 0,85x + 5,133y - 0,01x^2 - 0,01xy - 0,4y^2. \quad (4)$$

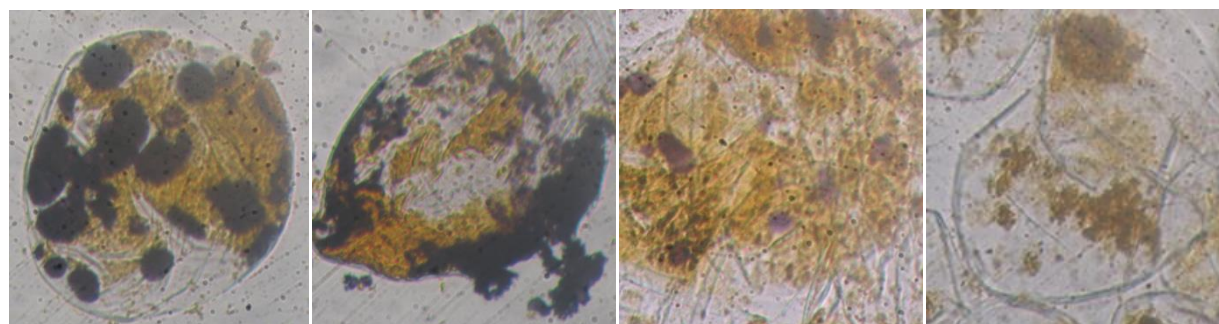
Готовый напиток имел выраженный аромат облепихи и жидкую консистенцию, более присущую соку с мякотью, нежели густому смузи. В таблице 5 приведены физико-химические показатели КСС перед нагреванием и внесением пектина, а также сразу после охлаждения до 20 °С и после хранения в течение 5 и 10 сут.

Вместе с тем стабильность напитков с неоднородной консистенцией является серьезной технологической проблемой, требующей новых подходов для обеспечения реологических характеристик КСС, обеспечивающих в совокупности нерасслаивающуюся консистенцию напитка.

Таблица 5 – Физико-химические показатели образцов КСС ($n = 3, M \pm m$)

Показатель	Свежий смузи	Смузи с 3 % пектина		
		После охлаждения до 20 °С	После хранения в течение	
			5 сут	10 сут
М. д. углеводов, %	5,02 ± 0,03	5,00 ± 0,03	5,00 ± 0,03	5,0 ± 0,03
М. д. ТК в пересчете на яблочную кислоту, %	0,48 ± 0,03	0,49 ± 0,03	0,49 ± 0,02	0,49 ± 0,03
М. к. каротиноидов, мг/100 г	1,91 ± 0,04	1,74 ± 0,03	1,59 ± 0,04	1,53 ± 0,04

Использование ФП Termamil 2X (термостабильная бактериальная α -амилаза) для гидролиза крахмалистой части пюре тыквы (рисунок 14), обуславливающей стабильный каркас за счет крахмальных зерен в клетках ткани, способствует повышению пищевой ценности и улучшению органолептических свойств КСС за счет накопления моносахаридов и декстринов.



a – гранулы крахмала тыквы перед проведением ферментативной обработки

б – частичный гидролиз крахмальных гранул (20 мин, 0,04 % ферментного препарата)

в – частичный гидролиз гранул крахмала под действием амилазы (40 мин, 0,04 %)

г – клетки мякоти тыквы с растворенными зернами крахмала (60 мин, 0,04 % ферментного препарата)

Рисунок 14 – Расщепление крахмала при обработке пюре тыквы ФП Termamil 2X

В образцах КСС, полученных из гидролизованного ФП тыквенного пюре, максимальное количество отделившейся жидкой фазы за 24 ч не превышает 3 %.

В эксперименте показана возможность пастеризации для консервирования КСС при $T = 50; 60$ и 70 °С в течение 40; 50 и 60 мин (рисунок 15) с максимальной $T_{\text{нагрева}} = 70$ °С, так как образцы КСС содержат термолабильные БАВ. Результаты эксперимента показывают, что пастеризация КСС при $T = 70$ °С в течение 60 мин позволяет увеличить продолжительность хранения в герметично укупоренной стеклянной таре до 25 сут. Таким образом, использование данного приема позволяет увеличить срок реализации продукции, что положительно сказывается на ее рентабельности.

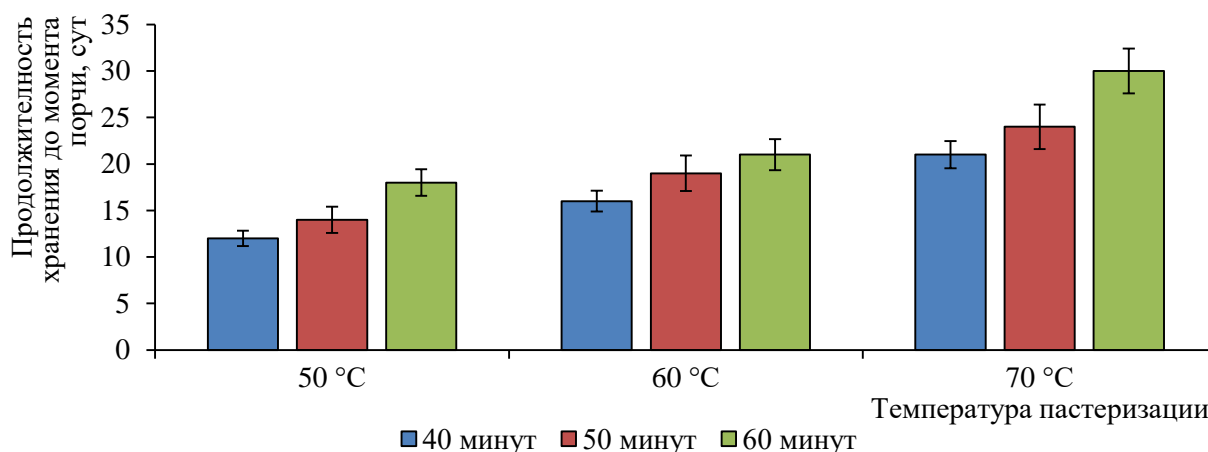


Рисунок 15 – Продолжительность хранения образцов КСС в зависимости от T и продолжительности пастеризации ($n = 3$, $M \pm m$)

Исследование физико-химических показателей образцов КСС (таблица 6) показало, что наблюдается разрушение каротиноидов – 18,3 %; 23,2 % и 32,3 % по отношению к содержанию в свежеприготовленных КСС ((1,64 ± 0,05) мг/100 г) в зависимости от T пастеризации. В результате органолептической оценки образцов КСС было отмечено, что с повышением T пастеризации и увеличением ее продолжительности улучшаются органолептические свойства смузи, что, вероятно, связано с протеканием процессов ассимиляции вкусоароматических веществ.

Таблица 6 – Физико-химические показатели образцов КСС после пастеризации ($n = 3$, $M \pm m$)

Температура пастеризации тыквенно-облепиховых смузи, °C	Массовая концентрация			
	ТК в пересчете на яблочную, г/л	сахаров, г/л	ФВ, мг/дм ³	каротиноидов, мг/100 г
50	4,91 ± 0,02	74,3 ± 1,3	254,2 ± 8,5	1,34 ± 0,05
60	4,92 ± 0,03	74,3 ± 1,4	243,2 ± 9,6	1,26 ± 0,06
70	4,92 ± 0,02	74,3 ± 1,4	237,5 ± 11,2	1,11 ± 0,08

Была проведена серия опытов по изучению влияния концентрации рутина, выделенного из шрота облепихи (новизна технического решения закреплена в виде патента РФ 2711728 «Способ получения комплекса биофлавоноидов из обезжиренного облепихового шрота»), в КСС перед пастеризацией на содержание каротиноидов в продукте после пастеризации (рисунок 16). Можно видеть, что при пастеризации в течение 60 мин в присутствии рутина наблюдается его стабилизирующее действие на каротиноиды. Полученные результаты позволяют не только научно обосновать способ сохранения каротиноидов на 96,3 %; 92,1 % и 90,2 % при различных температурах пастеризации смузи, но и обеспечить более высокую АОА готовых напитков – 1,02–1,18 мг/г (в пересчете на АОА кверцетина).

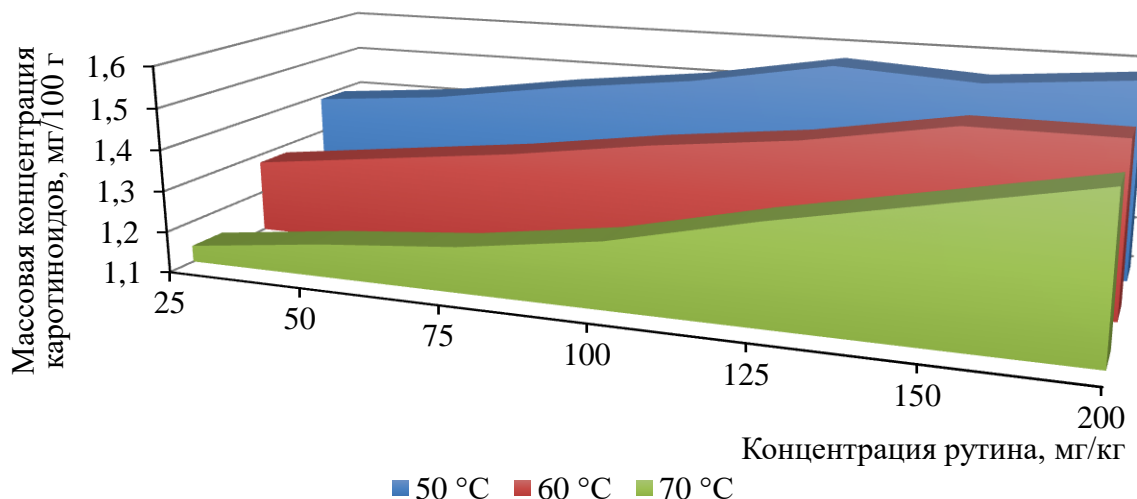


Рисунок 16 – Влияние концентрации рутина на сохранность каротиноидов при проведении пастеризации в течение 1 ч

Исследована микробиологическая безопасность образцов КСС по истечении срока хранения (таблица 7).

Таблица 7 – Показатели микробиологической безопасности образцов КСС после хранения в течение 30 сут (пастеризация 1 ч) ($n = 3, M \pm m$)

Показатель	Допустимый уровень (ТР ТС 021/2011)	T пастеризации, °C		
		50	60	70
КМАФАнМ, КОЕ/г, см ³ , не более	30	15 ± 2	10 ± 3	5 ± 1
БГКП, не допускаются в массе продукта, г/см ³	100	Не обнаружено		
Дрожжи и плесени (в сумме), КОЕ/см ³ , не допускаются	40	35 ± 2	30 ± 1	25 ± 4

Можно сделать вывод, что гарантированный срок хранения КСС по разработанной технологии может составлять не менее 25 сут.

КСС представляет собой сложный продукт, полученный методами пищевой биотехнологии, характеризующийся равномерной текучей без склонности к расслаиванию консистенцией, зависящей от соотношения рецептурных компонентов. Результаты органолептической оценки, физико-химических и микробиологических исследований подтвердили их высокое качество, в том числе в хранении. Новизна технического решения закреплена патентом РФ 2734509 «Состав для производства смузи тыквенно-облепихового».

Глава 5 «Формирование научных принципов и разработка технологических решений производства безалкогольных ферментированных напитков из облепихи». В рамках решения *четвертой задачи* были изучены и научно обоснованы режимы использования традиционных СК

O. indichi и *M. gisevi* в технологии БФН из облепихи. В таблице 8 представлены составы сусел для культивирования культур, подобранные для получения конечной кислотности напитков не более 5 г/дм³.

Таблица 8 – Компонентный состав сусел для приготовления БФН, %

Вид сырья	Тиби (<i>O. indichi</i>)	Комбуча (<i>M. gisevi</i>)
Сок облепиховый прямого отжима	25,00	25,00
Сахароза	10,00	10,00
Настой зеленых листьев чая*	–	2,25
Вода питьевая	До 100,00	До 100,00

Примечание – * Содержание ФВ в настое (0,215 ± 0,007) %.

В эксперименте установлено (рисунок 17), что в случае культивирования *M. gisevi* утилизация питательных углеводов суслы протекает более глубоко, что приводит к интенсивному накоплению этанола в среде и, как следствие, высокому содержанию ТК, в том числе за счет более благоприятных условий для развития уксуснокислых бактерий *A. aceti* и *A. xylinum*, склонных к биосинтезу уксусной кислоты.

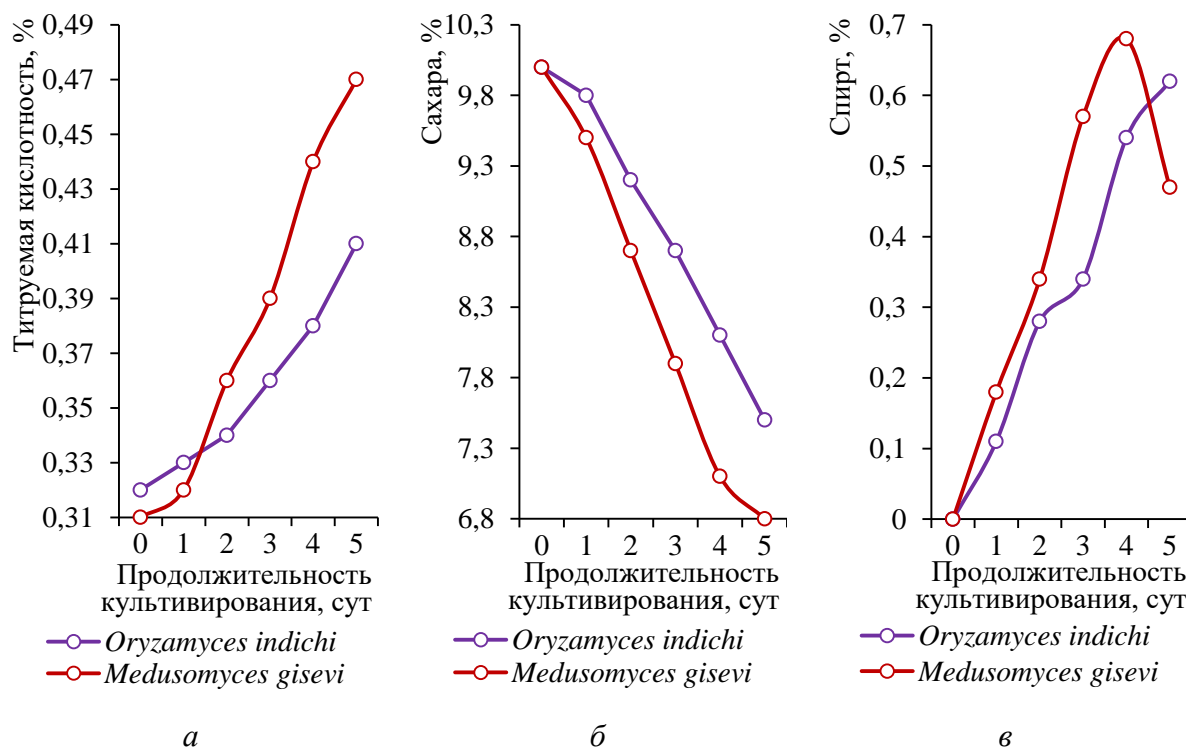


Рисунок 17 – Динамика содержания органических кислот (а), сахаров (б) и этилового спирта (в) при культивировании *O. indichi* и *M. gisevi* в течение 5 сут ($n = 3, M \pm m$)

Методом капиллярного электрофореза установлено, что преобладающей органической кислотой в БФН является яблочная, привносимая со-

ком облепихи, ее содержание при культивировании практически не меняется. Отмечен прирост содержания янтарной, молочной и уксусной кислот, что, по-видимому, объясняется особенностями биосинтеза микроорганизмов, входящих в состав СК *O. indichi* и *M. gisevi*.

Стоит отметить, что облепиховый сок в составе тибби положительно влияет на органолептические свойства напитка, придавая ему яркие вкусоароматические тона облепихи, маскируя при этом нежелательный хлебный аромат, а также достаточно сильный запах уксусной кислоты, характерный для контрольного образца (рисунок 18).

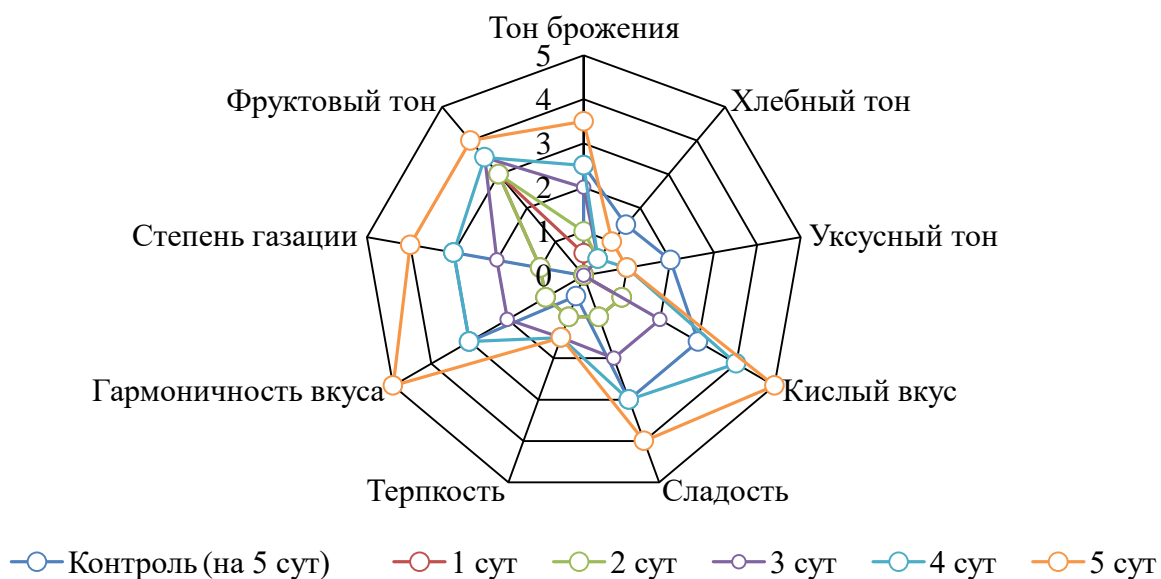


Рисунок 18 – Профилограмма органолептических свойств тибби

По внешнему виду напиток светло-желтого цвета, замутненный, без посторонних включений, с легким пенообразованием и непродолжительным выделением CO_2 при наливе в бокал. Вкус напитка сладковато-кислый, освежающий, приятный.

Комбуча с облепихой – напиток желтого цвета, замутненный, без посторонних включений, вкус кисло-сладкий, терпкий, с выраженным вкусом и ягод облепихи и сложным ароматом, сочетающим тона брожения, сырья, а также характерный для данного типа напитка уксусный аромат (рисунок 19).

В эксперименте установлено, что для увеличения срока годности БФН наибольшую эффективность показало использование смеси сорбиновой и бензойной кислот (150 и 50 мг/дм³ соответственно). Так, к 30-м суткам культивирования максимальное накопление уксусной кислоты составило 1,33 и 1,42 г/дм³ для напитков тибби и комбуча соответственно (начальные уровни – 1,03 и 1,22 г/дм³ соответственно).

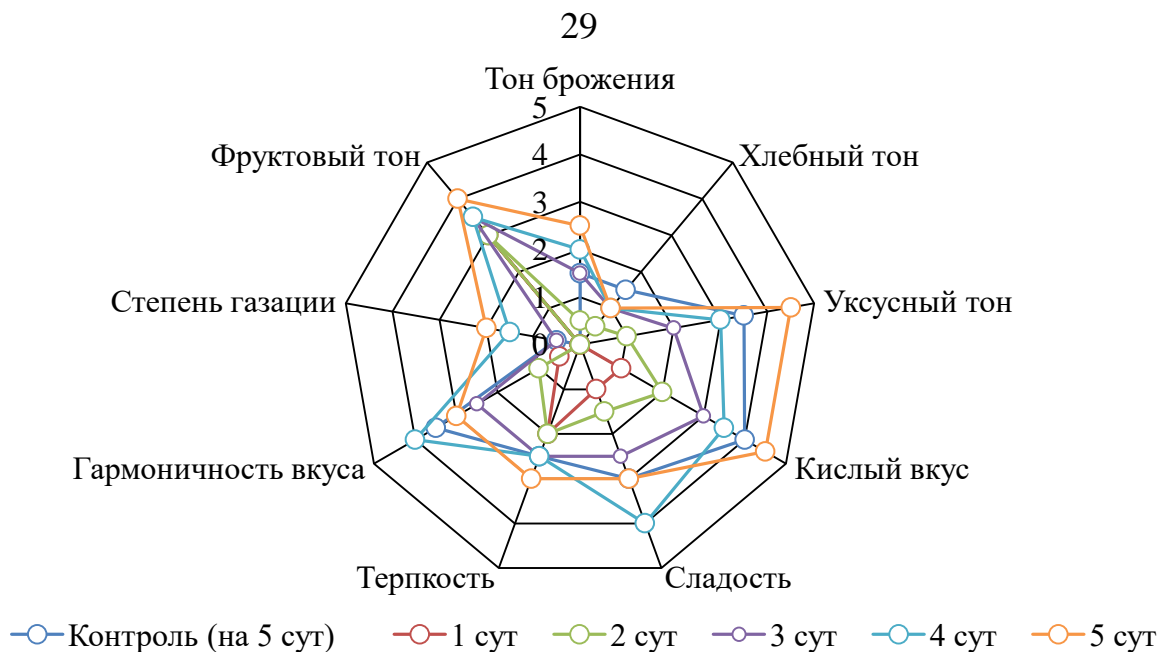


Рисунок 19 – Профилограмма органолептических свойств комбучи

В таблицах 9 и 10 приведены результаты исследования показателей качества БФН из облепихи.

Таблица 9 – Показатели микробиологической безопасности образцов БФН после хранения в течение 30 сут ($n = 3, M \pm m$)

Показатель	Допустимый уровень ТР ТС 021/2011)	Тиби с облепихой	Комбуча с облепихой
КМАФАнМ, КОЕ/г, см ³ , не более	10	5 ± 2	6 ± 3
БГКП, не допускаются в массе продукта, г/см ³	100	Не обнаружено	
Дрожжи и плесени (в сумме), КОЕ/см ³ , не допускаются	100	78 ± 8	62 ± 9

Таблица 10 – Физико-химические показатели БФН после хранения в течение 30 сут ($n = 3, M \pm m$)

Показатель	Тиби с облепихой	Комбуча с облепихой
М. д. сахаров, %	6,14 ± 0,10	5,51 ± 0,10
М. д. ТК в пересчете на яблочную кислоту, %	0,44 ± 0,03	0,51 ± 0,03
О. д. спирта, %	0,64 ± 0,05	0,84 ± 0,05

Таким образом, БФН, полученные с использованием СК *O. indicum* и *M. gisevi*, представляют собой сложные напитки, полученные методами пищевой биотехнологии. Результаты органолептической оценки, физико-химических и микробиологических исследований подтвердили их высокое качество, в том числе в хранении.

Глава 6 «Научное обоснование и практическая реализация технологии производства и формирования качества винодельческой продукции из облепихи». В рамках решения *пятой задачи* проводились исследования по интенсификации и оптимизации технологии винодельческой продукции из облепихи. При сбраживании суслу автохтонными микроорганизмами сырья уменьшается количество образующегося спирта, в среде остаются недоброжелательные углеводы, а ТК повышается, при этом в образцах ощущается запах уксусной кислоты, что свидетельствует об инфицировании суслу уксуснокислыми бактериями. В эксперименте были изучены коммерческие препараты активных сухих винных дрожжей (АСВД) для использования в технологии вин и винных напитков из облепихи.

При определении органических кислот было установлено (таблица 11), что дрожжи EC1118 и QA23 обладают способностью к снижению концентрации яблочной кислоты. В то же время дрожжи ICV D47 и ICV OPALE можно рассматривать как янтарогенные, поскольку они обеспечивают накопление янтарной кислоты выше уровня контроля.

Установлено, что при использовании дрожжей ICV OPALE и EC1118 в виноматериалах концентрация ФВ была более высокой. Это можно объяснить низкой способностью поверхности клеток дрожжей к связыванию ФВ, а также особенностями метаболизма клеток дрожжей, исключая или оказывающих незначительное влияние на процесс окисления ФВ при брожении. Дрожжи QA23, EC1118, ICV OPALE имеют уровень редукции побочных продуктов брожения выше, чем в контрольном образце (таблица 12).

Дрожжи 71В отличаются низким уровнем образования побочных продуктов брожения, что позволяет получать при их использовании вина и винные напитки с сортовым букетом, обусловленным ароматическими веществами сырья. По результатам выполненных исследований были зарегистрированы программы для ЭВМ № 2021617274 «Расчет состава суслу» и № 2021616965 «Оценка бродильной активности АСВД».

Одним из факторов, сдерживающих развитие производства винодельческой продукции из облепихи, является сложный процесс осветления виноматериала – сложной гетерогенной системы, состоящей из двух жидких (вода и масло) и твердой фаз. Возможность решения проблемы осветления заключается в проведении совместной обработки виноматериала бентонитом и ультразвуковым излучением (частота ультразвука 22 кГц, удельная мощность 6 Вт/дм³). Это способствует более полной коагуляции мутеобразующих частичек виноматериала и бентонита. Обычное время осветления виноматериала составляет не менее 24–28 ч, реализация предложенного способа позволяет сократить время осветления до 18–20 ч. Кроме того, указанный способ позволяет сократить количество бентонита на осветление с 7,0–10,0 г/дм³ до 3,0–5,0 г/дм³ (рисунок 20).

Таблица 11 – Содержание органических кислот в образцах виноматериалов ($n = 3, M \pm m$)

М. к. кислоты, г/дм ³	АСВД					
	LALVIN QA23	LALVIN 71B	LALVIN EC1118	LALVIN ICV D47	LALVIN ICV OPALE	LEVURE IOC 11-1002 (к)
Винная	0,22 ± 0,01	0,26 ± 0,01	0,24 ± 0,02	0,23 ± 0,01	0,23 ± 0,02	0,24 ± 0,02
Яблочная	4,83 ± 0,03	5,02 ± 0,02	4,91 ± 0,02	5,08 ± 0,03	5,04 ± 0,02	5,08 ± 0,03
Янтарная	0,44 ± 0,02	0,38 ± 0,02	0,42 ± 0,01	0,71 ± 0,02	0,64 ± 0,01	0,58 ± 0,02
Лимонная	0,89 ± 0,01	0,83 ± 0,02	0,86 ± 0,02	0,88 ± 0,04	0,83 ± 0,01	0,87 ± 0,02
Уксусная	0,29 ± 0,01	0,31 ± 0,02	0,42 ± 0,03	0,34 ± 0,02	0,37 ± 0,01	0,30 ± 0,01
Молочная	Нет	0,34 ± 0,03	0,31 ± 0,02	Нет	0,27 ± 0,03	0,32 ± 0,02

Таблица 12 – Содержание некоторых продуктов биосинтеза дрожжей в облепиховых виноматериалах ($n = 3, M \pm m$)

Компонент	АСВД					
	IOC 11-1002 (к)	ICV OPALE	ICV D47	EC1118	71B	QA23
Высшие спирты:	402,29 ± 6,36	420,45 ± 7,74	461,32 ± 7,12	413,39 ± 6,31	442,13 ± 5,44	423,88 ± 6,18
– пропанол-1	5,87 ± 0,15	6,34 ± 0,18	9,27 ± 0,33	5,68 ± 0,27	10,37 ± 0,23	6,02 ± 0,22
– бутанол-1	0,58 ± 0,08	0,39 ± 0,04	1,83 ± 0,07	0,49 ± 0,05	2,04 ± 0,06	0,63 ± 0,07
– бутанол-2	–	0,05 ± 0,02	0,18 ± 0,01	–	0,11 ± 0,02	–
– изобутанол	186,39 ± 2,36	198,57 ± 3,65	237,62 ± 4,12	187,31 ± 3,14	224,65 ± 2,18	191,64 ± 3,27
– пентанол-1	0,16 ± 0,06	0,24 ± 0,05	0,67 ± 0,12	0,23 ± 0,02	0,51 ± 0,03	0,11 ± 0,05
– изоамилол	207,62 ± 4,31	213,54 ± 4,37	208,64 ± 3,47	218,49 ± 3,44	201,67 ± 3,68	223,84 ± 2,14
– гексанол-1	1,67 ± 0,13	1,32 ± 0,11	3,11 ± 0,17	1,19 ± 0,10	2,78 ± 0,05	1,64 ± 0,09
Ароматические спирты:	54,44 ± 2,14	48,89 ± 1,89	30,71 ± 2,19	51,47 ± 2,34	26,15 ± 2,13	54,72 ± 1,96
– бензиловый	1,02 ± 0,18	1,24 ± 0,11	1,36 ± 0,11	1,11 ± 0,25	1,48 ± 0,36	1,08 ± 0,24
– 2-фенилэтанол	53,42 ± 2,01	47,65 ± 1,83	29,35 ± 2,05	50,36 ± 1,87	24,67 ± 1,77	53,64 ± 1,76

Продолжение таблицы 12

Компонент	АСВД					
	ИОС 11-1002 (к)	ICV OPALE	ICV D47	EC1118	71B	QA23
Альдегиды:	19,49 ± 1,62	16,6 ± 0,94	6,52 ± 0,74	18,85 ± 1,11	8,13 ± 0,96	20,04 ± 0,69
– бензальдегид	0,78 ± 0,41	0,36 ± 0,11	–	0,47 ± 0,34	–	0,29 ± 0,21
– ацетальдегид	18,71 ± 1,31	16,24 ± 0,82	6,52 ± 0,74	18,38 ± 0,82	8,13 ± 0,96	19,75 ± 0,51
Эфиры:	54,23 ± 4,78	48,77 ± 5,13	18,27 ± 2,24	51,75 ± 4,67	21,66 ± 5,17	48,91 ± 6,14
– этилацетат	54,23 ± 4,78	48,77 ± 5,13	18,27 ± 2,24	51,75 ± 4,67	21,66 ± 5,17	48,91 ± 6,14
Суммарное количество продуктов биосинтеза	530,45 ± 6,69	534,71 ± 7,34	516,82 ± 6,43	535,46 ± 6,18	498,07 ± 5,39	547,55 ± 6,34



Рисунок 20 – Динамика осветления и объем образующегося осадка в зависимости от концентрации бентонита при ультразвуковой обработке осветляемого виноматериала

В качестве ФП, позволяющего интенсифицировать процесс осветления без ультразвукового излучения, использовали пФП Rapidase Clear. Гидролиз полученной после измельчения плодов мезги проводили внесением ФП в диапазоне от 10 до 30 мл/т при $T = (30,0 \pm 2,0)^\circ\text{C}$ в течение 4 ч. Затем мезгу пастеризовали при $T = (65,0 \pm 2,0)^\circ\text{C}$ в течение 1 ч, охлаждали и сбразживали ($T_{\text{брожения}} = (22 \pm 2)^\circ\text{C}$). В результате пробного осветления установлено, что обработка мезги ягод облепихи ФП Rapidase Clear может быть использована только для десертных и универсальных сортов.

С учетом склонности облепиховых виноматериалов к покоричневению было проведено исследование процесса хранения исходного сухого виноматериала (м. к. железа $14,25 \text{ мг/дм}^3$) и виноматериала, обработанного катионитом «Термоксид 3А» с целью удаления ионов железа (новизна технического решения закреплена патентом РФ 2495100 «Способ получения облепихового вина»).

К 20-й неделе хранения исходных образцов (без деметаллизации) в стандартных условиях в исходном вине наблюдалось образование осадка и незначительное помутнение. Произошло изменение цветности с 0,176 до 3,513, а виноматериал приобрел коричневые тона, что подтверждено увеличением значения оптической плотности при длине волны 420 нм, характеризующей накопление в вине темноокрашенных продуктов окисления.

Начало видимых изменений виноматериала, обработанного катионитом «Термоксид 3А», приходится на 36-ю неделю хранения. Значение интенсивности окраски в этот период составило 1,675, оптическая плотность образца увеличилась почти в 9,5 раза, тогда как при последующем хранении до момента окончания эксперимента (70-я неделя) эта величина возросла только в 1,8 раза. Полученные опытные данные обрабатывали методом регрессионного анализа для получения количественной связи интенсивности окраски виноматериала с температурно-временными факторами.

Для осветленного облепихового виноматериала без обработки ионообменным сорбентом расчетное уравнение имеет вид кинетического уравнения первого порядка:

$$I(t, \tau) = 0,47e^{K(t)\tau}, \quad (5)$$

где t – температура хранения, $^\circ\text{C}$; τ – время хранения, недели; $K(t)$ – константа скорости реакции, рассчитываемая по формуле

$$K(t) = 1,83 \cdot 10^8 e^{\left(\frac{5,15 \cdot 10^4}{8,31(273+t)}\right)}. \quad (6)$$

Для виноматериала, скорректированного по составу, искомое расчетное уравнение имеет вид кинетического уравнения первого порядка:

$$I(t, \tau) = 0,77e^{K(t)\tau}, \quad (7)$$

где константа скорости реакции $K(t)$ определяется соотношением

$$K(t) = 6,12 \cdot 10^4 e^{\left(\frac{3,59 \cdot 10^4}{8,31(273+t)}\right)}. \quad (8)$$

Таким образом, по известным значениям интенсивности окраски виноматериала и T его хранения с помощью расчетных зависимостей можно прогнозировать срок хранения. В то же время удаление ионов железа позволяет увеличить гарантийный срок хранения для вин приблизительно в 2 раза до момента появления минимальных признаков порчи продукта и в 2,5 раза до полной потери потребительских свойств.

С целью прогнозирования срока хранения, изучения интенсивности и динамики покоричневения облепиховых вин применен метод кинетического моделирования. Подготовленные образцы подвергались выдержке в условиях действия повышенной $T = 30 \text{ }^\circ\text{C}$; $40 \text{ }^\circ\text{C}$ и $55 \text{ }^\circ\text{C}$ без взаимодействия с кислородом воздуха. В качестве контрольных использовались указанные выше образцы, хранившиеся при $T = (18 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$. С использованием полученных кинетических моделей рассчитали срок хранения образцов вин: для полусладкого – 52 недели, для сладкого – 115 недель, для ликера – 211. Исследование изменения цветности образцов, содержащих сахарозаменители ксилит, эритрит и сорбит, показало, что их введение в сухой виноматериал также замедляет процесс покоричневения. По полученным данным срок хранения этих вин составил 138; 150 и 143 недели соответственно. Изучение химического состава и оптической плотности образцов позволило установить зависимость между цветовыми параметрами вин и содержанием в них ФВ (таблица 13).

Таблица 13 – Сравнительная характеристика интенсивности окраски и общего содержания ФВ в образцах облепиховых вин ($n = 3, M \pm m$)

Сорт облепихи	Интенсивность окраски вин			Общее количество ФВ в винах, мг/дм ³		
	полусладких	сладких	ликерных	полусладких	сладких	ликерных
Эссель	0,099	0,058	0,067	271 ± 11	260 ± 10	255 ± 13
Чуйская	0,138	0,088	0,135	308 ± 14	245 ± 17	222 ± 14
Чечек	0,120	0,137	0,057	523 ± 12	476 ± 11	–
Иня	0,154	0,130	0,066	344 ± 13	283 ± 15	283 ± 11
Елизавета	0,253	0,218	0,256	520 ± 14	307 ± 11	437 ± 15
Алтайская	0,209	0,188	0,222	742 ± 34	498 ± 11	433 ± 15
Ажурная	0,165	0,172	0,154	1103 ± 11	995 ± 12	285 ± 16

Для корректировки цвета винных напитков были использованы разрешенные в виноделии активированные угли (АУ) Granucol ВІ, FА и GЕ. Установлено, что использование АУ Granucol положительно влияет на снижение концентрации ФВ в виноматериале, при этом наилучшие результаты наблюдаются при использовании АУ Granucol ВІ. В целом обработка

углем данного типа позволяет снизить общее содержание ФВ в облепиховом вине в 2,1 раза (дозировка АУ 150 мг/100 мл). Использование АУ Granucol FA и Granucol GE также приводит к снижению количества ФВ, однако менее эффективно – в 1,52 и 1,67 раза соответственно. По эмпирическим данным построены графики зависимости характеристик цвета от концентрации АУ Granucol (рисунок 21). Цвет виноматериала с увеличением массы вносимого АУ Granucol BI менялся от насыщенного янтарного до светло-соломенного. Granucol FA и Granucol GE также способствуют снижению интенсивности цвета, однако визуально вина, обработанные этими АУ, сохраняют коричневые тона в окраске, что снижает их визуальную привлекательность.

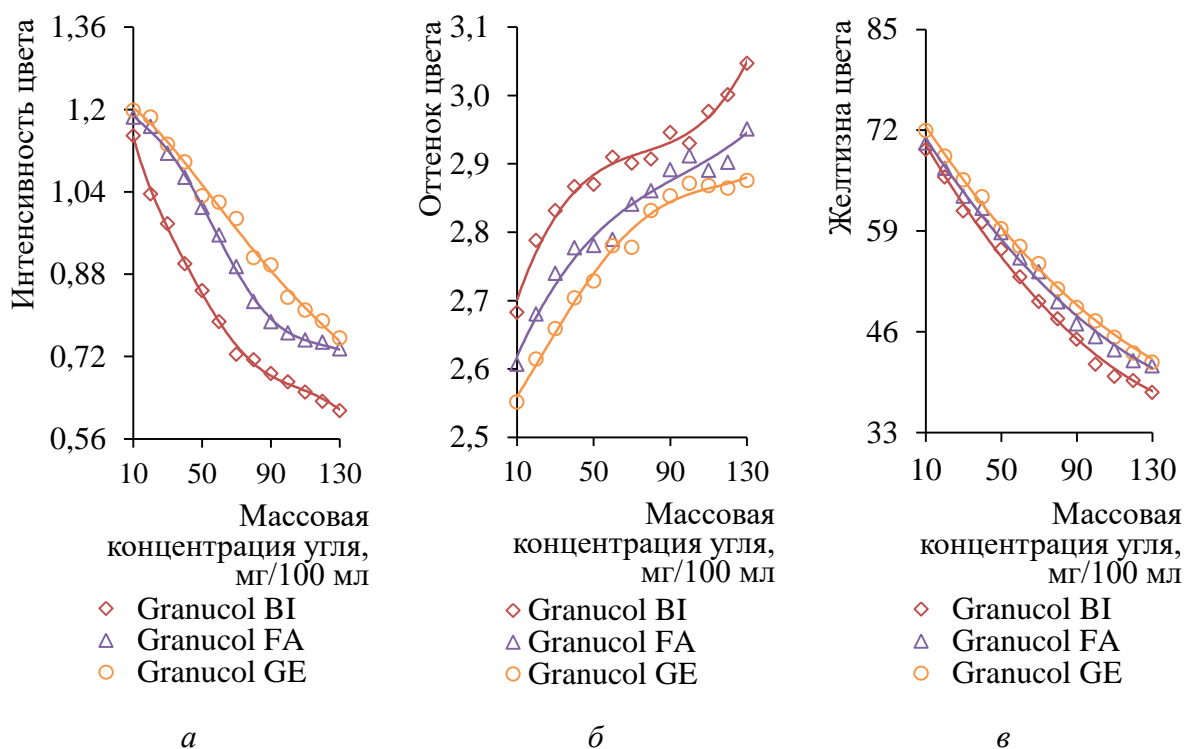


Рисунок 21 – Зависимость интенсивности цвета (а), оттенка (б) и желтизны (в) от концентрации АУ Granucol

Применение АУ позволяет в значительной степени устранить нежелательные вкусовые (излишняя терпкость) и ароматические (дрожжевой тон, сивушный тон) свойства, при этом гармоничность вин в целом улучшается. Таким образом, можно сделать вывод о перспективности использования АУ Granucol для улучшения органолептических характеристик облепиховых вин.

Была разработана технология нового типа напитка – фруктового облепихового сидра, основанная на применении дрожжей *Saccharomyces bayanus*. По результатам выполненных исследований была зарегистрирована программа для ЭВМ № 2021617612 «Оценка жизнеспособности активных сухих винных дрожжей». Фруктовый облепиховый сидр по внешнему

виду – прозрачная жидкость с блеском, без осадка и посторонних включений; цвет от светло-соломенного до соломенного; аромат чистый, облепиховый с сортовым ароматом; вкус кисловатый с умеренно выраженной терпкостью, а также различной степени сладости в зависимости от классификационного типа. При наливке в бокал образовывается пена и происходит длительное выделение пузырьков CO_2 .

В рамках решения *шестой задачи* установлено, что накопление 5-гидроксиметилфурфурола (ГМФ) в опытных образцах происходит быстрее модельных растворов, что связано с большим содержанием азотистых веществ в облепиховом соке. Максимально возможная продолжительность нагрева сусла, содержащего 200 г/дм^3 сахаров и ТК $5,0 \text{ г/дм}^3$ при температуре $60 \text{ }^\circ\text{C}$ должна составлять 9 ч, а при ТК $7,0 \text{ г/дм}^3$ – не более 6 ч. В результате выполнения исследований была разработана оригинальная методика определения ГМФ, базирующаяся на взаимодействии ГМФ со смешанным реактивом 4-амино-антипирина (5 %) и барбитуровой кислоты (0,2 %) и спектрофотометрическом детектировании оптической плотности при 550 нм.

Для решения *седьмой задачи* исследовали возможность получения дистиллятов из некондиционных продуктов переработки облепихи. Перегонке подвергали осветленные бентонитом некондиционные виноматериалы, полученные из облепихи сортов Иня, Алтайская, Чуйская, а также сортосмеси (образцы 1–4 соответственно). Сбраживание сусла проводили дрожжами QA23. В работе использовали схему двукратной дистилляции с предварительным получением спирта-сырца на аппарате периодического действия. Отбор спирта-сырца проводили до крепости дистиллята не менее 25 % об., поскольку дальнейшие энергозатраты на выделение остаточного спирта из перегоняемой жидкости достаточно высоки, а качество спирта-сырца снижается за счет перехода в дистиллят трудно кипящих компонентов сырья. В таблице 14 представлены характеристики образцов спирта-сырца.

Можно видеть, что все образцы спирта-сырца имеют высокое содержание высших спиртов и средних эфиров, что можно объяснить длительностью перегонки, поскольку полученный спирт-сырец имеет низкую крепость, что и обуславливает более сильный переход труднолетучих компонентов при длительной перегонке. Полученные образцы спирта сырца подвергали дальнейшей фракционной перегонке.

Установлено, что оптимальным при повторной перегонке является отбор головной фракции в количестве 2,5 %, основной фракции – 25 %, хвостовой 10 % от объема исходного перегоняемого сырья. Усредненная крепость для головной фракции составила 86,5 % об., для средней – 71,2 % об. Хвостовые фракции также отбирались, их крепость варьировалась в диапазоне от 12,5 % об. до 14,2 % об. Компонентный состав летучих примесей фракций облепиховых дистиллятов, полученных из сортовых облепиховых виноматериалов методом двукратной фракционной перегонки, представлен в таблице 15.

Таблица 14 – Состав спирта-сырца из виноматериалов ($n = 3, M \pm m$)

Показатель	Значение для образца спирта-сырца				Значение по ГОСТ 31493-2012
	1	2	3	4	
О. д. этилового спирта, %	26,1 ± 0,2	28,7 ± 0,3	25,6 ± 0,3	27,8 ± 0,2	Не менее 86,0
О. д. метанола, %	0,019 ± 0,003	0,012 ± 0,001	0,008 ± 0,001	0,015 ± 0,002	Не более 0,02
М. к.*, мг/100 см ³ :					
– высших спиртов	745,7 ± 8,2	689,4 ± 11,6	866,3 ± 18,3	795,5 ± 14,6	160,0–600,0
– альдегидов в пересчете на уксусный	46,5 ± 1,2	38,7 ± 1,3	48,6 ± 2,1	42,7 ± 2,4	3,0–50,0
– средних эфиров в пересчете на уксусно-этиловый	364,5 ± 14,6	294,3 ± 18,2	267,6 ± 22,3	315,2 ± 19,8	30,0–270,0
– летучих кислот в пересчете на уксусную	187,6 ± 11,3	206,8 ± 13,6	245,8 ± 17,4	214,2 ± 14,5	Не более 250,0
– фурфурола	2,18 ± 0,14	3,08 ± 0,22	3,14 ± 0,23	2,84 ± 0,17	Не более 3,0
Примечание – * В пересчете на безводный спирт.					

37

Таблица 15 – Состав средних фракций облепихового спирта в дистиллятах из облепиховых виноматериалов ($n = 3, M \pm m$)

Компонент	Содержание компонента, мг/дм ³		
	Сорт Иня	Сорт Чуйская	Сорт Алтайская
Этиловый эфир	32,07 ± 0,31	68,49 ± 0,72	30,14 ± 0,64
Ацетальдегид	1,81 ± 0,05	1,63 ± 0,08	1,41 ± 0,08
Ацетон	3,61 ± 0,11	3,08 ± 0,09	2,75 ± 0,04
Метилацетат	4,39 ± 0,08	3,95 ± 0,11	2,26 ± 0,09
Этилацетат	48,17 ± 1,36	80,18 ± 2,17	47,25 ± 1,62
Метанол, % об.	0,018 ± 0,001	0,012 ± 0,002	0,017 ± 0,030
2-бутанон	2,02 ± 0,02	2,21 ± 0,55	1,94 ± 0,08

Продолжение таблицы 15

Компонент	Содержание компонента, мг/дм ³		
	Сорт Иня	Сорт Чуйская	Сорт Алтайская
2-пропанол	2,44 ± 0,04	2,76 ± 0,18	1,76 ± 0,09
Изобутилацетат	26,17 ± 1,49	34,48 ± 2,34	24,16 ± 1,14
2-бутанол	3,07 ± 0,22	5,78 ± 0,51	Не обнаружены
1-пропанол	1,07 ± 0,08	2,11 ± 0,18	1,95 ± 0,11
Изобутанол	Не обнаружены	Не обнаружены	0,18 ± 0,07
1-бутанол	23,11 ± 1,47	48,18 ± 4,33	32,19 ± 2,31
Изоамилол	0,14 ± 0,01	0,29 ± 0,04	0,12 ± 0,06
1-пентанол	0,23 ± 0,02	0,93 ± 0,04	0,18 ± 0,08
1-гексанол	0,11 ± 0,03	0,76 ± 0,06	Не обнаружены
Бензальдегид	0,37 ± 0,03	1,07 ± 0,14	0,41 ± 0,08
Фенилэтиловый спирт	0,74 ± 0,17	1,72 ± 0,16	0,82 ± 0,11

Состав микропримесей средней фракции облепиховых виноматериалов позволяет выдвинуть предположение о возможном использовании облепиховых дистиллятов при получении новых типов крепких алкогольных напитков. Представленные исследования могут быть использованы в разработке пилотных, полупромышленных и промышленных установок при масштабировании процесса дистилляции облепиховых виноматериалов.

При решении *восьмой задачи* проведена систематизация напитков, позволившая наглядно представить и объективно оценить практическую значимость проведенных исследований (рисунок 22).



Рисунок 22 – Разработанные напитки на основе плодов облепихи

В рамках разработки каждой группы напитков были определены основные характеристики качества и регламентируемые показатели, отраженные в разработанных комплектах технической документации на напитки из облепихи: нектар осветленный обработанный из сока облепихи прямого отжима, смузи тыквенно-облепиховый, напиток ферментированный сокосодержащий «Комбуча с облепихой», напиток ферментированный сокосодержащий «Тиби с облепихой», вина и виноматериалы фруктовые облепиховые, сидр фруктовый облепиховый. Возможность получения указанных групп напитков в условиях производства подтверждена актами о выработке опытных партий напитков.

Заключение

На основании выполненных исследований предложены для внедрения в практику технологические решения для производства стабильных напитков различных видов на основе облепихи крушиновидной, на базе полученных новых данных сделаны следующие выводы.

1. Проведено комплексное аналитическое исследование районированных в Алтайском крае 12 сортов облепихи. Показано, что наиболее перспективными для переработки в напитки с точки зрения химического состава являются сорта облепихи Чуйская (СКИ 5,4), Эссель (СКИ 6,4) и Алтайская (СКИ 7,3). Установлено, что оптимальным способом хранения облепихи является замораживание, позволяющее сохранить ароматический профиль плодов. Установлено, что в процессе длительного хранения разрушается до 50 % АсК от уровня свежих плодов.

2. Разработана технология производства соковой продукции из облепихи с повышенной стабильностью при хранении. На практике доказана эффективность использования пФП Lallzyme НС в дозировке 20 г/т сырья: выход сока-самотека увеличен на 30 %, итоговая мутность сока перед осветлением снижена в 65 раз, расход бентонита сокращен до 2,5 г/дм³, что позволяет снизить экономические издержки при производстве осветленной соковой продукции. Установлена взаимосвязь между процессами деградации АсК и окислительным потемнением облепиховых соков. Научно обоснована и доказана эффективность использования ПВПП для удаления избыточного количества ПЩА, снижающих потребительские свойства готового продукта, в том числе в период хранения.

3. Сформированы и научно обоснованы основные положения биотехнологии производства КСС из тыквы и облепихи. Разработана рецептура и определены условия, позволяющие сократить потери каротиноидов при производстве. Установлен режим пастеризации готового продукта ($T = 70 \text{ }^\circ\text{C}$; 1 ч), позволяющий установить срок годности КСС 25 сут.

4. Показано, что применение СК *O. indichi* и *M. gisevi* в производстве БФН из облепихи является перспективным, так как получаемые напитки обладают высокими органолептическими показателями: приятным освежающим кисло-сладким вкусом с выраженным ароматом смешанного брожения и тонами облепихи. Разработаны рецептуры БФН, установлены режимы производства напитков, а также способы стабилизации напитков при хранении (внесение сорбиновой (150 мг/дм³) и бензойной (50 мг/дм³) кислот).

5. Разработана научно обоснованная технология производства фруктовых (плодовых) вин и винных напитков, базирующаяся на использовании сортовой облепихи. Предложен режим брожения облепихового сусла, который может представлять собой основу для повышения ароматичности готовых виноматериалов и вин. Подобраны активные сухие винные дрожжи,

позволяющие в наибольшей степени раскрыть потенциал плодов облепихи. Предложены современные способы осветления облепиховых виноматериалов. Показано, что для переработки масличных сортов облепихи оптимальным способом осветления является обработка бентонитом и ультразвуком, а при использовании десертных и универсальных сортов – осветление бентонитом с предварительной обработкой мезги пФП Rapidase Clear. Изучено и научно обосновано использование неорганического сорбента «Термоксид 3А» для удаления ионов железа из облепиховых виноматериалов, позволяющего значительно снизить интенсивность окислительного покоричневения вин из облепихи. Для корректировки внешнего вида винодельческой продукции предложена обработка АУ Granucol ВI (дозировка 70–90 мг/дм³), что позволяет в значительной степени регулировать содержание ФВ и сенсорные характеристики виноматериалов. Научно обоснованы и реализованы на практике основные технологические решения для производства новых типов напитков – фруктовых облепиховых сидров.

6. Полученные в ходе исследований результаты раскрывают некоторые механизмы образования ГМФ, характерные для технологий облепиховых вин и винных напитков. Показано, что при приготовлении данной группы напитков температура нагрева продукта (на стадиях приготовления сусла, пастеризации готового напитка и т. д.) не должна превышать 60 °С при суммарной продолжительности нагрева не более 6 ч и содержании общих титруемых кислот в напитке не более 7,0 г/дм³.

6. В целях снижения расходов экономических издержек при производстве облепиховых вин и винных напитков предложено получение дистиллятов для разработки технологий новых крепкоалкогольных напитков. Установлено, что использование двукратной перегонки позволяет получать облепиховые спирты с допустимым содержанием микропримесей, являющиеся основой для производства крепкоалкогольной продукции.

7. Проведена апробация и внедрение результатов исследования в условиях реального производства – ООО НПО «Алтайский дар» и ООО «СОЛД». Разработаны проекты комплектов технической документации на новые виды продуктов, утвержденные ООО НПО «Алтайский дар» и ООО «СОЛД».

Таким образом, предложенные в работе подходы, инструментарий и результаты разработки технологий напитков из облепихи крушиновидной развивают перспективное научное направление и позволяют разрабатывать новые виды напитков из этого ценного сырья. Предложенные в работе способы и методы интенсификации технологических процессов и регулирования сенсорнозначимых свойств напитков уже имеют успешную промышленную апробацию и могут быть рекомендованы для дальнейшего внедрения на предприятиях отрасли.

Публикации автора по теме диссертации

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

1. **Рожнов, Е. Д.** Изучение сложных эфиров облепихи / Е. Д. Рожнов, А. В. Григоренко, В. П. Севодин // Техника и технология пищевых производств. – 2009. – № 3 (14). – С. 87–89.
2. Чумичев, А. И. Влияние ионов железа на устойчивость облепихового вина к потемнению / А. И. Чумичев, К. В. Севодина, **Е. Д. Рожнов** [и др.] // Виноделие и виноградарство. – 2011. – № 2. – С. 28–29.
3. **Рожнов, Е. Д.** Влияние ультразвука на процесс осветления облепихового виноматериала / Е. Д. Рожнов, Ю. М. Кузовников, В. Н. Хмелев, В. П. Севодин // Виноделие и виноградарство. – 2011. – № 5. – С. 14–15.
4. **Рожнов, Е. Д.** Облепиховые столовые вина на основе объемных сахарозаменителей / Е. Д. Рожнов, К. В. Севодина, А. В. Карлюк, В. П. Севодин // Виноделие и виноградарство. – 2012. – № 3. – С. 12–13.
5. Севодина, К. В. Формирование потребительских свойств облепиховых вин / К. В. Севодина, **Е. Д. Рожнов**, В. П. Севодин // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2013. – № 2. – С. 32–34.
6. Севодина, К. В. Роль сахароаминной реакции в процессе покоричневения облепихового вина / К. В. Севодина, **Е. Д. Рожнов**, В. П. Севодин // Виноделие и виноградарство. – 2013. – № 2. – С. 17–19.
7. Севодина, К. В. Показатели качества бальзамических уксусов / К. В. Севодина, Ю. Ю. Пьянкова, **Е. Д. Рожнов**, В. П. Севодин // Пищевая промышленность. – 2013. – № 8. – С. 56–58.
8. **Рожнов, Е. Д.** Влияние фурфурола на точность определения 5-гидроксиметилфурфурола / Е. Д. Рожнов, А. А. Печенина, М. А. Апарнева, В. П. Севодин // Ползуновский вестник. – 2011. – № 4-1. – С. 65–67.
9. Шестернин, В. И. Влияние кислотности на качество вин из винограда Загадка Шарова / В. И. Шестернин, **Е. Д. Рожнов**, В. П. Севодин // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – № 4 (31). – С. 95–98.
10. Егорова, Е. Ю. Ароматические альдегиды экстрактов растительного сырья, используемого в производстве ликероводочных изделий / Е. Ю. Егорова, Д. Ю. Сысоева, **Е. Д. Рожнов**, Ю. В. Мороженко // Ползуновский вестник. – 2014. – № 4-2. – С. 126–131.
11. Зинцова, Ю. С. Применение яблочного сока в качестве субстрата для производства напитков функционального назначения на основе поликультуры *Oryzomyces indichi* / Ю. С. Зинцова, **Е. Д. Рожнов**, М. Н. Школьников // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2015. – № 3 (32). – С. 37–42.
12. Школькова, М. Н. Исследование процесса перегонки фруктового виноматериала при получении облепиховых дистиллятов / М. Н. Школькова, **Е. Д. Рожнов**, В. И. Четвериков // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 7 (148). – С. 147–154.

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

14. **Рожнов, Е. Д.** Подходы к разработке рецептур каротиноидосодержащих безалкогольных напитков / Е. Д. Рожнов. – DOI 10.29141/2500-1922-2019-4-4-5 // Индустрия питания. – 2019. – Т. 4, № 4. – С. 37–43.

15. **Рожнов, Е. Д.** Использование поливинилполипирролидонов для стабилизации фенольных веществ при производстве облепиховых соков / Е. Д. Рожнов, А. О. Казарских, М. Н. Школьников. – DOI 10.29141/2500-1922-2020-5-2-5 // Индустрия питания. – 2020. – Т. 5, № 2. – С. 37–43.

16. 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.

17. **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.

18. **Рожнов Е. Д.** Применение пектолитических ферментных препаратов в производстве напитков из плодов облепихи / Е. Д. Рожнов, А. А. Неклюдов, М. Н. Школьников. – DOI 10.21323/2071-2499-2020-5S-300-303 // Все о мясе. – 2020. – № 5S. – С. 300–303.

19. **Рожнов, Е. Д.** Исследование сохранности аскорбиновой кислоты в технологии облепихового сока / Е. Д. Рожнов, М. Н. Школьников. – DOI 10.24411/0235-2486-2020-10072 // Пищевая промышленность. – 2020. – № 7. – С. 28–33.

20. **Рожнов, Е. Д.** Антиоксидантный потенциал плодов облепихи крушиновидной и продуктов ее переработки / Е. Д. Рожнов. – DOI 10.29141/2500-1922-2021-6-1-3 // Индустрия питания. – 2021. – Т. 6, № 1. – С. 23–31.

Статьи в изданиях, индексируемых в Web of Science и Scopus

21. Khmelev, V. N. Studying of ultrasonic treatment effect on sea-buckthorn wine clarification / V. N. Khmelev, S. N. Tsyganok, **E. D. Rozhnov** [et al.] // 12th International Conference and Seminar on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM'2011 – Proceedings 2011. – New York : IEEE, 2011. – P. 265–268.

22. **Rozhnov, E.** Investigation of the conditions for the formation of 5-hydroxymethylfurfural in the production of honey wines and sea-buckthorn wine drinks / E. Rozhnov, A. Kazarskikh, M. Shkolnikova [et al.] // Research Journal of Pharmacy and Technology. – 2019. – Vol. 12, no. 7. – P. 3501–3506.

23. Shkolnikova, M. N. Effects of Granucol activated carbons on sensory properties of sea-buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) wines / M. N. Shkolnikova, **E. D. Rozhnov**, A. A. Pryadikhina // Foods and Raw Materials. – 2019. – Vol. 7, no. 1. – P. 67–73.

24. **Rozhnov, E. D.** Optical properties of sea buckthorn drinks as the main physical characteristic of their quality / E. D. Rozhnov, M. N. Shkolnikova, N. N. Maksimiuk [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 613. – Art. 12126.

25. **Rozhnov, E. D.** Formation of rheological characteristics of vegetable and fruit smoothies to ensure their quality / E. D. Rozhnov, M. N. Shkolnikova, A. O. Kazarskikh [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 613. – Art. 12125.

26. **Rozhnov, E.** Fermented drinks of *Hippophae rhamnoides* as a way of innovative development of agriculture in Altai region / E. Rozhnov, M. Shkolnikova, V. Popov // E3S Web of Conferences. – 2020. – No. 176. – Art. 01013.

27. **Rozhnov, E.** Assessment of the suitability of dry yeast for the production of wines and wine beverages from Sea buckthorn / E. Rozhnov, M. Shkolnikova, O. Chugunova // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 222. – Art. 06028.

28. **Rozhnov, E. D.** Biotechnological techniques of the formation of the quality of carotenoid-containing smoothie / E. D. Rozhnov, M. N. Shkolnikova, A. O. Kazarskikh [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 640. – Art. 6405018.

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

Монографии

30. Koshelev, Yu. A. Sea buckthorn : monograph / Yu. A. Koshelev, L. D. Ageeva, **E. D. Rozhnov** [et al.]. – Biysk : Publishing CJSC «Altayvitaminy», 2015. – 506 p. – ISBN 978-5-9257-0301-4.

Свидетельства и патенты

31. Пат. 2495100 РФ, МПК C12G 1/00. Способ получения облепихового вина. – № 2012150912/10 ; заявл. 27.11.2012 ; опубл. 10.10.2013 / **Е. Д. Рожнов**, К. В. Севодина, В. П. Севодин.

32. Пат. 2711728 РФ, МПК A61K 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, **Е. Д. Рожнов**.

33. Пат. 2734509 РФ, МПК A23L 2/02 Состав для производства смузи тыквенно-облепихового. – № 2019138488 ; заявл. 27.11.2019 ; опубл. 19.10.2020 / **Е. Д. Рожнов**, А. О. Казарских, М. Н. Школьникова.

34. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2021616965. Оценка броидильной активности активных сухих винных дрожжей. – № 2021615900 ; заявл. 20.04.2021 ; опубл. 29.04.2021 / **Е. Д. Рожнов**, Н. В. Павлова, М. А. Шариати [и др.].

35. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2021616957. Расчет количества остаточных полифенолов в напитках при обработке препаратами поливинилполипирролидона (ПВП). – № 2021615884 ; заявл. 20.04.2021 ; опубл. 29.04.2021 / **Е. Д. Рожнов**, Н. В. Павлова, Е. А. Ковтун [и др.].

36. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2021617274. Расчет состава сула. – № 2021616084 ; заявл. 23.04.2021 ; опубл. 13.05.2021 / **Е. Д. Рожнов**, Н. В. Павлова, О. В. Старыгина.

37. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2021616965. Оценка жизнеспособности активных сухих винных дрожжей. – № 2021615900 ; заявл. 23.04.2021 ; опубл. 18.05.2021 / **Е. Д. Рожнов**, Н. В. Павлова, Е. А. Ковтун [и др.].

38. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2021619908. Проектирование состава тыквенно-облепихового смузи. – № 2021615913 ; заявл. 20.04.2021 ; опубл. 18.06.2021 / **Е. Д. Рожнов**, Н. В. Павлова, Е. А. Ковтун [и др.].

Список сокращений и условных обозначений

- АОА – антиоксидантная активность.
АСВД – активные сухие винные дрожжи.
АсК – аскорбиновая кислота.
АУ – активированный уголь.
БГКП – бактерии группы кишечных палочек.
БФН – безалкогольные ферментированные напитки.
ГМФ – 5-гидроксиметилфурфурол.
КМАФАНМ – количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов.
КСС – каротиноидсодержащие смузи.
М. д. – массовая доля.
М. к. – массовая концентрация.
НСН – нектар облепиховый сокодержатель неосветленный.
О. д. – объемная доля.
ПВПП – поливинилполипирролидон.
ПТЗ – показатель технической зрелости.
пФП – пектолитический ферментный препарат.
ПЦА – процианидины.
РСС – реакционноспособные соединения.
СК – симбиотические культуры.
СКИ – сахарокислотный индекс.
T – температура.
ТЗФВ – технологический запас фенольных веществ.
ТК – титруемые кислоты, титруемая кислотность.
ФВ – полифенольные вещества.
ФП – ферментные препараты.

Подписано в печать 03.09.2021.
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