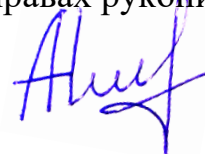


На правах рукописи



Неклюдов Антон Андреевич

**РАЗРАБОТКА БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ
ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ПОРТВЕЙНА
ИЗ ВИНОГРАДА АЛТАЙСКОГО КРАЯ**

4.3.5. Биотехнология продуктов питания
и биологически активных веществ

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Екатеринбург – 2026

Диссертационная работа выполнена на кафедре биотехнологии и инжиниринга
ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

Научный руководитель: доктор технических наук
Рожнов Евгений Дмитриевич (Россия),
профессор кафедры биотехнологии и инжиниринга
ФГБОУ ВО «Уральский государственный
экономический университет»

Официальные оппоненты: доктор технических наук, доцент
Шелудько Ольга Николаевна (Россия),
заведующий научным центром «Виноделие»,
ведущий научный сотрудник
ФГБНУ «Северо-Кавказский научный центр
садоводства, виноградарства, виноделия»

доктор технических наук, профессор
Киселева Татьяна Федоровна (Россия),
профессор кафедры технологии продуктов питания
из растительного сырья ФГБОУ ВО «Кемеровский
государственный университет»

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Кубанский государственный
технологический университет»

Защита диссертации состоится 18 декабря 2026 г. в 09:00 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.

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

Автореферат разослан «___» _____ 2026 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  Л. А. Донкова

Общая характеристика работы

Актуальность работы. Современное российское виноделие развивается под влиянием двух взаимосвязанных факторов: устойчивого спроса на крепленые вина, в том числе портвейны, и постепенного выхода отрасли за пределы традиционных винодельческих зон. Федеральным законом от 27 декабря 2019 г. № 468-ФЗ «О виноградарстве и виноделии» производителям винодельческой продукции предоставлены меры поддержки, включая субсидии на развитие производств, поэтому научное обоснование и разработка современных технологий специальных вин, включая портвейны, становится важной прикладной задачей. Указом Президента России от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации до 2030 г. и на перспективу до 2036 г.» поставлена цель увеличения производства продукции АПК не менее чем на 25 % к 2030 г. В контексте данного документа производство крепленых вин необходимо рассматривать как наукоемкую отрасль с длительными циклами изготовления, поэтому наращивание объемов продукции невозможно без развития технологической базы.

К числу территорий, где виноградарство ведется в нетрадиционных условиях, относится Алтайский край: здесь накоплен многолетний опыт возделывания зимостойких, нередко гибридных сортов винограда. Сырье этих сортов существенно отличается по химическому составу и технологическим свойствам от классических сортов *Vitis vinifera*, в связи с чем прямое использование традиционных технологий оказывается затруднительным и требует их научно обоснованной адаптации.

Однако при анализе доступных источников информации не выявлены методы, позволяющие целенаправленно формировать сложный и гармоничный органолептический профиль портвейна из гибридных сортов винограда. Решение данной задачи связано с применением биотехнологических приемов на всех этапах производства – от селекции ароматообразующей микрофлоры до управления процессами выдержки и выбора спиртующего агента.

Таким образом, разработка научно и экспериментально обоснованных биотехнологических приемов регулирования ароматического и вкусового профиля портвейнов из нетрадиционных сортов винограда является актуальной задачей, имеющей значение для расширения сырьевой базы отрасли и создания конкурентоспособной продукции с выраженным региональным характером.

Степень разработанности темы исследования. Фундаментальные основы химии и технологии портвейнов заложены в работах зарубежных ученых (А. С. Silva Ferreira, V. de Freitas, J. Bakker и др.), посвященных кинетике окислительных процессов, роли антоцианов и формированию типичных тонов выдержки. Вопросы влияния спирта-крепителя (агуарденте) на аромат портвейна освещены в трудах F. S. S. Rogerson и V. A. P. De Freitas. Российские исследования, в частности работы Н. М. Агеевой, Б. В. Бурцева, Т. И. Гугучкиной, сфокусированы на адаптации технологий крепленых вин

к отечественному сортименту в традиционных регионах виноградарства. Исследования О. Н. Шелудько, Т. Ф. Киселевой, О. В. Чугуновой, М. Н. Школьниковой, Г. Б. Пищикова посвящены совершенствованию технологий и повышению качества винодельческой продукции, в том числе при использовании нетрадиционного сырья (в том числе плодового) и новых штаммов дрожжей. Однако системные исследования, направленные на комплексное применение биотехнологических приемов (подбор стартовых культур, микрооксигенация, выбор спиртующего агента) для целенаправленного формирования сенсорного профиля портвейнов из нетрадиционных гибридных сортов винограда в условиях новых регионов (таких как Алтайский край), до настоящего времени не проводились, что определяет цель и задачи данной работы.

Цель диссертационного исследования. Целью работы является научное обоснование и разработка биотехнологических приемов формирования качества портвейнов из винограда, выращиваемого в Алтайском крае.

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

1) оценить технологический потенциал возделываемых в Алтайском крае красных сортов винограда и определить наиболее перспективные для производства портвейнов;

2) исследовать влияние дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* и дрожжей-несахаромицетов *Metschnikowia pulcherrima* на формирование вторичного аромата и кинетику брожения при получении виноматериалов для портвейна;

3) изучить закономерности процесса микрооксигенации при портвейнизации и определить его влияние на динамику антоцианов и формирование третичного аромата;

4) разработать и валидировать специализированную панель дескрипторов для объективной оценки портвейнов из виноградного сырья Алтайского края;

5) разработать комплексную биотехнологическую схему производства портвейнов, адаптированную для сортов винограда, выращиваемых в Алтайском крае.

Научная новизна. Работа содержит элементы научной новизны в рамках п. 3, 5 и 23 паспорта специальности ВАК при Минобрнауки России 4.3.5. Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ (технические науки).

1. Научно обосновано использование винограда, выращиваемого в Алтайском крае, как нового сырья для производства портвейна. Впервые установлены параметры процессов спиртового брожения с культурой *Metschnikowia pulcherrima*, крепления винным дистиллятом и последующей портвейнизации, адаптированные к специфике данного сырья (п. 5 Паспорта специальности 4.3.5).

2. Научно обоснованы и определены закономерности формирования вторичного аромата виноматериалов из возделываемых в Алтайском крае красных сортов винограда посредством последовательного культивирования дрожжами: экспозиция *Metschnikowia pulcherrima* в течение 72–96 ч с после-

дующей инокуляцией *Saccharomyces cerevisiae*. В результате увеличивается концентрация ключевых сложных эфиров (изоамилацетата на 24–31 %, этилгексаноата на 20–21 %) и свободных терпенов (в 1,6 раза), что формирует выраженный фруктово-цветочный профиль и гармоничность виноматериалов (п. 3 Паспорта специальности 4.3.5).

3. Впервые изучены механизмы биотрансформации фенольного комплекса и формирования третичного аромата портвейнов в условиях контролируемой микрооксигенации при портвейнизации: установлена кинетика деградации антоцианов винограда сорта Фиолетовый ранний, описываемая реакцией первого порядка, и рассчитаны энергии активации процесса (31,3–36,3 кДж/моль) для различных режимов портвейнизации; разработаны адекватные прогностические модели, описывающие динамику индекса химического возраста и сотолонового индекса как функции температуры и времени, что позволяет прогнозировать характер изменений готового продукта (п. 23 Паспорта специальности 4.3.5).

Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретическая значимость заключается в научном обосновании закономерностей формирования органолептического профиля крепленых вин в зависимости от условий культивирования сырья и параметров биотехнологических процессов. Полученные кинетические модели деградации антоцианов и данные о вкладе дрожжей-несахаромицетов в аромат вносят вклад в развитие научных основ пищевой биотехнологии и биохимии дрожжей.

Практическая значимость. Сформирована технология производства портвейна из винограда Алтайского края, апробированная в условиях действующего предприятия (ООО «ЦПС»). Обоснован выбор сырья и подобраны режимы применения стартовой культуры *M. pulcherrima* в сочетании с *S. cerevisiae*, обеспечивающие обогащение вторичного аромата молодых виноматериалов. Разработаны режимы выдержки с микрооксигенацией для интенсификации стабилизации цвета и формирования третичного аромата. Создана и валидирована панель дескрипторов, позволяющая вести объективную органолептическую оценку портвейнов в производственном дегустационном анализе. Разработан пакет нормативно-технической документации: ТУ 11.01.12.163-001-05151790-2026 «Крепленое вино «Портвейн Алтайский». Технические условия», ТИ 11.01.12.163-001-05151790-2026 «Технологическая инструкция по производству крепленого вина «Портвейн Алтайский».

Результаты исследования используются в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров по направлениям 19.03.01 и 19.04.01 «Биотехнология»; могут быть востребованы предприятиями регионов с аналогичными климатическими условиями.

Методология и методы исследования. На основе обобщения имеющихся результатов теоретических и экспериментальных исследований в качестве методологической основы принят системный подход, рассматривающий сенсорный профиль портвейна как последовательное накопление четырех составляющих – первичного, вторичного, третичного аромата и вклада

спиртующего агента. Исследования проводились в период 2022–2026 гг. в лабораториях Бийского технологического института (филиала) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова» и Уральского государственного экономического университета.

Инструментарием исследования послужили общепринятые, стандартные и специальные методы исследования сырья, полуфабрикатов и готовой продукции с последующей статистической обработкой результатов. Фенольные вещества определяли спектрофотометрически с реактивом Фолина – Чокальтеу; антоцианы – рН-дифференциальным методом; оптические характеристики – по стандартным методикам. Состав летучих соединений изучали методом газовой хроматографии. Микробиологический контроль включал прямой подсчет клеток в камере Горяева и выращивание на селективных средах. Органолептическую оценку выполняли с применением разработанной панели дескрипторов.

При написании текста диссертационной работы, разработке и формализации всех положений и выводов ее сущностно-смыслового ядра (актуальность, степень разработанности, объект, предмет и цель исследования, его теоретическая и практическая значимость, научная новизна, положения, выносимые на защиту и др.), сборе и обработке данных не использовались технологии генеративного искусственного интеллекта (ИИ), большие языковые модели или иные инструменты ИИ.

Положения, выносимые на защиту:

- результаты кластерного анализа и ранжирования красных сортов винограда Алтайского края по их технологической пригодности для производства портвейна;
- закономерности влияния стартовой культуры *Metschnikowia pulcherrima* на формирование вторичного аромата виноматериалов;
- кинетические параметры деградации антоцианов и режимы микрооксигенации, обеспечивающие формирование стабильного цвета и третичного аромата при портвейнизации;
- специализированная панель дескрипторов для органолептического профилирования портвейнов из винограда Алтайского края, основанная на принципе сенсорно-химической корреляции;
- комплексная биотехнологическая схема производства портвейна, адаптированная для виноградного сырья Алтайского края.

Степень достоверности и апробация работы. Достоверность полученных результатов обеспечивалась воспроизводимостью экспериментов, использованием аттестованных и стандартных методик анализа и статистической обработкой данных при уровне значимости $p \leq 0,05$, а также согласованностью полученных результатов с фундаментальными положениями химии крепленых вин и данными современных научных источников.

Основные результаты диссертации доложены и обсуждены на международных и всероссийских научно-практических конференциях (Екатеринбург, 2023; Тюмень, 2024, 2025; Краснодар, 2026).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 12 научных работ, в том числе 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Подана заявка на регистрацию программы для ЭВМ.

Личный вклад автора состоит в постановке и обосновании проблемы, разработке структуры и схемы проведения исследований, проведении теоретических и экспериментальных исследований, обработке и анализе полученных результатов, обобщении имеющихся материалов и подготовке их к публикации, организации внедрения результатов.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и трех приложений. Основное содержание изложено на 148 страницах, включает 48 таблиц, 24 рисунка и 154 литературных источника, из них 104 на иностранных языках.

Основное содержание работы

Во **введении** обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования, изложены научные положения, выносимые на защиту, научная новизна и практическая значимость, уровень апробации результатов.

В **первой главе** представлен аналитический обзор источников по теме исследования. Рассмотрено современное состояние и перспективы производства портвейна в России и мире. Проанализированы технологические особенности производства портвейна; установлены факторы, влияющие на его качество. Дана классификация аромата портвейна на основе логики технологического процесса. Проведен анализ биотехнологических приемов управления качеством вин. Выдвинута рабочая гипотеза, определены задачи, установлена последовательность этапов экспериментальных исследований.

Во **второй главе** приведена общая схема организации исследования (рисунок 1), определены объекты и методы исследований. Исследования выполнены с 2022 по 2026 г. на базе лабораторий кафедры биотехнологии Бийского технологического института (филиала) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова» и лабораториях кафедры биотехнологии и инжиниринга ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет».

На различных этапах выполнения диссертационной работы в качестве объектов исследования использовали:

- виноград красных сортов: Зилга, Таежный, Мускат Донской, Фиолетовый ранний, Загадка Шарова, Дорнфельдер, Шварц Рислинг, Каберне Северный, Памяти Домбковской. Образцы винограда были выращены и собраны в Алтайском крае на опытном участке Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова;
- виноматериалы, полученные подбраживанием мезги исследуемых сортов винограда;
- крепленые виноматериалы на различных стадиях выдержки (портвейнизации);

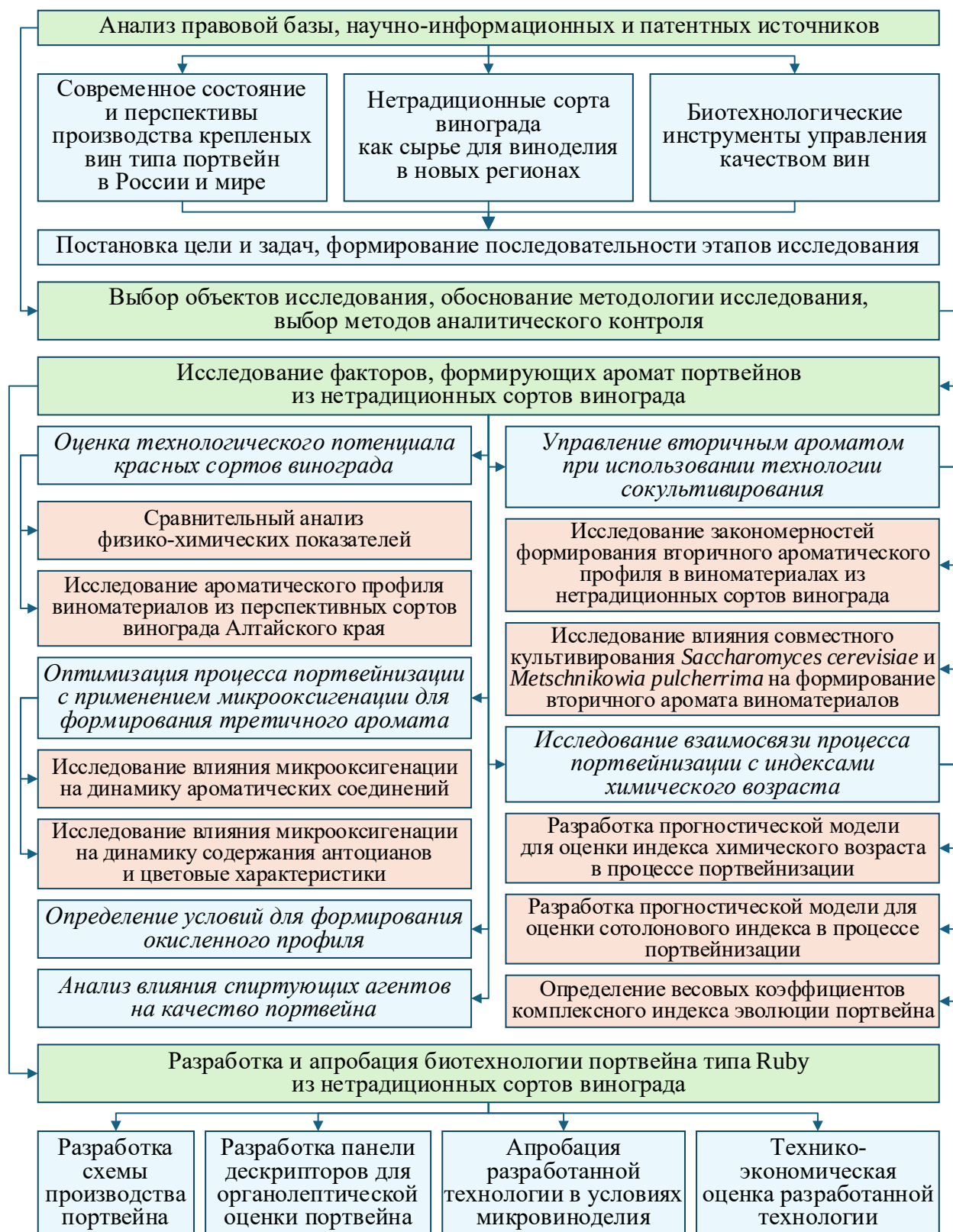


Рисунок 1 – Общая схема исследования

- образцы готовых портвейнов, полученные с использованием разработанных технологических режимов;
- три коммерческих образца красных портвейнов, производящихся на территории Российской Федерации. В целях исключения конфликта интере-

сов коммерческая идентификация производителей намеренно скрыта. Происхождение образцов оценщикам не раскрывалось.

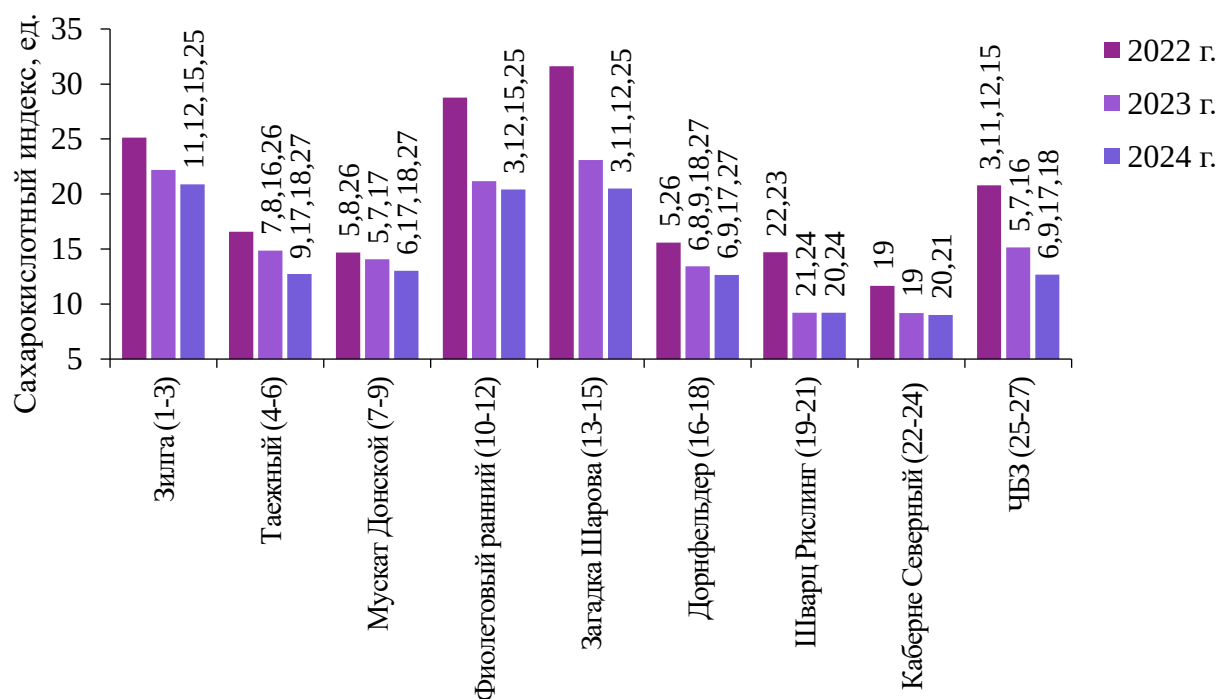
В работе использованы стандартные, общепринятые и специализированные методы анализа. Для детальной органолептической оценки образцов использовали разработанную в рамках исследования панель дескрипторов. Оценку интенсивности каждого дескриптора проводили по 5-балльной шкале (0 – не ощущается, 5 – очень интенсивно).

Кинетические параметры (константы скорости k , периоды полупревращения $t_{1/2}$, энергии активации E_a) рассчитывали, аппроксимируя экспериментальные данные уравнениями реакции первого порядка и уравнением Аррениуса с использованием нелинейного регрессионного анализа.

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакета программ Statistica 10 и Microsoft Excel 2016.

В **третьей главе** представлены результаты экспериментального исследования факторов, формирующих аромат портвейна из продукции виноградарства Алтайского края.

В рамках решения **первой задачи** проводили оценку технологической пригодности сортов в динамике за три вегетационных периода (2022–2024 гг.). Анализ сахарокислотного индекса (рисунок 2) показал, что данный показатель в значительной степени определяется сортовыми особенностями (сила влияния 60,4 %, $p < 0,01$), хотя влияние года урожая также существенно (37,5 %, $p < 0,01$).



Примечание – Различия средних значений с разными надстрочными буквами несутсвенны ($p < 0,05$).

Рисунок 2 – Значение сахарокислотного индекса исследуемых сортов винограда по годам исследования

Для группировки сортов по совокупности показателей применен метод кластерного анализа (рисунок 3).

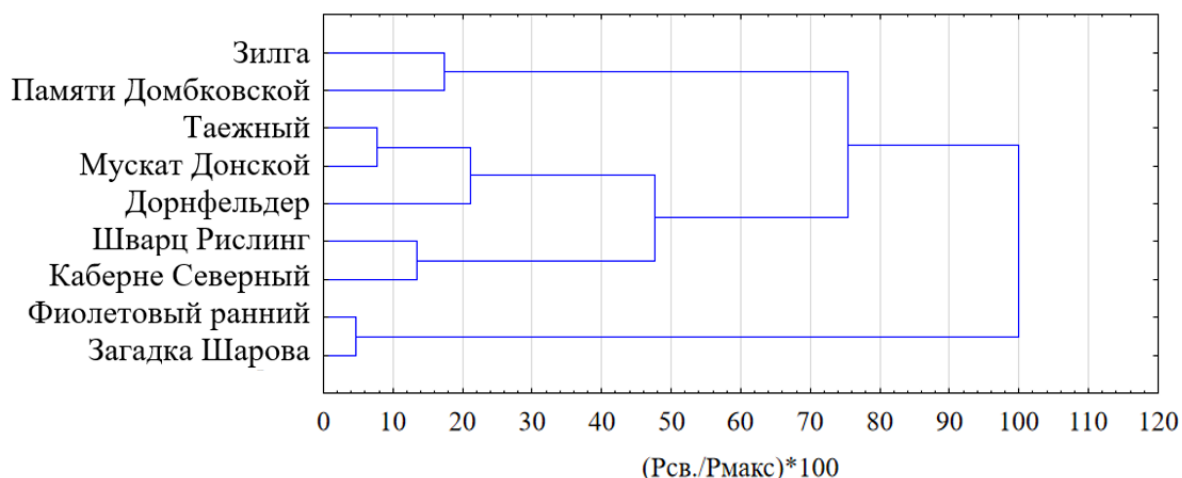


Рисунок 3 – Дендрограмма кластеризации сортов винограда по физико-химическим показателям

Кластеризация ранжировала сорта на четыре группы: Зилга и Памяти Домбковской – высокое сахаронакопление, возможно получение столовых вин; Фиолетовый ранний и Загадка Шарова – низкая кислотность, использование в купажах и для производства крепленых вин; Каберне Северный и Шварц Рислинг характеризуются недостаточной зрелостью, использование в малых количествах в купажах для повышения кислотности; Таежный, Мускат Донской и Дорнфельдер – универсальное назначение при адаптации технологий.

Охарактеризован сортовой (первичный) аромат винограда (таблица 1).

Таблица 1 – Концентрации ключевых первичных ароматических соединений в винограде

Сорт винограда		Концентрация, мкг/дм ³			
		Линалоол	β-Дамасценон	Метил-антранилат	2-Изобутил-3-метоксипиразин
Опытные сорта	Зилга	11,3 ± 1,1 ^c	1,85 ± 0,14 ^b	64,6 ± 2,3 ^a	0,006 ± 0,002 ^b
	Памяти Домбковской	2,9 ± 0,2 ^e	1,67 ± 0,11 ^b	–	0,011 ± 0,002 ^{ab}
	Фиолетовый ранний	37,3 ± 1,9 ^a	2,27 ± 0,16 ^a	1,3 ± 0,2 ^c	–
	Загадка Шарова	24,3 ± 1,4 ^b	1,72 ± 0,11 ^b	12,3 ± 0,8 ^b	–
	Каберне Северный	6,1 ± 0,6 ^d	0,35 ± 0,08 ^c	–	0,024 ± 0,004 ^a
Литературные данные	TN	18,7 ± 1,5	2,45 ± 0,20	–	–
	SH	3,1 ± 0,4	1,05 ± 0,15	–	–
	CS	5,5 ± 0,6	1,75 ± 0,18	–	0,013
<p>Примечание – Разные строчные буквы в пределах одного параметра (в столбце) означают статистически значимые различия между сортами по тесту Тьюки при $p < 0,05$. «–» – вещество не идентифицировано (или нет данных в литературе).</p>					

Выраженный терпеновый профиль имеет сорт Фиолетовый ранний: концентрация линалоола достигает $37,3 \text{ мкг/дм}^3$ (у Ториги Насионал – $18,7 \text{ мкг/дм}^3$). Сорт Зилга содержит метилантранилат ($64,6 \text{ мкг/дм}^3$), что определяет его «изабельный» ароматический тип. β -Дамасценон обнаружен в большинстве алтайских сортов. Высокое содержание метоксипиразинов ($0,024 \text{ мкг/дм}^3$) в соке сорта Каберне Северный обуславливает травянистый профиль аромата, что не подходит для производства портвейнов с выраженной фруктовыми.

После опытного сбраживания сусла оценивали содержание веществ, отвечающих за вторичный аромат виноматериалов, и рассчитывали показатели активности запаха (OAV) (таблица 2, рисунок 4).

Таблица 2 – Значения показателя активности запаха летучих соединений исследуемых сортов винограда и молодых вин

Соединение	Порог восприятия	Активность запаха (OAV)							
		Опытные сорта					Литературные данные		
		Зилга	Памяти Домбковской	Фиолетовый ранний	Загадка Шарова	Каберне Северный	TN	SH	CS
Линалоол	15 мкг/дм ³	0,75	0,19	2,49	1,62	0,41	1,25	0,21	0,37
β-дамасценон	0,05 мкг/дм ³	37,0	33,4	45,4	34,4	7,0	49,0	21,0	35,0
Метилантранилат	45 мкг/дм ³	1,44	–	0,03	0,37	–	–	–	–
2-Изобутил-3-метоксипиразин	0,015 мкг/дм ³	0,4	0,73	–	–	1,6	–	–	0,87
Изоамилацетат	0,03 мг/дм ³	56,0	29,7	90,0	38,3	16,7	71,7	121,7	96,7
Этилгексаноат	0,08 мг/дм ³	4,5	2,3	21,0	15,5	3,0	10,6	20,0	15,6
Этилдеcanoат	0,2 мг/дм ³	2,8	1,85	4,35	1,7	0,55	2,1	4,75	3,25
Изоамиловый спирт	30 мг/дм ³	9,6	10,9	8,9	9,7	9,6	9,5	10,7	9,8
Изобутиловый спирт	40 мг/дм ³	0,95	1,05	0,83	0,9	0,9	0,88	1,1	0,95
2-Фенилэтиловый спирт	10 мг/дм ³	2,2	3,3	2,9	2,4	1,6	2,8	2,2	2,5

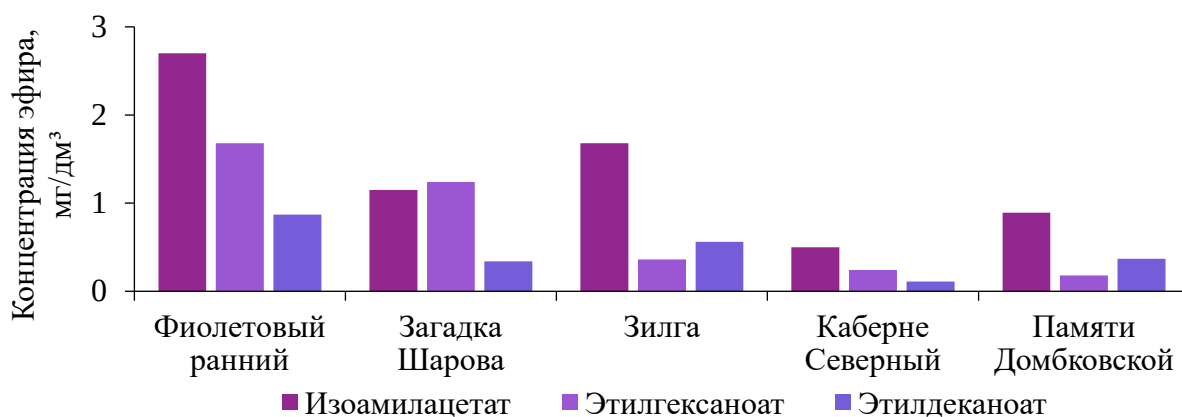


Рисунок 4 – Профиль распределения ключевых эфиров в исследуемых сортах

Способность винограда накапливать сложные эфиры при брожении имеет явную сортовую обусловленность и зависит от состава исходного сусла, прежде всего от содержания ассимилируемого азота и жирных кислот C_6-C_{12} (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели состава сусла, значимые для формирования вторичного аромата

Показатель	Значение, мг/дм ³				
	Фиолетовый ранний	Загадка Шарова	Зилга	Каберне Северный	Памяти Домбковской
Ассимилируемый азот	187 ± 12^a	156 ± 10^b	143 ± 9^b	98 ± 7^c	165 ± 11^{ab}
Общие липиды	324 ± 21^a	278 ± 18^b	265 ± 17^b	189 ± 12^c	291 ± 19^{ab}
Сумма C_6-C_{12} жирных кислот	$47,3 \pm 3,5^a$	$38,2 \pm 2,9^b$	$35,6 \pm 2,8^b$	$22,1 \pm 1,8^c$	$41,5 \pm 3,1^{ab}$
Примечание – Разные строчные буквы в пределах строки обозначают статистически значимые различия между сортами по тесту Тьюки при $p < 0,05$.					

Коэффициенты корреляции между обеспеченностью сусла предшественниками и конечным содержанием эфиров превышают 0,8, так что потенциал сорта можно прогнозировать еще по суслу – до начала брожения.

Для решения **второй задачи** проводили оценку влияния последовательного культивирования *M. pulcherrima* и *S. cerevisiae* на формирование вторичного ароматического профиля виноматериалов из сортов Фиолетовый ранний и Загадка Шарова, отобранных как наиболее перспективные. На рисунке 5 представлена динамика численности дрожжевых популяций в опыте М1 (72 ч культивирование *M. pulcherrima*, затем внесение *S. cerevisiae*) на примере сорта Фиолетовый ранний.

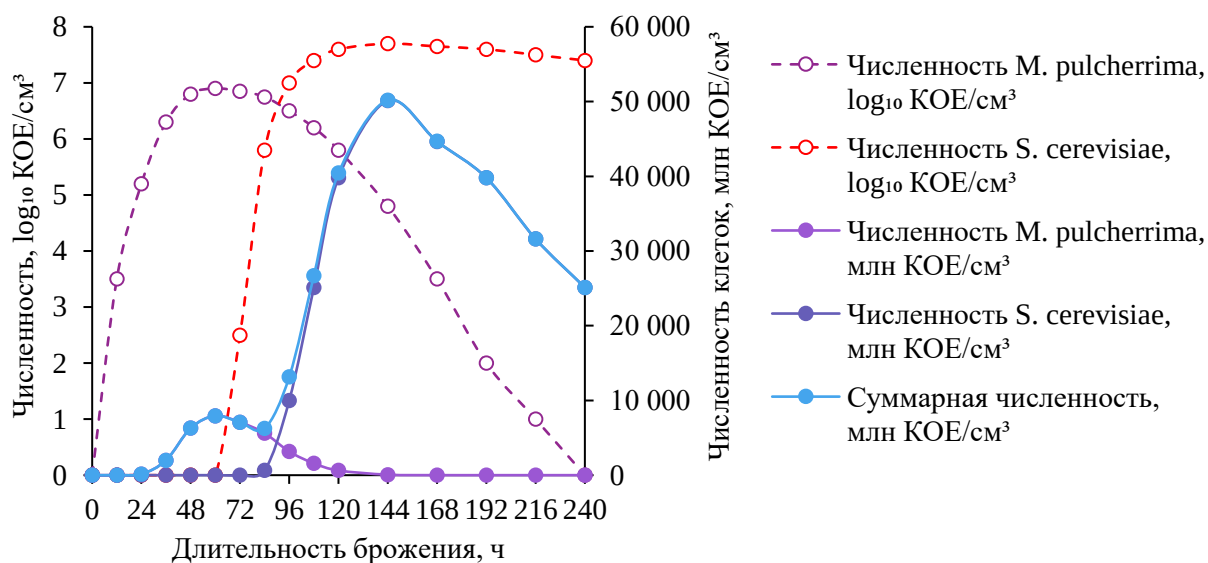


Рисунок 5 – Динамика численности дрожжевых клеток в варианте брожения М1

Численность *M. pulcherrima* достигала максимума ($6-8 \cdot 10^6$ КОЕ/см³) через 48–72 ч, затем снижалась, что соответствует ее лабильности к этанолу.

Инокулированная на третьи сутки *S. cerevisiae* быстро развивалась, достигая к пятым-шестым суткам $1-2 \cdot 10^7$ КОЕ/см³. Как видно из таблицы 4, применение культуры *M. pulcherrima* приводит к статистически значимому увеличению содержания ключевых сложных эфиров.

Таблица 4 – Влияние режима последовательного культивирования на содержание ключевых летучих соединений в виноматериалах (мг/дм³)

Соединение	Фиолетовый ранний		Загадка Шарова	
	Контроль (К)	Опыт М1	Контроль (К)	Опыт М1
Изоамилацетат	$2,70 \pm 0,22^b$	$3,12 \pm 0,25^a$	$1,15 \pm 0,11^b$	$1,42 \pm 0,13^a$
Этилгексаноат	$1,68 \pm 0,11^b$	$1,92 \pm 0,14^a$	$1,24 \pm 0,07^b$	$1,43 \pm 0,09^a$
Этилдеcanoат	$0,87 \pm 0,08^b$	$0,96 \pm 0,09^{ab}$	$0,34 \pm 0,03^b$	$0,41 \pm 0,04^a$
2-Фенилэтилацетат	$0,32 \pm 0,03^c$	$0,48 \pm 0,04^b$	$0,18 \pm 0,02^c$	$0,27 \pm 0,02^b$
Линалоол	$0,037 \pm 0,002^c$	$0,049 \pm 0,003^b$	$0,024 \pm 0,001^c$	$0,032 \pm 0,002^b$
Гераниол	$0,011 \pm 0,001^c$	$0,016 \pm 0,001^b$	–	–
Изоамиловый спирт	267 ± 19^a	256 ± 18^a	296 ± 14^a	288 ± 15^a
2-Фенилэтиловый спирт	29 ± 3^b	34 ± 3^a	24 ± 2^b	28 ± 2^a

Примечание – Разные строчные буквы в пределах строки обозначают статистически значимые различия между вариантами по тесту Тьюки при $p < 0,05$.

Рост содержания свободных терпенов связан с β -глюкозидазой *M. pulcherrima*, высвобождающей их из связанных форм. Увеличение экспозиции дает больший эффект, поскольку несахаромицетам требуется время для реализации метаболического потенциала до замещения культурой *S. cerevisiae*.

В рамках решения **третьей задачи** был организован эксперимент по изучению влияния микрооксигенации на процесс портвейнизации (таблица 5).

Исходя из предположения, что динамика антоцианов при портвейнизации подчиняется кинетическому уравнению первого порядка, и на основе обработки экспериментальных данных были определены E_a и предэкспоненциальные коэффициенты (k_0) для каждого варианта опыта (таблица 6).

Таблица 5 – План эксперимента по изучению процесса портвейнизации крепленого виноматериала из сорта Фиолетовый ранний

Изучаемый фактор	Уровни варьирования
Температура портвейнизации, °С	20; 40; 50; 60
Дозировка дубовой щепы, г/дм ³	0; 2
Дозировка кислорода, мг O ₂ /дм ³ в месяц	0; 4

Таблица 6 – Кинетические параметры уравнения Аррениуса для антоцианов

Вариант опыта	E_a , кДж/моль	k_0 , ч ⁻¹	R^2
В-1 (щепа 0 г/дм ³ , кислород 0 мг/дм ³ в месяц)	36,336	102,89	0,9879
В-2 (щепа 2 г/дм ³ , кислород 0 мг/дм ³ в месяц)	35,712	95,14	0,9916
В-3 (щепа 0 г/дм ³ , кислород 4 мг/дм ³ в месяц)	32,927	35,57	0,9984
В-4 (щепа 2 г/дм ³ , кислород 4 мг/дм ³ в месяц)	31,330	23,02	0,9908

Минимальная E_a (31,3 кДж/моль) зафиксирована для варианта с совместным действием кислорода и дубовой щепы, что указывает на синергетический эффект этих факторов.

В процессе выдержки содержание мономерных антоцианов в образцах снижалось, а доля полимеризованных форм возрастала. Данный процесс описывается через индекс химического возраста (ИХВ) (рисунок 6).

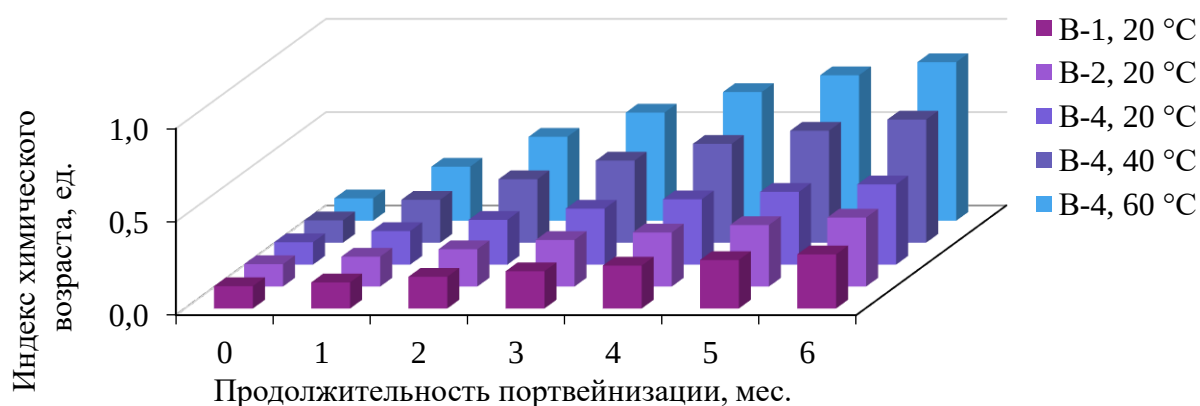


Рисунок 6 – Динамика индекса химического возраста в процессе портвейнизации

Без доступа кислорода (B-1, 20 °C) цвет за полгода лишь начал меняться: ИХВ 0,28 при исходных 0,12. Внесение дубовой щепы (B-2, 20 °C) интенсифицирует процесс (ИХВ 0,35). Наличие кислорода (B-4, 20 °C) увеличивает ИХВ к 6 мес. до 0,41–0,44; увеличение температуры до 60 °C приводит к росту ИХВ до 0,86 – такие значения встречаются у вин многолетней выдержки.

Из данных о динамике фурфурола, гидроксиметилфурфурола (ГМФ) и 5-метилфурфурола в ходе выдержки нами составлен интегральный показатель – индекс фуранового возраста (furan age index, *FAI*) (рисунок 7):

$$FAI = \frac{C_{\text{фурфурол}} + C_{\text{5-метилфурфурол}} + C_{\text{ГМФ}}}{1000}. \quad (1)$$

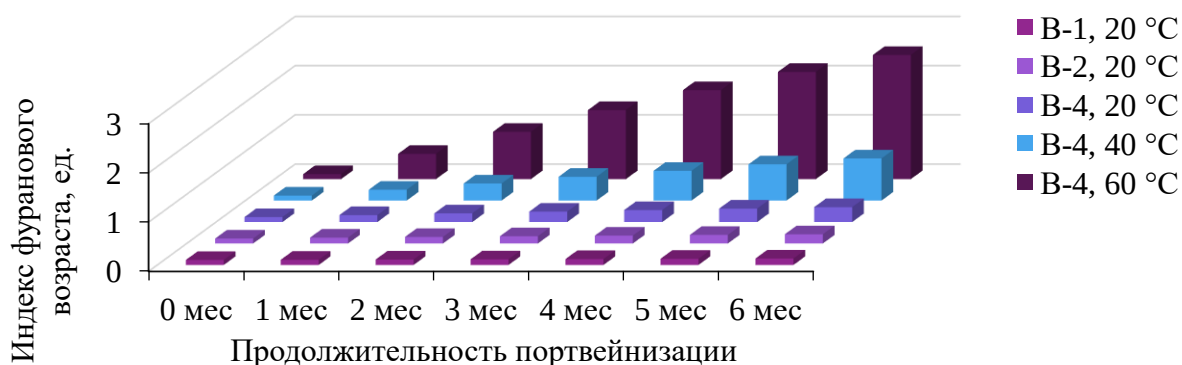


Рисунок 7 – Динамика индекса фуранового возраста в процессе портвейнизации

Сотолон (3-гидрокси-4,5-диметил-2(5H)-фуранон) как один из основных одорантов окислительной выдержки портвейнов ощущается уже в малых концентрациях. В работе предложен сотолоновый индекс (sotolon index,

SI) – содержание сотолона, нормированное к его порогу восприятия (либо к содержанию в эталонных образцах):

$$SI = \frac{C_{\text{сотолон}}}{C_{\text{порог}}^{\text{сотолон}}} \quad (2)$$

Используя пороговое значение 10 мкг/дм^3 (среднее по литературным данным), получаем следующие значения SI для наших образцов (рисунок 8). Значения $SI > 1$ свидетельствуют, что сотолон начинает вносить ощутимый вклад в аромат. При $SI > 10$ тон сотолона преобладает, формируя «окисленный» профиль портвейна.

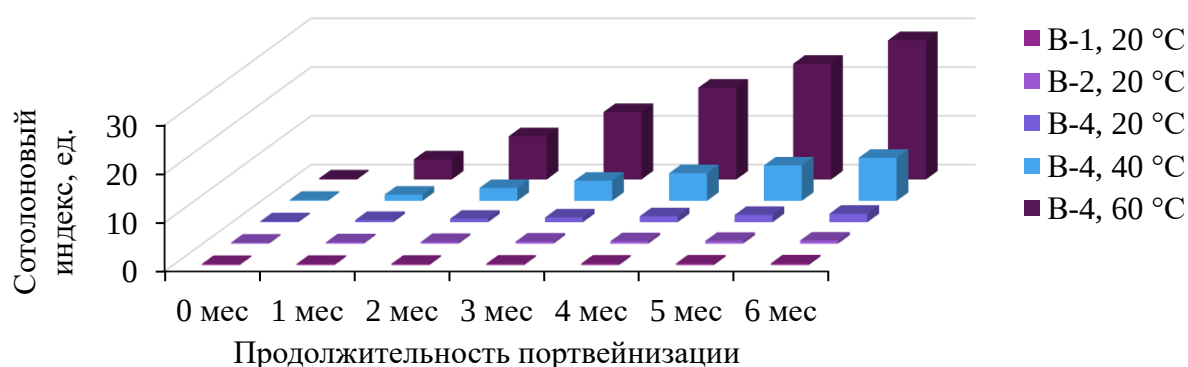


Рисунок 8 – Динамика сотолонового индекса в процессе портвейнизации

На основе полученных кинетических данных были построены регрессионные модели (таблица 7), позволяющие прогнозировать значения индексов в зависимости от температуры и времени выдержки (подана заявка на регистрацию программы ЭВМ).

Таблица 7 – Регрессионные модели для расчета индексов при оценке портвейнизации

Индекс	Режим портвейнизации	
	Кислород 0 мг/дм^3 в месяц, дубовая щепа 0 г/дм^3	Кислород 4 мг/дм^3 в месяц, дубовая щепа 2 г/дм^3
Индекс химического возраста	$\text{ИХВ}(t, T) = 0,95 - 0,83 \cdot e^{\left(-8,2 \times 10^4 \cdot e^{\left(\frac{4462}{T}\right)}\right)}$	$\text{ИХВ}(t, T) = 1 - 0,88 \cdot e^{\left(-2,3 \times 10^5 \cdot e^{\left(\frac{3909}{T}\right)}\right)}$
Сотолоновый индекс	$SI(t, T) = 6 \cdot 10^3 \cdot e^{\left(-\frac{3945}{T}\right)} \cdot t^{1,20}$	$SI(t, T) = 1,18 \cdot 10^4 \cdot e^{\left(-\frac{3259}{T}\right)} \cdot t^{1,30}$

Полученные прогностические модели справедливы в интервале $t = 0\text{--}180$ сут и при $T = 20\text{--}60$ °C и не предназначены для экстраполяции на многолетнюю выдержку. Для других сортов винограда и иных условий выдержки требуется калибровка коэффициентов моделей.

Предложен расчетный комплексный индекс эволюции портвейна (port wine evolution index, $PWEI$), объединяющий показатели, отражающие разные аспекты старения:

$$PWEI = w_1 \left(1 - \frac{ИХВ}{ИХВ_{\max}} \right) + w_2 \left(\frac{FAI}{FAI_{\max}} \right) + w_3 \left(\frac{SI}{SI_{\max}} \right) + w_4 \left(\frac{A}{A_0} \right), \quad (3)$$

где ИХВ – индекс химического возраста; FAI – индекс фуранового возраста; SI – сотолоновый индекс; A/A_0 – относительное содержание ацеталей (A_0 – исходное содержание ацеталей, A – текущее); w_1 – w_4 – весовые коэффициенты.

Режим выдержки оптимизировали на виноматериале из винограда сорта Фиолетовый ранний. Поверхности отклика (рисунок 9) были построены при фиксированной дозе кислорода 4 мг/дм³ в месяц. Анализ позволил выделить область параметров, удовлетворяющих заданным критериям; полученные режимы сведены в таблицу 8.

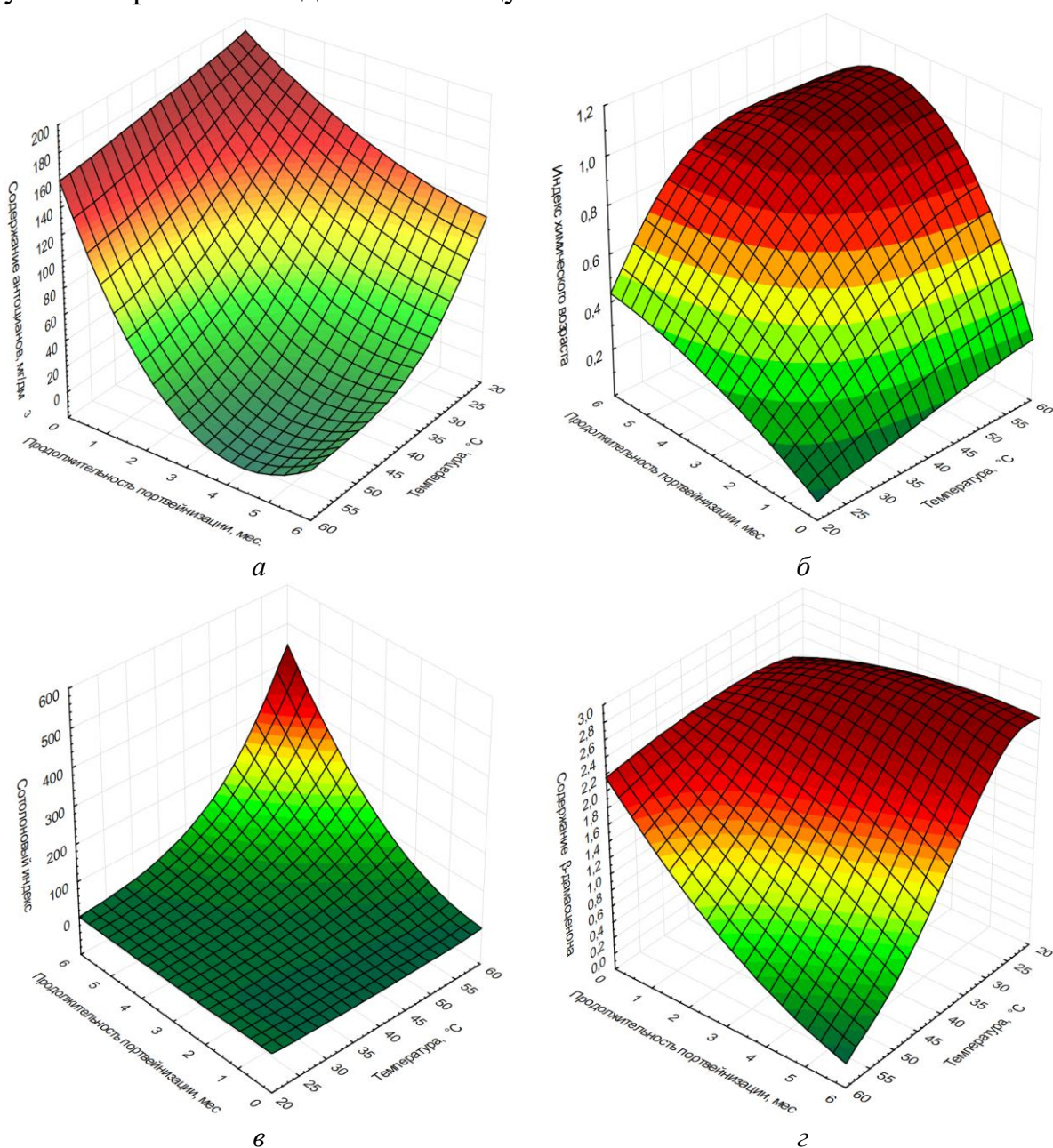


Рисунок 9 – Поверхности отклика для портвейна:
 а – содержание антоцианов; б – индекс химического возраста;
 в – сотолоновый индекс; г – содержание β-дамасцена

Таблица 8 – Область допустимых значений параметров для выдержки портвейнов

Параметр	Критерий	Диапазон температур, °C	Диапазон продолжительности, мес.
Содержание антоцианов	$\geq 130 \text{ мг/дм}^3$	20–28	≤ 5
ИХВ	$\geq 0,30$	≥ 22	≥ 2
SI	$\leq 2,0$	≤ 26	≤ 5
Содержание β -дамасцена	$\geq 1,82 \text{ мкг/дм}^3$	≤ 24	≤ 4
Пересечение всех критериев	–	22–24	3–4

После завершения портвейнизации были определены основные физико-химические показатели полученных образцов в зависимости от типа спиртующего агента (таблица 9).

Таблица 9 – Физико-химические показатели портвейнов, полученных с разными спиртующими агентами

Показатель	Вариант Р (ректификат)	Вариант Д (дистиллят)	Вариант Смесь (Р:Д 1:1)
Объемная доля этилового спирта, %	$18,4 \pm 0,2$	$18,6 \pm 0,2$	$18,5 \pm 0,2$
М. к. сахаров, г/дм ³	$83,2 \pm 2,5$	$84,1 \pm 2,5$	$83,7 \pm 2,5$
Титруемая кислотность, г/дм ³	$5,4 \pm 0,2$	$5,3 \pm 0,2$	$5,4 \pm 0,2$
pH	$3,54 \pm 0,03$	$3,51 \pm 0,03$	$3,53 \pm 0,03$
Массовая концентрация антоцианов, мг/дм ³	148 ± 6	151 ± 6	149 ± 6
Индекс химического возраста (CA)	$0,35 \pm 0,02$	$0,34 \pm 0,02$	$0,35 \pm 0,02$

Базовые физико-химические показатели практически не различаются между вариантами. Это ожидаемо, так как тип спиртующего агента не влияет на эти параметры напрямую. Различия проявляются на уровне летучих соединений (таблица 10).

Таблица 10 – Содержание ключевых летучих соединений в портвейнах, полученных с разными спиртующими агентами

Соединение		Содержание, мг/дм ³			p
		Вариант Р	Вариант Д	Вариант Смесь	
Сложные эфиры	Этилацетат	$38,4 \pm 2,7^b$	$67,3 \pm 4,7^a$	$52,8 \pm 3,7^a$	$< 0,01$
	Этилбутаноат	$2,1 \pm 0,2^c$	$5,8 \pm 0,4^a$	$4,2 \pm 0,3^b$	$< 0,001$
	Этилгексаноат	$1,92 \pm 0,14^c$	$3,84 \pm 0,27^a$	$2,96 \pm 0,21^b$	$< 0,001$
	Этилоктаноат	$1,18 \pm 0,09^c$	$2,73 \pm 0,19^a$	$2,05 \pm 0,15^b$	$< 0,001$
	Этилдеcanoат	$0,96 \pm 0,07^c$	$2,12 \pm 0,15^a$	$1,58 \pm 0,11^b$	$< 0,001$
	Изоамилацетат	$2,68 \pm 0,19^b$	$3,35 \pm 0,24^a$	$3,12 \pm 0,22^{ab}$	$< 0,05$
	2-Фенилэтилацетат	$0,48 \pm 0,04^c$	$1,12 \pm 0,08^a$	$0,84 \pm 0,06^b$	$< 0,001$
	Сумма эфиров	47,7	86,3	67,6	–
Высшие спирты	Изоамиловый спирт	254 ± 18	312 ± 22	286 ± 20	$> 0,05$
	Изобутиловый спирт	33 ± 3	41 ± 4	38 ± 3	$> 0,05$
	2-Фенилэтиловый спирт	29 ± 2^b	43 ± 3^a	37 ± 3^a	$< 0,01$
Альдегиды	Ацетальдегид	$24,6 \pm 1,7^b$	$38,4 \pm 2,7^a$	$32,5 \pm 2,3^a$	$< 0,01$
	Бензальдегид	$0,12 \pm 0,02^c$	$1,24 \pm 0,09^a$	$0,73 \pm 0,06^b$	$< 0,001$

Продолжение таблицы 10

Соединение		Содержание, мг/дм ³			p
		Вариант Р	Вариант Д	Вариант Смесь	
Фурановые альдегиды	Фурфурол	0,33±0,02	0,36±0,03	0,35±0,02	> 0,05
	Гидроксиметилфурфурол	2,51±0,18	2,48±0,17	2,50±0,18	> 0,05
Терпены	Линалоол	0,058±0,004 ^b	0,072±0,005 ^a	0,066±0,005 ^{ab}	< 0,05
Лактоны	Сотолон, мкг/дм ³	12,4±0,9	12,1±0,9	12,3±0,9	> 0,05

Примечание – Разные строчные буквы в пределах строки обозначают статистически значимые различия по тесту Тьюки при $p < 0,05$.

Важно, что соединения, образующиеся в процессе выдержки (фурановые альдегиды, сотолон), не различаются статистически значимо между вариантами, что подтверждает, что условия портвейнизации для всех образцов были идентичными.

В **четвертой** главе представлены результаты разработки и производственной апробации биотехнологии портвейна из продукции виноградарства Алтайского края.

В рамках решения **четвертой задачи** результатом работы стала панель дескрипторов для объективной органолептической оценки портвейнов из продукции виноградарства Алтайского края. Каждый термин панели подкреплён связью с конкретными химическими соединениями – по совокупности данных коэффициенты корреляции достигают 0,72–0,91 ($p < 0,01$). Органолептические свойства образца А можно интерпретировать технологически: мускатные тона – от сорта Фиолетовый ранний; тропические фрукты – от культуры *M. pulcherrima*; миндальные и дистиллятные ноты – от винного дистиллята. В качестве объектов сравнения выбраны три коммерческих образца портвейна, представленных на российском рынке (образцы В1–В3) (рисунок 10).



Рисунок 10 – Профиль аромата сравниваемых образцов портвейна

Для решения **пятой задачи** на основании исследований разработана принципиальная биотехнологическая схема производства портвейна из про-

дукции виноградарства Алтайского края (рисунок 11). Поэтапное управляемое построение технологии и дает возможность стандартизировать качество напитка из продукции виноградарства Алтайского края.

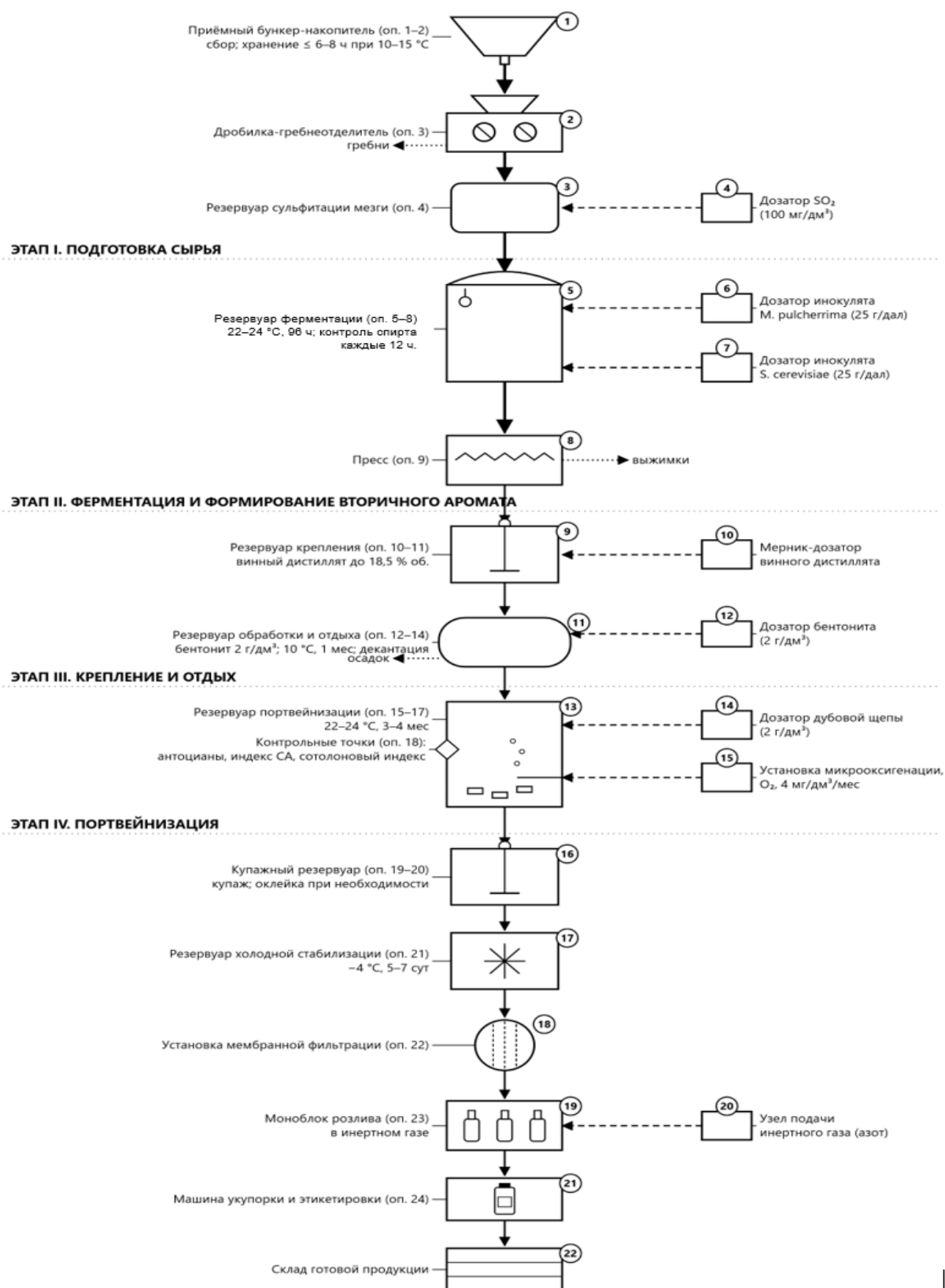


Рисунок 11 – Принципиальная аппаратурно-технологическая схема производства портвейна

На основе анализа нормативной документации и результатов собственных исследований разработаны технические требования к готовому продукту (таблица 11).

Таблица 11 – Регламентируемые показатели качества портвейна из сорта Фиолетовый ранний

Показатель	Значение
Физико-химические показатели	
Объемная доля этилового спирта, %	18,5 ± 0,5
М. к. сахаров, г/дм ³	80–100
М. к. титруемых кислот, г/дм ³	4,0–6,0
pH	3,3–3,8
М. к. летучих кислот, г/дм ³	≤ 1,2
М. к. общего SO ₂ , мг/дм ³	≤ 200
М. к. антоцианов, мг/дм ³	≥ 130
Микробиологические показатели	
КМАФАнМ, КОЕ/см ³	≤ 500
Бактерии группы кишечных палочек	Не допускаются
Патогенные микроорганизмы	Не допускаются
Органолептические показатели	
Внешний вид	Прозрачное, без осадка и посторонних включений
Цвет	Темно-красный
Аромат	Сложный, с доминированием ягодно-фруктовых тонов, цветов, легкими тонами выдержки
Вкус	Полный, гармоничный, с хорошей кислотной структурой, умеренной терпкостью, долгим послевкусием

Для проверки разработанной технологии в условиях, приближенных к производственным, была проведена выработка опытных партий портвейна в условиях экспериментального производства кафедры биотехнологии БТИ АлтГТУ и в ООО «ЦПС» (г. Бийск). Для оценки стабильности при хранении образцы закладывали на хранение при температурах 10 °С и 20 °С и анализировали через 3; 6 и 12 мес. (таблица 12).

Таблица 12 – Динамика показателей портвейна при хранении

Показатель	Исходный образец	3 мес. (10 °С)	3 мес. (20 °С)	6 мес. (10 °С)	12 мес. (10 °С)	6 мес. (20 °С)
М. к. антоцианов, мг/дм ³	133	128	119	124	118	108
ИХВ	0,37	0,39	0,44	0,41	0,44	0,51
SI	1,62	1,78	2,46	1,94	2,27	3,52
Дегустационная оценка, балл	87	86	82	85	83	76

При хранении при 10 °С (рекомендуемая температура) продукт сохраняет высокое качество в течение 12 мес., показатели изменяются медленно. При 20 °С динамика показателей ускоряется, и к 6 мес. продукт приобретает характерные признаки окисленности выдержанных портвейнов.

Заключение

В диссертационной работе на основе теоретических и экспериментальных исследований решена актуальная научно-практическая задача – научно обоснованы и разработаны биотехнологические приемы регулирования качества портвейнов из красных сортов винограда, возделываемых в Алтайском крае. Реализация системного подхода, включающего управление первичным, вторичным, третичным ароматом и вкладом спиртующего агента, позволила создать комплексную технологию, адаптированную к специфике сырья резко континентального климата.

1. Проведен сравнительный анализ девяти красных сортов (2022–2024 гг.) по сахаристости, титруемой кислотности и сахарокислотному индексу. Кластеризацией выделены четыре группы; наиболее перспективными по базовым физико-химическим показателям признаны сорта первого кластера (Зилга, Памяти Домбковской) с высоким сахаронакоплением (до 191,3 г/дм³) и умеренной кислотностью. Детальный анализ ароматического профиля выявил сортоспецифичные особенности: Фиолетовый ранний – выраженный терпеновый профиль (линалоол 37,3 мкг/дм³; OAV 2,49), высокое эфиробразование (изоамилацетат 2,7 мг/дм³; OAV 90,0); Загадка Шарова – высокое содержание β-дамасцена (1,72 мкг/дм³; OAV 34,4) и этилгексаноата (1,24 мг/дм³; OAV 15,5); Зилга – уникальный «изабельный» тон (метилантранилат 64,6 мкг/дм³; OAV 1,44). Сорт Каберне Северный ввиду преобладания травянистых тонов (метоксипиразины; OAV 1,6) признан малопригодным.

2. Разработан и апробирован протокол последовательного брожения (*M. pulcherrima*, 72 и 96 ч, затем *S. cerevisiae*). При экспозиции 96 ч достигнуто достоверное увеличение содержания сложных эфиров: изоамилацетата на 24–31 %, этилгексаноата на 20–21 %, 2-фенилэтилацетата в 1,8 раза, а также высвобождение связанных терпенов (линалоола в 1,6 раза). Сенсорный анализ подтвердил повышение общей интенсивности аромата (с 3,9 до 4,6 балла) и гармоничности (с 3,7 до 4,3 балла). Наиболее выраженный эффект отмечен для сорта Фиолетовый ранний, что, вероятно, свидетельствует о синергизме сортовых особенностей и метаболической активности *M. pulcherrima*.

3. В многофакторном эксперименте изучена кинетика деградации антоцианов. Подтверждено, что процесс подчиняется кинетике первого порядка; рассчитаны константы скорости ($2,91\text{--}22,84 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$) и периоды полупревращения (992–126 сут). Энергии активации составили 31,3–36,3 кДж/моль. Исследована динамика маркеров третичного аромата: фурановых альдегидов, сотолон, ацеталей. Предложены и обоснованы интегральные индексы: ин-

декс фуранового возраста (*FAI*) и сотолоновый индекс (*SI*). На основе корреляционного анализа предложен комплексный индекс эволюции портвейна (*PWEI*) с весовыми коэффициентами, определенными комбинированным методом (экспертная оценка и метод главных компонентов). Высокое значение коэффициента корреляции *PWEI* с сенсорной оценкой ($r = 0,96$; $p < 0,001$) подтверждает его адекватность.

4. Разработана и валидирована панель из 37 дескрипторов для органолептической оценки портвейнов, основанная на принципе сенсорно-химической корреляции ($r = 0,72-0,91$; $p < 0,01$) и характеризующаяся высокой воспроизводимостью (коэффициент вариации менее 12 %) и дискриминантной способностью. Сформирован эталонный сенсорный профиль портвейна из винограда Фиолетовый ранний, выращиваемого в Алтайском крае.

5. Разработана комплексная биотехнологическая схема производства портвейна. Определены оптимальные режимы портвейнизации для стиля Ruby: температура 22–24 °С, продолжительность 3–4 мес., доза кислорода 4 мг $O_2/дм^3$ в месяц, дубовая щепка 2 г/ $дм^3$. Режим обеспечивает сохранность β -дамасцена на уровне не менее 90 %, сотолоновый индекс $SI \leq 2,0$, индекс химического возраста $CA \geq 0,30$, содержание антоцианов не менее 130 мг/ $дм^3$.

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации

Статьи в журналах, входящих в базу данных RSCI

1. Рожнов, Е. Д. Влияние микрооксигенации в процессе выдержки на органолептическое восприятие красных виноградных вин / Е. Д. Рожнов, **А. А. Неклюдов**, М. Н. Школьников // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2024. – № 4 (397). – С. 31–36.

2. Рожнов, Е. Д. Многофакторный анализ процесса деградации антоцианов при портвейнизации виноматериалов / Е. Д. Рожнов, М. Н. Школьников, **А. А. Неклюдов** // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2025. – № 1 (399). – С. 66–73.

3. Рожнов, Е. Д. Формирование панели дескрипторов на основе интегральной классификации ароматобразующих соединений для органолептической оценки портвейнов типа Ruby / Е. Д. Рожнов, **А. А. Неклюдов**, М. Н. Школьников // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2026. – № 2–3. – С. 6–16.

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

4. **Неклюдов, А. А.** Оценка технологических показателей красных сортов винограда, выращенного на Алтае / А. А. Неклюдов, Е. Д. Рожнов // Современная наука и инновации. – 2024. – № 4 (48). – С. 89–97.

5. Рожнов, Е. Д. Влияние сорта винограда на формирование ароматического профиля в модельных портвейнах типа Ruby / Е. Д. Рожнов, М. Н. Школьников, **А. А. Неклюдов** // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2026. – Т. 15, № 1 (73). – С. 98–104.

Прочие публикации

6. Неклюдов, А. А. Оценка сырьевой базы для производства винодельческой продукции в Алтайском крае / А. А. Неклюдов, В. В. Питенко // Урал – драйвер неоиндустриального и инновационного развития России : материалы V Урал. экон. форума (Екатеринбург, 19–20 окт. 2023 г.). – Екатеринбург : УрГЭУ, 2023. – С. 227–230.

7. Неклюдов, А. А. Изучение увологических характеристик винограда культивируемого в Алтайском крае / А. А. Неклюдов, И. В. Плотников, Е. Д. Рожнов // Материалы Международной научно-практической конференции им. Д. И. Менделеева, посвященной 15-летию Института промышленных технологий и инжиниринга : сб. ст. (Тюмень, 16–18 нояб. 2023 г.) : в 3 т. – Тюмень : ТИУ, 2024. – Т. 1. – С. 362–364.

8. Неклюдов, А. А. Изучение белых сортов винограда, культивируемого в Алтайском крае / А. А. Неклюдов, Е. Д. Рожнов // Промышленность и сельское хозяйство. – 2023. – № 10 (63). – С. 35–40.

9. Неклюдов, А. А. Исследование влияния дрожжей *Metschnikowia pulcherrima* на качество виноматериалов, вырабатываемых из белых сортов винограда / А. А. Неклюдов, Е. Д. Рожнов, А. Н. Паседкина // Промышленность и сельское хозяйство. – 2023. – № 11 (64). – С. 34–40.

10. Рожнов, Е. Д. Исследование кинетики деградации антоцианов при портвейнизации в различных условиях / Е. Д. Рожнов, А. А. Неклюдов // Агропродовольственная экономика. – 2024. – № 9. – С. 43–52.

11. Неклюдов, А. А. Использование красных сортов винограда, выращиваемого в Алтайском крае для получения портвейнов / А. А. Неклюдов, Д. Д. Фролова // Материалы Международной научно-практической конференции им. Д. И. Менделеева, посвященной 60-летию ТИУ : сб. ст. конф. (Тюмень, 21–23 нояб. 2024 г.) : в 3 т. – Тюмень : ТИУ, 2025. – Т. 2. – С. 111–113.

12. Рожнов, Е. Д. Циркулярная экономика в производстве портвейна: экономические предпосылки и пути монетизации вторичных ресурсов / Е. Д. Рожнов, А. А. Неклюдов // Агропродовольственная экономика. – 2025. – № 12. – С. 86–95.

Список сокращений и условных обозначений

ИХВ – индекс химического возраста

м. к. – массовая концентрация

CS – виноград сорта Каберне Совиньон

FAI – индекс фуранового возраста

OAV – показатель интенсивности запаха

PWEI – комплексный индекс эволюции портвейна

SH – виноград сорта Шираз

SI – сотолоновый индекс

TN – виноград сорта Ториго Насионал

Подписано в печать 16.10.2026.
Формат $60 \times 84 \frac{1}{16}$. Гарнитура Таймс. Бумага офсетная. Печать плоская.
Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 100 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