

На правах рукописи



Редька Виталий Михайлович

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КРАСНЫХ СУХИХ ВИН
НА ОСНОВЕ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВИНОГРАДА
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ЕГО ЗРЕЛОСТИ**

Специальность 4.3.3. Пищевые системы

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Краснодар – 2026

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (ФГБНУ СКФНЦСВВ)

Научный руководитель: **Прах Антон Владимирович**
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Официальные оппоненты: **Макаров Александр Семенович**
доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории игристых вин отдела виноделия Крымского научно-исследовательского центра виноградарства и виноделия «Магарач» Курчатовского комплекса виноградарства и виноделия Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

Стрибижева Людмила Ивановна
кандидат технических наук, доцент кафедры технологии виноделия и бродильных производств имени профессора А.А. Мержаниана Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный технологический университет».

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», г. Ставрополь.

Защита диссертации состоится «10» ноября 2026 г. в 13⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 24.1.209.01 при ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» по адресу: 350901, г. Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 39.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке и на сайтах: ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» <http://www.kubansad.ru> и ВАК <http://vak.gisnauka.ru>

Автореферат разослан «___» _____ 2026 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат сельскохозяйственных наук



Е.Н. Якименко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Анализ результатов научных исследований свидетельствует об ограниченных данных об оптимальных характеристиках винограда при уборке для производства красных сухих вин в зависимости от сорта винограда, места и условий его выращивания. Даже в пределах одной страны, например, Франции, для одного и того же сорта винограда Пино фран даются рекомендации по массовой концентрации сахаров от 17,8 до 24,3 %. Широкий диапазон представлен и для суммы фенольных соединений – от 2,0 до 3,6 г/дм³. В нашей стране такие диапазоны отсутствуют.

Важными маркерами зрелости в винограде и в виноматериалах определенных сортов могут являться летучие вещества – метоксипиразины (МП), изменяющие свойства готового продукта в зависимости от их концентрации. В то же время, данные компоненты в определенных концентрациях могут определять степень зрелости винограда.

МП, а именно 2-изобутил-3-метоксипиразин, 2-изопропил-3-метоксипиразин и 2-sec-изобутил-3-метоксипиразин, были идентифицированы в широком спектре продуктов растительного происхождения. Известно, что они ответственны за характерные зеленые, травянистые или растительные ароматы вин из сортов винограда Совиньон блан и Каберне Совиньон. Уровень метоксипиразинов может существенно влиять на качество вина и, как следствие, на его рыночную стоимость.

В условиях винодельческого производства, несмотря на контроль основных физико-химических показателей созревания винограда, не установлены основные органолептические показатели винограда в энологический период зрелости, а также диапазоны фенольных и азотистых веществ, в частности, аминокислот. Таким образом, поиск оптимальных значений биохимических показателей качества винограда в период его зрелости является актуальной задачей винодельческой отрасли и нашего исследования.

Актуальность исследований подтверждается их включением в тематику РАН по теме FGRE-2022-0007 «Разработка многокритериальной модели управления качеством и безопасностью столовых и ликерных вин на основе совершенствования методов контроля качества, включая критерии географической идентификации винодельческой продукции, и раскрытия механизмов физико-химических и биотехнологических процессов, протекающих в процессе переработки винограда, в том числе глубокой, и обработки виноматериалов».

Степень разработанности темы. Большой вклад в разработку и совершенствование технологии красных вин внесли российские ученые Валуйко

Г.Г., Герасимов М.А., Датунашвили Е.Н., Кишковский З.Н., Агеева Н.М. и др. При этом исследований по формированию единой базы данных ароматических характеристик красных технических сортов винограда с целью получения высококачественных вин в зависимости от места произрастания винограда, сорта винограда и степени его зрелости, проведено недостаточно.

Цель исследований – совершенствование технологии красных вин на основе исследования биохимических показателей сортов винограда, на примере Гранатовый и Курчанский, в зависимости от их степени зрелости.

Задачи исследований:

- установить закономерности накопления аминокислот, фенольных соединений, технологический запас красящих веществ в винограде сортов Гранатовый и Курчанский в зависимости от степени созревания;
- выявить оптимальные сроки уборки на основе данных о составе фенольного и аминокислотного профилей и оценить их влияние на органолептические показатели сухих вин;
- разработать способ определения энологической зрелости красных сортов винограда на основе сенсорного анализа;
- исследовать особенности формирования ароматических компонентов вина – метоксипиразинов (МП), характеризующих степень зрелости винограда, в зависимости от погодных факторов и особенностей сортов;
- установить влияние технологии переработки красных сортов винограда (мацерация, брожение мезги, брожение сусла, термовинификация) на содержание метоксипиразинов;
- усовершенствовать технологию красных вин с учетом сроков уборки;
- провести расчет экономической эффективности от внедрения усовершенствованной технологии переработки винограда для сухих красных вин.

Научная новизна.

Впервые установлены закономерности накопления аминокислот и фенольных соединений, диапазоны варьирования их массовых концентраций в процессе созревания технических сортов винограда Курчанский и Гранатовый в условиях Центральной и Черноморской зон виноградарства Краснодарского края. Выявлено, что динамика накопления аргинина, треонина, серина и пролина является объективным критерием энологической зрелости;

Впервые показано, что сенсорный анализ ягоды является эффективным инструментом прогнозирования качества будущего вина. Техническая новизна разработки подтверждена патентом РФ № 2857777 «Способ определения зрелости ягод винограда»;

Впервые в условиях Краснодарского края определены массовые концентрации метоксипиразинов в винограде и красных сухих виноматериалах. Выявлена зависимость уровня накопления метоксипиразинов от климатических условий вегетационного периода и сортовых особенностей винограда;

Установлены закономерности изменения концентрации метоксипиразинов в зависимости от технологии переработки винограда. Показано, что применение термовинификации и углекислотной мацерации позволяет снизить их содержание в готовом виноматериале, что способствует уменьшению избыточных «зеленых» и «травянистых» тонов в аромате и вкусе.

Теоретическая и практическая значимость. Получены новые экспериментальные данные о формировании фенольного и азотистого комплексов винограда в зависимости от степени его зрелости сырья. Выявлены корреляционные взаимосвязи между физико-химическими показателями (объемная доля этанола, массовая концентрация титруемых кислот, величина рН, массовая концентрация винной кислоты) и дегустационной оценкой красных сухих вин. На основе регрессионного анализа разработана математическая модель, позволяющая прогнозировать качество вина. Теоретически обоснована и усовершенствована технология красных сухих вин с учетом нового критерия степени зрелости – концентрации метоксипиразинов.

Экспериментально обоснована и усовершенствована технология сухих красных вин с учетом критериев качества винограда (аминокислотный профиль, концентрация метоксипиразинов), обеспечивающая получение продукции с высокими и стабильными органолептическими показателями. Разработаны технологические инструкции на производство красного сухого вина из сортов винограда Курчанский и Гранатовый № ТИ 11.02.12.111-195-00668034-2024 и № ТИ 11.02.12.111-197-00668034-2024. Апробация технологии проведена в цехе «Микровиноделие», КФХ «Щербина М.П.», КФХ «Скорик И.М.».

Методология и методы исследования. В основе методологии проведенных исследований лежит анализ научно-технической литературы, на основании которого сформулирована проблема, требующая решения, определены цели и задачи исследования, в соответствии с которыми разработана программа исследований. Работа выполнена в соответствии с общепринятыми методиками и ГОСТами, используемыми в технохимическом контроле виноделия. В работе были применены системный и корреляционно-регрессионный анализ, современные методы инструментального анализа, в том числе спектрофотометрия, капиллярный электрофорез, инфракрасная сканирующая спектрофотометрия на базе ЦКП ФГБНУ СКФНЦСВВ.

Положения, выносимые на защиту:

1. Способ определения энологической зрелости красных сортов винограда на основе сенсорного анализа.
2. Биохимические показатели (аминокислоты, фенольные вещества, МП) красных сухих вин, произведенных с учетом степени зрелости винограда по разработанному методу.
3. Закономерности изменения массовых концентраций метоксипиразинов в зависимости от погодных условий, сорта и способа переработки винограда.
4. Технология переработки винограда с учетом массовых концентраций метоксипиразинов и ее экономическое обоснование.

Степень достоверности и апробация результатов исследований. Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждается использованием современных методов статистической обработки экспериментальных данных в программах Microsoft Office и Statistica 10.0 for Windows, а также сопоставлением результатов исследований с данными, полученными другими учеными.

Основные положения диссертационной работы и результаты исследований доложены, обсуждены и одобрены на международных конференциях: Международная научно-практическая конференция, «Современные тенденции науки, инновационные технологии в виноградарстве и виноделии», (Ялта, 2021г); Международной научно-практической конференция «Современные тенденции науки, инновационные технологии в виноградарстве и виноделии», (г. Ялта, 2023); Региональная научная конференция «Нано- , био- , информационные и когнитивные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности», г. (Краснодар, 2024г); а также на научно-практических конференциях: «Современные векторы развития науки», (Краснодар, 2024), «Агропоколение: наука, практика, инновации», (Краснодар, 2025).

Личное участие автора. Произведен сбор и анализ отечественной и иностранной литературы, опубликованных научных статей по объектам и предметам данного исследования, сформирована программа и схема исследований и проведены эксперименты согласно им, проведена статистическая обработка и обобщение результатов с дальнейшей разработкой способа оценки качества винограда и винодельческой продукции, опубликованы основные результаты работы в научных статьях в соавторстве.

Публикации результатов исследований. По теме диссертации опубликовано 8 научных работ, в том числе 2 работы в базе международного цитирования Scopus, 3 работы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, получен патент на изобретение № 2857777 «Способ определения зрелости ягод винограда».

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и приложений. Основной текст диссертации изложен на 151 странице, содержит 22 таблицы, 20 рисунков, 4 приложения. Список литературы составляет 147 источников, из них зарубежных – 71.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дано обоснование актуальности темы, практической значимости работы, сформированы цель и задачи исследования, научная новизна, положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведён аналитический обзор литературы по формированию качественного урожая красных технических сортов, влиянию технологических приёмов производства на качество вин, а также роли метоксипиразинов в аромате винограда и вина. Показано, что МП (особенно ИБМП) являются мощными ароматическими соединениями с низким порогом восприятия, их содержание зависит от сорта, зрелости, климата и агротехники. Отмечена недостаточная изученность этих вопросов для красных сортов винограда Курчанский и Гранатовый в условиях Краснодарского края.

Во второй главе описаны объекты и методы исследований. Объектами служили красные технические сорта винограда Курчанский и Гранатовый, возделываемые в центральной и черноморской зонах Краснодарского края. Исследовали свежий виноград, сусло и виноматериалы, полученные по классической технологии брожения мезги. Применяли стандартные физико-химические методы (ГОСТ), колориметрическое определение фенольных веществ, капиллярный электрофорез для аминокислот и органических кислот, газовой хроматографии с масс-спектрометрией для метоксипиразинов с пробоподготовкой QuEChERS.

Структурная схема исследований представлена на рисунке 1.

При исследовании содержания метоксипиразинов в готовой продукции, произведенной из различных красных сортов винограда, использовали виноматериалы винодельческих предприятий из указанных выше агроэкологических зон. Органолептический анализ исследуемых вин проводили дегустационной комиссией научного центра «Виноделие» ФГБНУ СКФНЦСВВ по ГОСТ 32051 Продукция винодельческая. Методы органолептического анализа. Статистическую достоверность результатов исследований оценивали с использованием пакетов прикладных компьютерных программ Microsoft Office Excel-2016 и Statistica 10.0 for Windows.



Рисунок 1 – Структурная схема исследований

В обсуждении **результатов исследований** приведены экспериментальные данные исследований по совершенствованию методики определения метоксипиразинов в винограде и виноматериалах методом газовой хроматографии с масс-спектрометрией, а также по разработке способа определения энологической зрелости красных сортов винограда на основе сенсорного анализа. Обсуждаются результаты оценки влияния степени зрелости винограда на физико-химические, биохимические (аминокислотный и фенольный профили) и органолептические показатели сусел и готовых вин, а также влияние технологических приёмов (термовинификация, углекислотная мацерация) на содержание метоксипиразинов и качество виноматериалов. Показана возможность эффективного снижения концентрации метоксипиразинов путём применения термо-

винификации мезги (40 °С, 3–4 ч.), что позволяет уменьшить нежелательные «зелёные» и «травянистые» тона и повысить дегустационную оценку вин.

Определение оптимальных сроков уборки на основе данных о составе органических кислот, фенольного и азотистого профилей винограда для производства красных сухих вин

Для оценки влияния степени созревания ягод винограда на динамику формирования аминокислотного профиля были выделены в качестве основных следующие азотсодержащие соединения, легко потребляемые винными дрожжами – аргинин, серин, треонин и непотребляемый в нормальных, анаэробных условиях ферментации – пролин. В связи с этим исследовали изменение концентрации указанных аминокислот в процессе созревания винограда сортов Курчанский и Гранатовый (рисунок 2).

Установлено, что к моменту уборки, когда ягода достигает энологической зрелости, динамика накопления аминокислот снижается, а в период перезревания (вторая – третья декада октября) отмечается незначительное увеличение их концентрации, что может объясняться естественной потерей влаги в ягоде (рисунок 2).

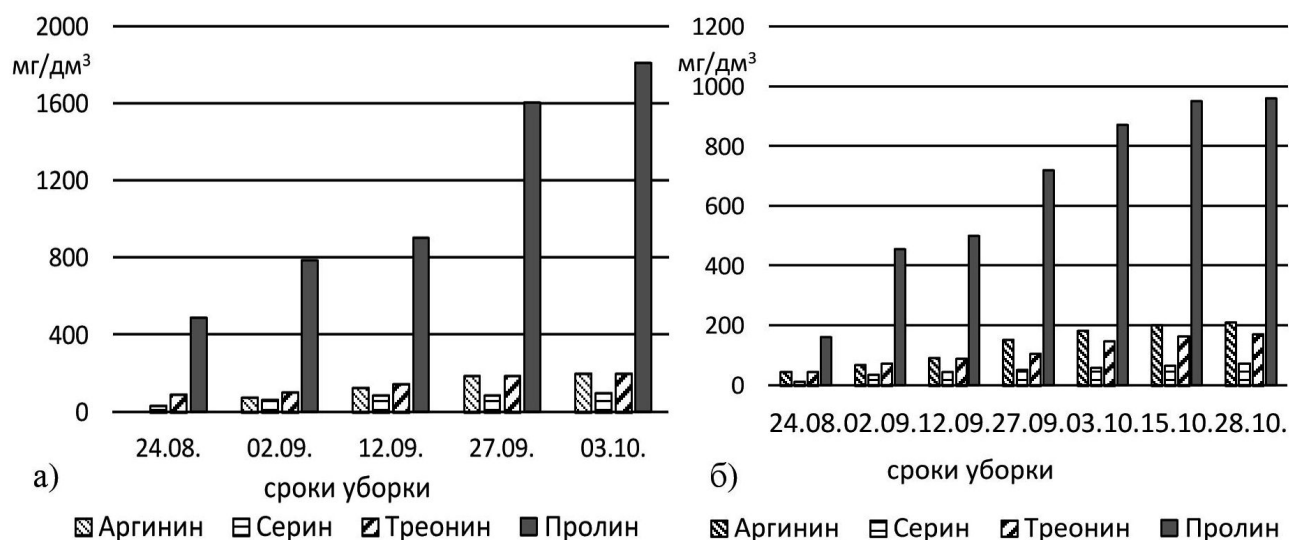


Рисунок 2 – Массовая концентрация свободных аминокислот в виноградном сусле винограда сортов Курчанский (а) и Гранатовый (б)

В виноматериалах, полученных из исследуемых сортов винограда, собранного в различные даты, также отмечена тенденция увеличения общего количества аминокислот по мере созревания винограда при одинаковых условиях брожения. В виноматериале из сорта Курчанский в оптимальный период сбора

(27.09.) максимальная концентрация общей суммы аминокислот составила – 1180,3 мг/дм³, в дальнейшем (03.10.) эта величина снижалась до 1120,1 мг/дм³. Для виноматериала из сорта винограда Гранатовый тенденция была аналогична. Таким образом, динамика накопления аминокислот в ягоде и дальнейшие изменения в виноматериалах исследуемых сортов, показывают возможность использования легкоусваиваемых форм этих соединений для определения степени зрелости винограда.

В процессе созревания винограда были определены диапазоны основных групп фенольных веществ. Отмечено, что в течение вегетационного периода происходил рост содержания фенольных соединений. Установлено, что для винограда сорта Гранатовый наибольшее значение концентрации мономерных соединений зафиксировано в третьей декаде сентября и первой декаде октября – от 94,3 мг/дм³ до 108,3 мг/дм³. Концентрация моногликозида мальвидина, как основного представителя антоцианов, варьировала в этот период от 72 до 78,4 мг/дм³. Для сорта Курчанский эти значения имели наибольшую величину в конце сентября – второй декаде октября (до 65,1 мг/дм³). Наибольшая массовая концентрация дигликозидов обнаружена в сусле винограда сорта Гранатовый – 15,6 мг/дм³ в период первой и второй декаде октября. В конце сентября и начале октября в сорте винограда Курчанский отмечено наибольшее содержание дигликозидов – до 10,6 мг/дм³.

Исследования фенольных соединений, проведенные в 2021–2023 гг., показали, что для сорта Гранатовый максимальные значения технологического запаса фенольных веществ (ТЗФВ) были установлены во второй декаде октября и 1-й декаде ноября – от 3530 до 3730 мг/дм³, при этом технологический запас красящих веществ составил 875–941 мг/дм³. ТЗФВ для сорта Курчанский в третьей декаде сентября и 1 декаде октября имел максимальное значение (2479,6 мг/дм³ и 2514,7 мг/дм³ соответственно), а технологический запас красящих веществ составил 734,8–758,7 мг/дм³.

В результате проведенных исследований установлено, что содержание фенольных и красящих веществ в винограде могут являться дополнительным маркером зрелости, который необходимо учитывать при определении времени сбора урожая.

Доказана взаимосвязь между содержанием фенольных веществ, дегустационной оценкой виноматериала и сроком уборки винограда (рисунок 3). Подтверждено, что для сорта Курчанский оптимальным сроком сбора является последняя декада сентября, для сорта Гранатовый – первая декада октября. Дальнейшее созревание и увеличение концентрации фенольных веществ негативно

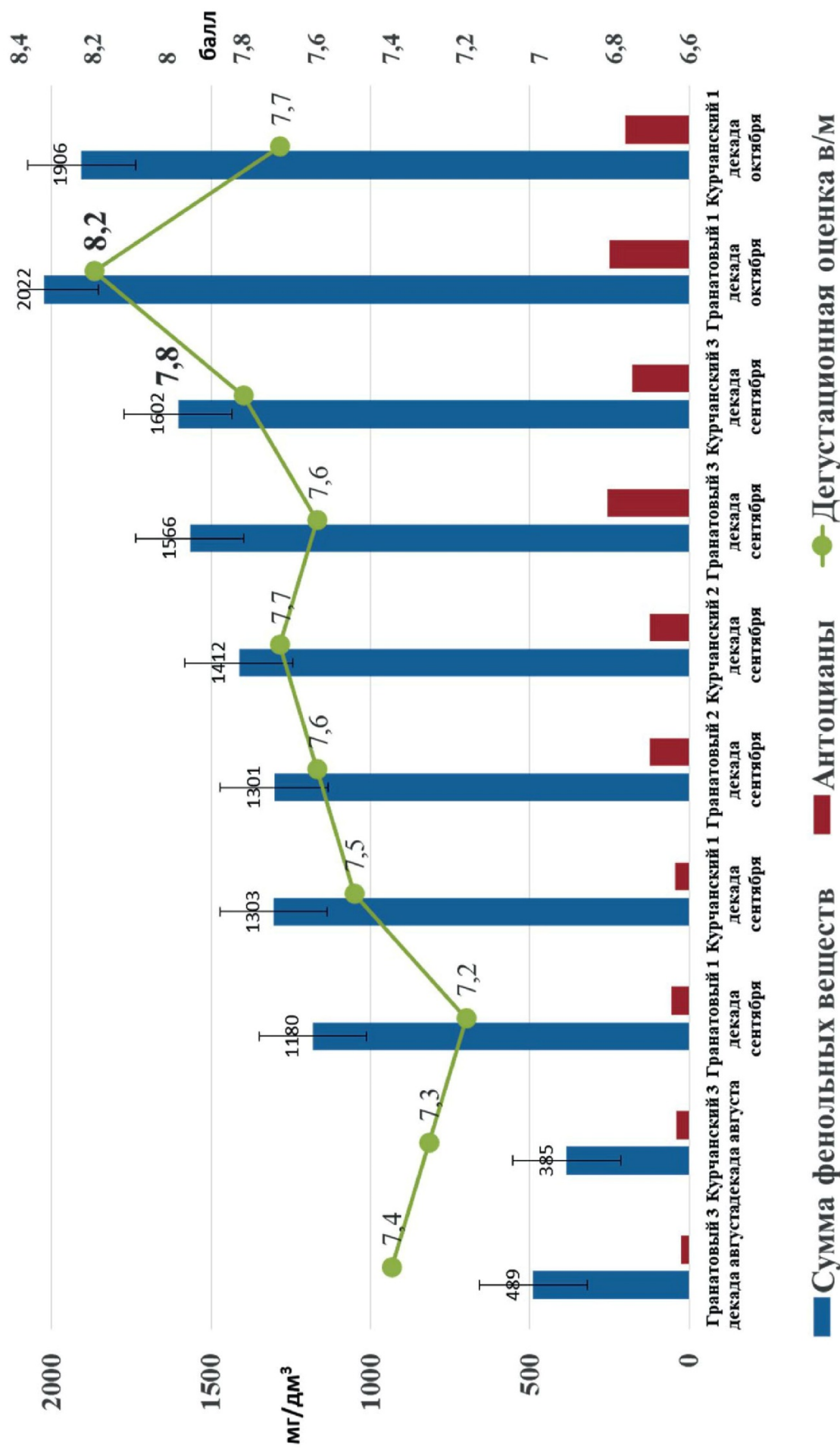


Рисунок 3 – Содержание в виноматериале фенольных веществ (мг/дм³) и дегустационная оценка (балл) с учетом сроков уборки

отразилось на дегустационной оценке виноматериала из сорта Курчанский: во вкусе ощущалась излишняя терпкость, танинность, горечь в связи с высокой насыщенностью фенольными соединениями.

Исследование органических кислот показало, что содержание винной кислоты в сусле в процессе созревания снижалось у сортов Курчанский и ранатовый от 6,7–7,6 г/дм³ – на ранних этапах созревания, до 3,7–4,0 г/дм³ в период оптимальной энологической зрелости. Количество лимонной кислоты во всех изучаемых образцах винограда составило до 0,4 г/дм³, при этом на начальном этапе созревания винограда (3 декада августа) ее не обнаруживали.

Таким образом, анализ сусла исследуемых красных сортов винограда в разные периоды созревания показал, что энологическая степень зрелости может характеризоваться определёнными диапазонами варьирования концентраций аминокислот, фенольных соединений и органических кислот и может выступать дополнительными маркерами зрелости.

Разработка способа определения энологической зрелости темноягодных сортов винограда на основе сенсорного анализа

В основу способа положен комплексный анализ физико-химических показателей качества винограда при его сборе наряду с органолептическим определением степени зрелости ягод. Для оценки зрелости разработана шкала от 1 до 4 единиц степени зрелости каждой составной части ягоды винограда по сенсорным параметрам 9 дескрипторов: твердость кожицы, аромат кожицы, вкус кожицы, цвет кожицы, внешний вид кожицы при сжатии; аромат мякоти, консистенция мякоти; цвет и прочность семян и значениям физико-химических показателей: массовых концентраций сахаров, титруемых кислот, преобладающих свободных аминокислот (аргинин, серин, треонин, пролин) и суммы фенольных веществ. Проведен органолептический анализ свежего винограда исследуемых сортов для определения степени его зрелости.

Оценивали характеристики внешнего вида, аромата и вкуса составных частей ягоды – состояние кожицы, мякоти, цвета семян (таблица 1). На основании проведенных исследований можно отметить, что полное созревание винограда сорта Курчанский наблюдали в конце сентября. При сборе урожая 27 сентября установлена полная степень зрелости кожицы, мякоти и семян, отмечено накопление достаточно высокой массовой концентрации сахаров 23,4 г/100см³ и снижение массовой концентрации титруемых кислот (таблица 1). Последующее дозревание ягод винограда на кустах (3 октября) вызывало появление горьких тонов в кожице свежего винограда и снижение сенсорных характеристик молодого сухого вина.

Таблица 1 – Пример оценки степени зрелости по органолептическим показателям виноградной ягоды

Зрелость мякоти	Зрелость кожицы	Зрелость семян	Состояние зрелости ягоды	Массовая концентрация							суммы фенольных веществ, мг/дм ³
				сахаров, мг/100см ³	титр. кислот, г/дм ³	аминокислот, мг/дм ³					
						аргинин	серин	треонин	пролин		
сорт Курчанский											
дата сбора 02.09											
3-4	3	2	не созрела	17,0	10,5	74	53	89	586	1523	
дата сбора 12.09											
4	3	4	технологическая	19,1	8,8	116	66	125	682	1780	
дата сбора 27.09											
4	4	4	энологическая	23,4	6,9	116	77	168	905	2120	
дата сбора 03.10.											
4	4	4	перезревшая	25,3	4,9	118	81	169	911	2208	
сорт Гранатовый											
дата сбора 24.08											
1	1	1	не созрела	13,9	11,7	45	22	44	261	1296	
дата сбора 02.09											
2	2	2	недозрелость	15,8	10,5	88	35	74	556	1690	
дата сбора 12.09											
3	3	3	недозрелость	18,1	8,7	91	66	109	609	1801	
дата сбора 27.09											
3	3	3	технологическая	21,4	7,7	152	81	145	720	2021	
дата сбора 15.10											
4	4	4	энологическая	23,1	6,6	202	67	165	952	2013	
дата сбора 28.10											
4	4-	4	перезревшая	25,1	4,6	211	74	171	960	2110	

Органолептические характеристики зрелой ягоды сорта Гранатовый, из которого получено вино с максимальным дегустационным баллом (8,4), были идентичны сорту Курчанский, но стали проявляться позже – во второй и третьей декадах октября (таблица 1, рисунок 4). Для винограда данного сорта характерно постепенное созревание кожицы – до момента, когда терпкость становилась менее заметной, а вкус более сладким.

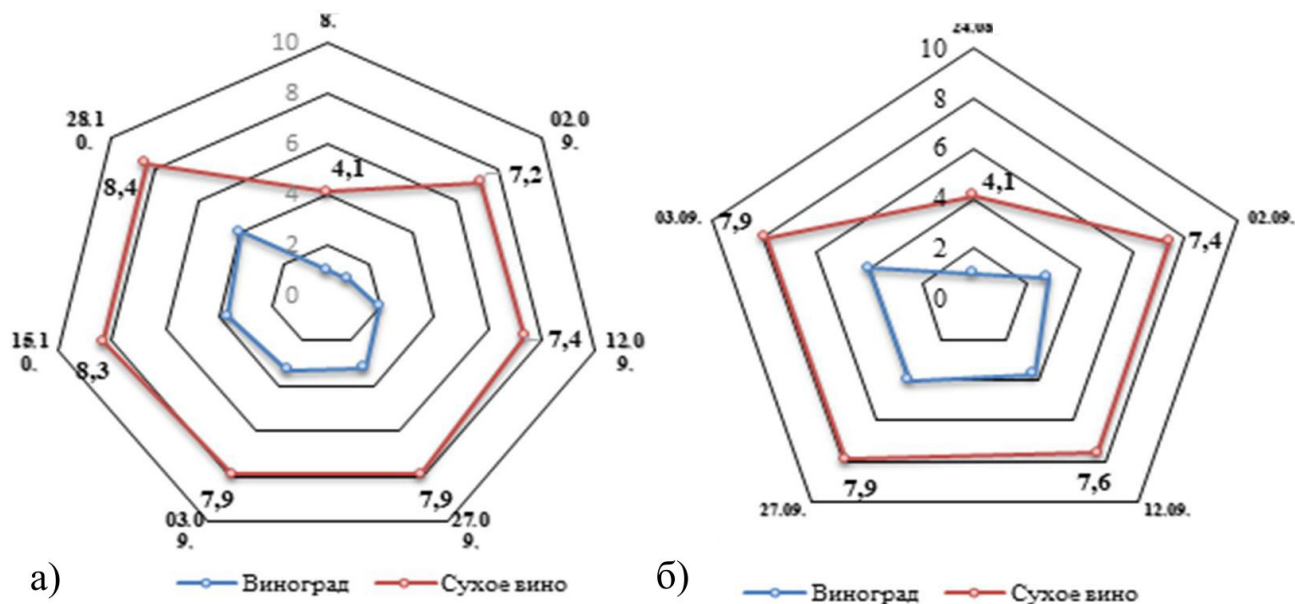


Рисунок 4 – Диаграмма органолептической оценки свежего винограда и молодых вин сортов Курчанский (а) и Гранатовый (б)

Таким образом, сенсорная оценка винограда и контроль предложенных в работе биохимических показателей могут быть использованы как эффективный инструмент определения степени энологической зрелости виноградной ягоды и установления оптимальной даты сбора урожая.

Исследование особенностей формирования ароматических компонентов вина – метоксипиразинов, характеризующих степень зрелости винограда

МП представляют собой гетероциклические азотсодержащие соединения, образующиеся в результате метаболизма аминокислот в ягодах винограда. Они являются мощными ароматическими веществами с чрезвычайно низким порогом восприятия (от 0,002 мкг/дм³) и придают вину характерные «зелёные», «травянистые» и «овощные» тона, описываемые как запах зелёного перца, спаржи или томатного листа. Целесообразность использования метоксипиразинов в качестве маркеров зрелости заключается в их выраженной динамике в процессе созревания ягод. Концентрация МП достигает максимума за 2–3 неде-

ли до начала созревания, после чего неуклонно снижается по мере созревания ягод вплоть до сбора урожая, что также коррелирует с накоплением сахаров.

Согласно данным многих исследователей, концентрация метоксипиразинов в ягодах винограда варьирует в диапазоне: до 0,005 мкг/дм³ 2-изопропил-3-метоксипиразин (ИПМП), до 0,003 мкг/дм³ 2-sec-бутил-3-метоксипиразин (СБМП), до 0,1 мкг/дм³ для 2-изобутил-4-метоксипиразин (ИБМП) и 0,008 мкг/дм³ для 2-этил-3-метоксипиразин (ЭМП). В результате проведенных исследований в ягодах классических сортов винограда нами выявлено наибольшее содержание 2-изобутил-4-метоксипиразина (ИБМП).

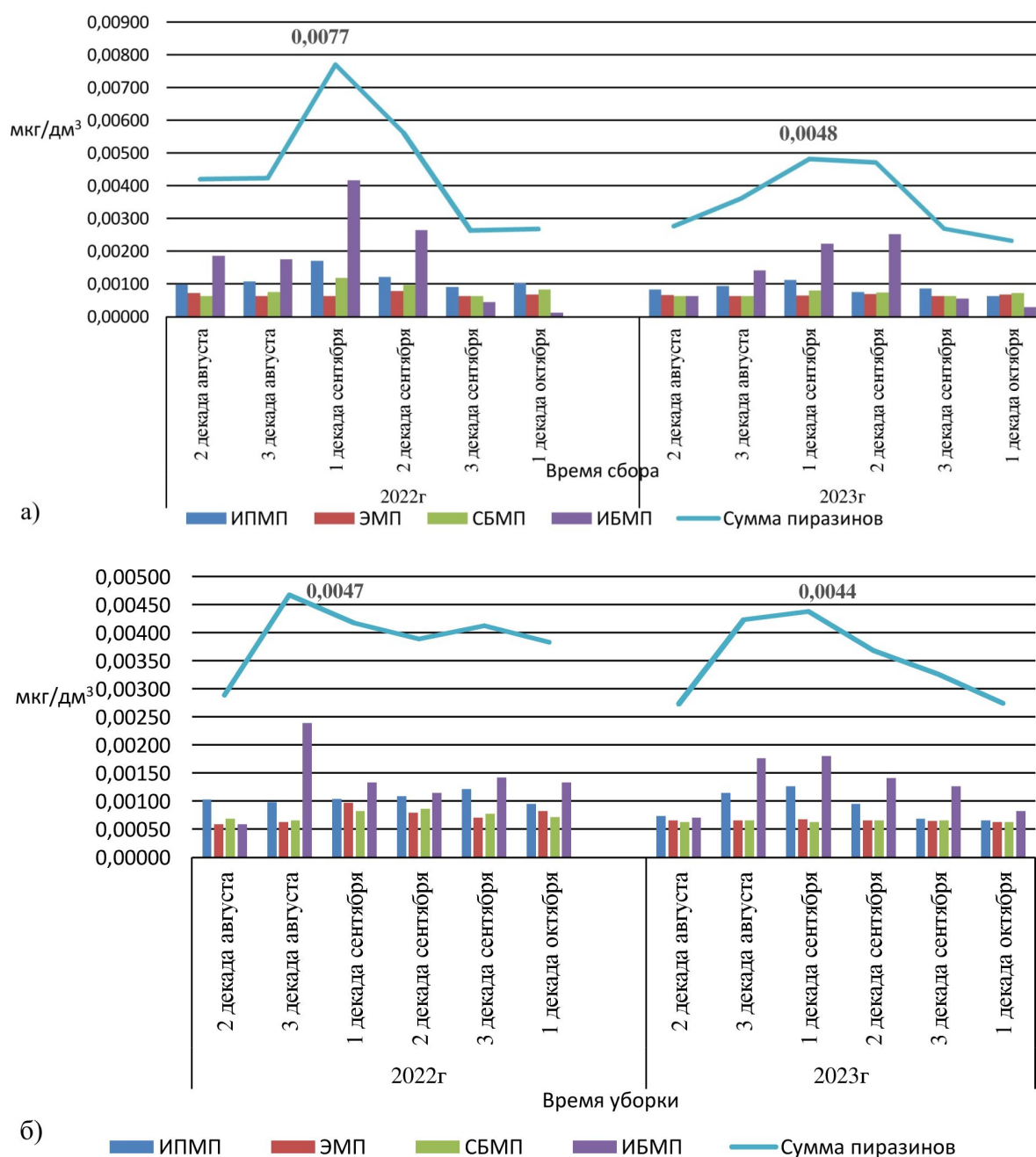


Рисунок – 5 Содержание метоксипиразинов в винограде сорта Курчанский (а) и в сорте Гранатовый (б) в зависимости от срока уборки, г. Краснодар

Его массовая доля находилось в диапазоне от 37 до 80 % от общего содержания за редким исключением, когда ИБМП не обнаруживали или он был единственным компонентом из метоксипиразинов. Далее по количеству накопления следует 2-изопропил-3-метоксипиразин (ИПМП); наименьшие концентрации были характерны 2-этил-3-метоксипиразину (ЭМП) и 2-сес-бутил-3-метоксипиразину (СБМП).

Важным фактором, влияющим на концентрации МП, являются погодные условия вегетационного периода. Установлено, что высокая температура и низкое количество осадков в период созревания ягод (особенно в августе – сентябре) способствуют значительному снижению концентрации МП.

Проведенные нами исследования позволили установить, что максимальные концентрации метоксипиразинов во все годы наблюдались в августе, а их последующее снижение в сентябре было тем значительнее, чем выше были температуры и чем меньше осадков выпадало в августе – сентябре. Жаркие и засушливые условия (2023, 2024 гг.) ускоряли снижение МП, тогда как более влажный август 2022 года и умеренные температуры 2025 года способствовали сохранению более высоких уровней этих соединений к началу сентября.

На основании проведённого статистического анализа установлено наличие значимых корреляционных взаимосвязей между содержанием МП в вино-материалах и такими факторами, как год урожая, сорт винограда и дата сбора. Суммарное содержание МП демонстрирует статистически значимую положительную корреляцию с годом урожая ($r = 0,58$; $p < 0,05$) и в меньшей степени – с сортом винограда ($r = 0,32$; $p < 0,05$). На уровне отдельных соединений наиболее сильные связи выявлены между сортом и содержанием 2-изопропил-3-метоксипиразина (ИПМП, $r = 0,60$), сес-бутил-3-метоксипиразина (СБМП, $r = 0,74$) и этилметоксипиразина (ЭМП, $r = 0,71$). Дата сбора также значимо влияла на накопление ИПМП ($r = 0,41$) и ЭМП ($r = 0,54$).

По результатам дисперсионного анализа построен многомерный график средних, категоризованный по датам (рисунок 6), демонстрирующий средние арифметические значения МП в определенные даты сбора для анализируемых сортов винограда с 95 % доверительными интервалами (планки погрешностей).

У винограда сорта Гранатовый накопление МП за все рассматриваемые годы ниже, чем у сорта Курчанский. По компонентам наибольшая массовая концентрация отмечена для 2-изобутил-4-метоксипиразин (ИБМП), в тоже время 2-изопропил-3-метоксипиразин (ИПМП) был вторым по массовой концентрации. Таким образом, сорт винограда Курчанский характеризовался наибольшим накоплением МП в сравнении с сортом Гранатовый.

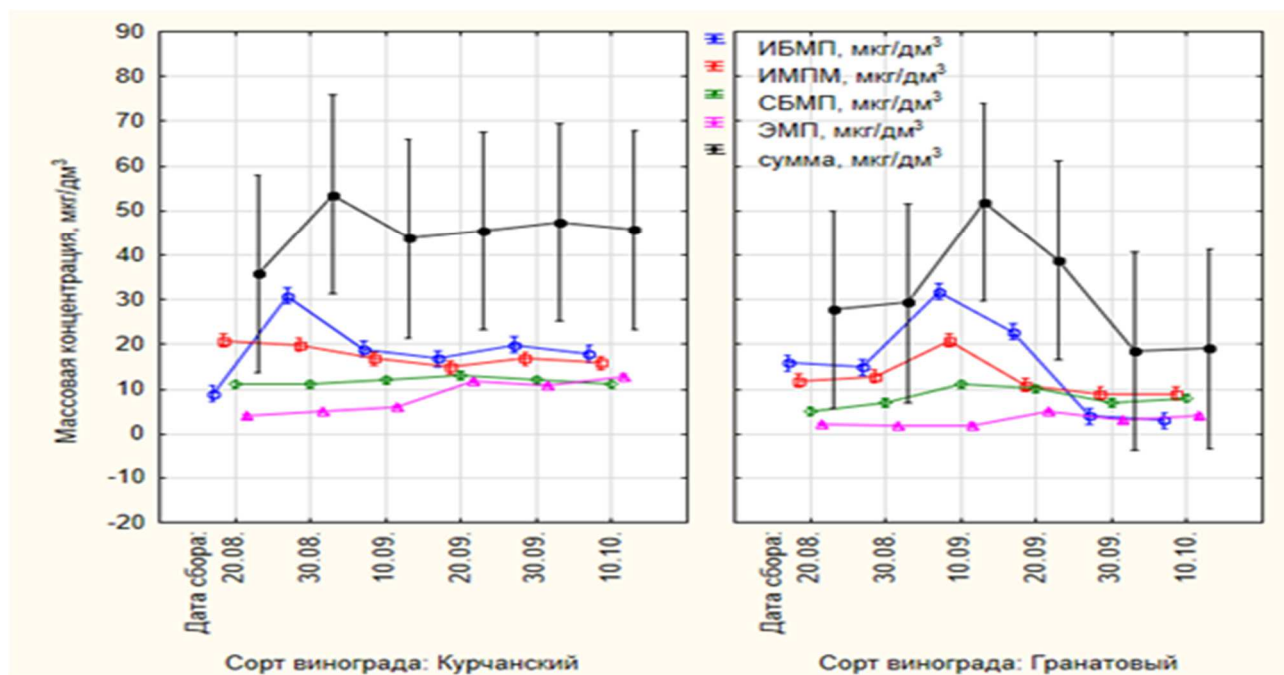


Рисунок 6 – Распределение содержания пиразинов относительно фактора «Дата сбора» для сортов Курчанский и Гранатовый

Исследование влияния технологий переработки красных сортов винограда на содержание метоксипиразинов и органолептические показатели вина

Исследовано влияние яблочно-молочного брожения (ЯМБ) на содержание метоксипиразинов в виноматериалах из сортов винограда Курчанский и Гранатовый, собранных в разные сроки. Установлено, что ЯМБ не оказывает существенного влияния на снижение массовых концентраций метоксипиразинов: в образцах, прошедших ЯМБ, содержание МП уменьшалось пропорционально степени зрелости винограда (для сорта Курчанский – с 0,012 до 0,005 мкг/дм³, для сорта Гранатовый – с 0,009 до 0,004 мкг/дм³), что соответствует общей динамике созревания, а не действию вторичной ферментации. Таким образом, управление концентрацией метоксипиразинов в вине должно осуществляться на этапе выбора оптимальных сроков уборки и применения первичных технологических приёмов переработки, а не за счёт яблочно-молочной ферментации.

Для изучения влияния технологических приёмов производства красных сухих вин, учитывающих пиразиновый комплекс сырья как дополнительный критерий управления качеством, использовали сорт винограда Гранатовый, собранный в оптимальный срок (первая декада октября). Были сопоставлены пять технологических вариантов переработки: вариант 1 (контроль) – традиционное

брожение мезги с использованием активных сухих дрожжей IOC PRESTIGE; вариант 2 – углекислотная мацерация целых гроздей в течение 3 суток с последующим дроблением и брожением мезги; вариант 3 – термовинификация (нагрев мезги до 40 °С с последующим самоостыванием и брожением мезги); вариант 4 – ферментация мезги ферментными препаратами Тренолин Супер ДФ и SanSuper в течение 2 часов; вариант 5 – брожение мезги с последующей выдержкой в бутылке в течение 6 месяцев.

Анализ содержания метоксипиразинов показал, что наибольшая суммарная концентрация зафиксирована в контрольном варианте (0,049 мкг/дм³), где доминировали ИБМП (0,025 мкг/дм³) и ИПМП (0,022 мкг/дм³). Применение углекислотной мацерации (вариант 2) позволило снизить сумму пиразинов до 0,009 мкг/дм³ (в 5,4 раза), а термовинификация (вариант 3) – до 0,011 мкг/дм³ (в 4,5 раза). Варианты с ферментацией и выдержкой дали промежуточные результаты (0,021 и 0,025 мкг/дм³ соответственно). При этом наиболее существенное снижение отмечено для ИБМП – с 0,025 мкг/дм³ в контроле до 0,0039–0,0049 мкг/дм³ в вариантах 2 и 3.

Органолептическая оценка показала, что контрольный вариант характеризовался выраженными овощными и перечными тонами, что снижало общее восприятие. Напротив, вариант с термовинификацией продемонстрировал чистый сортовой аромат с ягодными оттенками, без избыточной «зелёности», и получил наивысший дегустационный балл – 8,3. В варианте 2 (с применением углекислотной мацерации) дегустаторами, в отдельные годы исследований, отмечены оттенки овощных тонов. Таким образом, оба приёма эффективно снижают пиразиновую нагрузку, но термовинификация признана более технологичной и универсальной, так как не требует длительной предферментационной выдержки и обеспечивает стабильный результат.

На основе полученных данных предложена технологическая схема (рисунок 7), включающая следующие этапы: входной контроль энологической зрелости винограда (включая сенсорный анализ и определение биохимических показателей); при необходимости – термовинификацию мезги при 35–40 °С в течение 3–4 часов; самоостывание; спиртовое брожение с использованием активных сухих дрожжей; прессование и снятие с дрожжевого осадка; контроль концентрации метоксипиразинов в виноматериале (целевой уровень – менее 0,01 мкг/дм³).

При превышении порога предусмотрена корректирующая обработка сорбентами или повторная термообработка. Разработанная технология позволяет целенаправленно управлять ароматическим профилем вина, минимизировать

нежелательные «зелёные» тона и получать продукцию с высокими и стабильными органолептическими характеристиками.

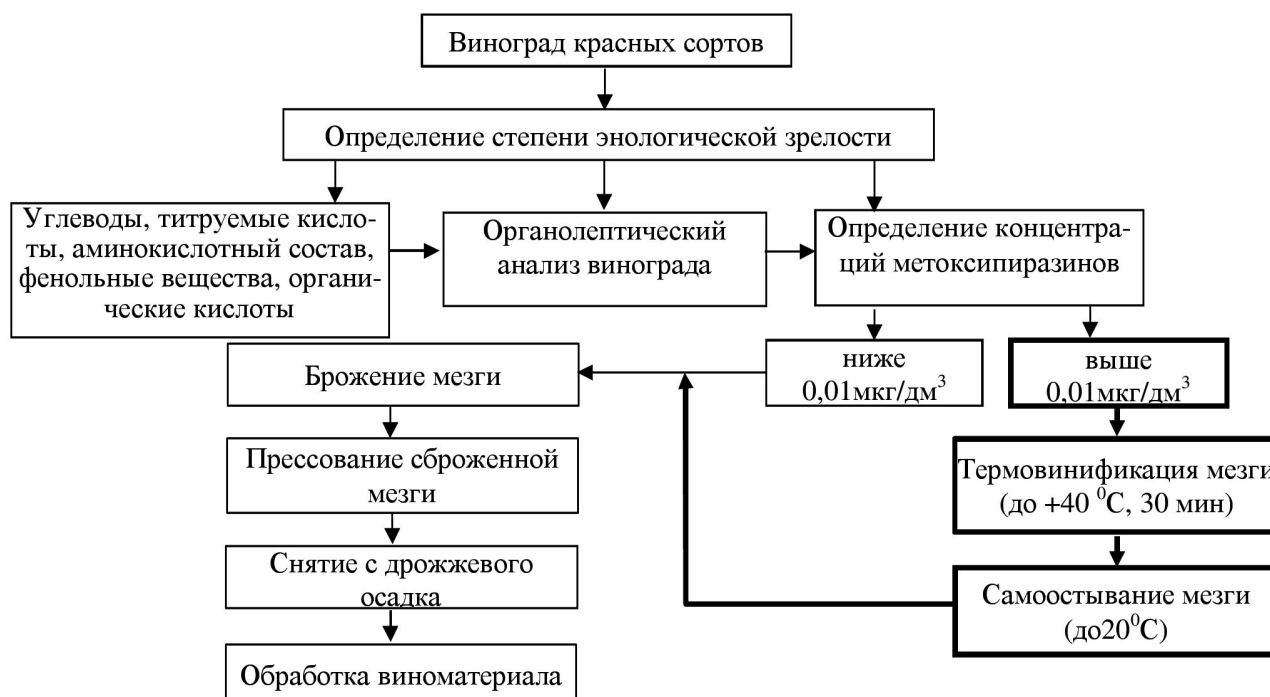


Рисунок 7 – Предлагаемая технологическая схема переработки винограда красных сортов

Срок сбора винограда оказал существенное влияние на устойчивость виноматериалов к помутнениям различной природы. Показано, что при переработке винограда с оптимальными показателями степени зрелости, установленные по разработанному способу, вероятное образование коллоидных помутнений уменьшилось. При переработке недозрелого винограда (срок уборки с 20.08. по 01.09.) идентифицировались обратимые коллоидные помутнения. Срок сбора винограда оказал влияние на склонность вин к окислительному вкусу. Отмечено снижение окислительных ферментов – ортодефенолоксидазы и пероксидазы в виноматериалах. Таким образом, применение разработанного способа сенсорной оценки винограда позволяет прогнозировать устойчивость вин к помутнениям.

Экономическое обоснование эффективности разработанной технологии

Внедрение усовершенствованной технологии производства красных сухих вин, ключевым элементом которой является оптимизация сроков уборки винограда,

да, демонстрирует значительный экономический эффект. Несмотря на объективное увеличение прямых производственных затрат, обусловленное необходимостью соблюдения технологических регламентов для достижения высокого качества, итоговые финансовые показатели свидетельствуют о высокой рентабельности предложенного подхода. Показано, что, несмотря на увеличение полной себестоимости на 154,1 руб./дал (с 1367,3 до 1521,4 руб./дал), оптовая цена реализации возрастает на 321,6 руб./дал (с 1692,7 до 2014,3 руб./дал). Это обеспечивает рост прибыли от продаж на 167,5 руб./дал (с 325,4 до 492,9 руб./дал) и повышение рентабельности продукции на 8,6 % (с 23,8 до 32,4 %). Таким образом, экономический эффект достигается за счёт улучшения органолептических показателей, позволяющего реализовывать вино по более высокой цене, что полностью компенсирует дополнительные затраты на сырьё и технологические приёмы и делает разработанную технологию экономически целесообразной для внедрения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения диссертационной работы решена актуальная научно-практическая задача по совершенствованию технологии красных сухих вин на основе биохимических показателей винограда в зависимости от степени его зрелости.

1. Определены закономерности накопления азотистых, фенольных соединений и технологического запаса красящих веществ в ягодах винограда. Установлено, что в процессе созревания сумма аминокислот возрастает в 2,2–2,5 раза с доминированием пролина (до 80 % от общего содержания свободных аминокислот). Массовая концентрация фенольных веществ достигает максимума к моменту энологической зрелости (2514,7 мг/дм³ для сорта Курчанский и 3295,4 мг/дм³ для сорта Гранатовый) с последующей деградацией при перезревании. Технологический запас красящих веществ увеличивается на 166–178 % к третьей декаде сентября – первой декаде октября.

2. Установлены оптимальные сроки уборки винограда для производства красных вин на основе данных о составе фенольного и азотистого профилей. Для сорта Курчанский оптимальным является конец сентября (третья декада), характеризующийся максимальной дегустационной оценкой виноматериала (8,1 балла). Для сорта Гранатовый оптимальный срок смещен на первую декаду октября (дегустационная оценка 8,4 балла), что обусловлено более поздним достижением фенольной зрелости и сохранением кислотности.

3. Разработан способ определения энологической зрелости красных сортов винограда на основе сенсорного анализа. Предложена и апробирована

4-балльная шкала оценки зрелости мякоти, кожицы и семян, позволяющая объективно прогнозировать качество будущего вина до начала переработки. Получен патент на изобретение № 2857777 от 16.07.2024 г.

4. Исследованы особенности формирования метоксипиразинов в зависимости от погодных факторов и сортовых особенностей. Впервые в условиях Краснодарского края определены массовые концентрации четырех форм метоксипиразинов. Установлено, что повышенные температуры и дефицит влаги в период активного созревания ягод (август – сентябрь) способствуют снижению их содержания в 3,5 раза. Выявлена сортоспецифичность накопления: сорт Курчанский характеризуется более высокими и переменными значениями ИБМП по сравнению с сортом Гранатовый.

5. Установлено влияние технологии переработки (мацерация, брожение мезги, термовинификация) на выход и качество виноматериалов. Доказано, что термовинификация мезги (40 °С, 3–4 ч.) позволяет снизить суммарную концентрацию метоксипиразинов в 4,5 раза, что приводит к исчезновению нежелательных овощных тонов и повышению дегустационной оценки.

6. Усовершенствована технология производства красных сухих вин, учитывающая время созревания винограда и критерии качества сырья (аминокислотный, фенольный и пиразиновый профили). Разработаны и утверждены технологические инструкции на производство красного сухого вина из сортов винограда Курчанский (ТИ 11.02.12.111-195-00668034-2024) и Гранатовый (ТИ 11.02.12.111-197-00668034-2024). Проведена апробация в условиях производства.

7. Проведен расчет экономической эффективности. Установлено, что производство вина из винограда, убранного в оптимальные сроки, обеспечивает повышение рентабельности продукции на 8,6 % за счет увеличения оптовой цены реализации и роста прибыли от продаж.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

Список работ, опубликованных в научных журналах из перечня ВАК Минобрнауки России:

1. **Редька В.М.**, Прах А.В., Агеева Н.М. Массовая концентрация метоксипиразинов в красном винограде, как маркер технологической зрелости // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2025. Т. 27. № 3 (133). С. 261–265.

2. **Редька В.М.**, Прах А.В., Агеева Н.М. Разработка технологии производства красных сухих вин с учетом пиразинового комплекса сырья // Вестник

Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2025. Т. 13. № 3. С. 57–63. DOI: 10.14529/food250306. EDN: XUJZDG (ВАК – 0,12).

3. Динамика органических кислот винограда сортов Гранатовый и Курчанский при созревании [Электронный ресурс] / А.В. Прах, Н.М. Агеева, **В.М. Редька**, Ю.Ф. Якуба // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2026. № 97(1). С. 111–119.

Патенты:

4. Патент № 2857777 «Способ определения зрелости ягод винограда». – № 2024120933. Заявл. 16.07.2024: опубл. 06.03.2026 А.В. Прах, **В.М. Редька**, О.Н. Шелудько [и др.]. Заявитель, патентообладатель ФГБНУ СКФНЦСВВ.

Публикации в других изданиях:

5. Determination of methoxypyrazines in dry wines / A.V. Prakh [et al.] // BIO Web of Conferences. EDP Sciences, 2024. Т. 108. С. 25004. Текст : электронный // Bio web of conferences [сайт].

6. Determination of the oenological maturity of dark-berry grape varieties based on sensory analysis and amino acid profile / A.V. Prakh [et al.] // BIO Web of Conferences. EDP Sciences, 2023. Т. 78. С. 05001. Текст : электронный // Bio web of conferences [сайт]. (<https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/abs/2023/23/contents/contents.html>)

7. Прах А.В., Толмачева Е.Н., **Редька В.М.** Содержание метоксипиразинов в красных технических сортах винограда Центральной зоны виноградарства Кубани // Современные векторы развития науки : сб. ст. по материалам науч.-практ. конф. Краснодар : КубГАУ, 2024. 996 с.

8. Скорик К.И., **Редька В.М.**, Прах А.В. Объективный аминокислотный профиль, как показатель энологической зрелости винограда // Сб. ст. по материалам Всероссийского саммита советов молодых ученых и студ. науч. объединений. В 2-х частях. Краснодар, 2025. Краснодар : КубГАУ, 2025. 996 с.

9. Агапов А.А., **Редька В.М.** Определение фенольной зрелости технического сорта винограда Гранатовый в условиях центральной зоны виноградарства Краснодарского края // Агропоколение: наука, практика, инновации : сб. ст. по материалам науч.-практ. конф. Краснодар : КубГАУ, 2024. 626 с.

Научное издание

Редька Виталий Михайлович

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано в печать 07 сентября 2026 г.

Печать цифровая. Формат 60×84¹/₁₆

Усл. печ. п. 1.0. Тираж 100 экз. Заказ № 2685

Отпечатано в ООО «Издательский Дом – Юг»

350010, г. Краснодар, ул. Зиповская, 9, литер «Г», оф. 41/3

Тел. +7(918) 41–50–571

e-mail: id-yug@id-yug.com Сайт: <https://id-yug.com>