

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

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

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Прах Антон Владимирович

Краснодар, 2026

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	9
1.1 Особенности формирования качественного урожая красных технических сортов винограда с учетом сроков созревания	9
1.2 Влияние технологических приемов на качество вин из винограда различной степени зрелости.....	22
1.3 Содержание метоксипиразинов в винограде и в винах	28
2 ОБЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	45
2.1 Объекты исследований	45
2.2 Методы исследований	46
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	50
3.1 Обоснование выбора сроков уборки красных технических сортов винограда для производства сухих вин.....	50
3.1.1 Результаты фенологических наблюдений исследуемых сортов винограда в основных винодельческих зонах.....	51
3.1.2 Определение сроков уборки на основе физико-химических показателей качества винограда.....	56
3.2 Исследование аминокислотного профиля винограда в процессе созревания	61
3.3 Исследование фенольного комплекса винограда красных сортов в различной степени зрелости.....	68
3.4 Динамика органических кислот в винограде исследуемых сортов при его созревании.....	76
3.5 Определение энологической зрелости красных сортов винограда на основе сенсорного анализа	79
3.6 Статистическая обработка физико-химических и биохимических показателей вин, полученных из исследуемых сортов различных сроков уборки	86
3.7 Обоснование целесообразности использования метоксипиразинов для определения сроков уборки в исследуемых сортах винограда и винах	88

3.7.1 Динамика концентрации метоксипиразинов в зависимости от погодных условий вегетационного периода	89
3.7.2 Содержание метоксипиразинов в красных сортах винограда в основных виноградарских зонах Краснодарского края.....	92
3.7.3 Динамика метоксипиразинов в процессе созревания винограда исследуемых сортов.....	93
3.7.4 Изменения концентраций метоксипиразинов при яблочно-молочном брожении.....	97
3.8 Влияние концентраций метоксипиразинов на органолептические показатели вин.....	99
3.9 Статистическая обработка экспериментальных данных исследования пиразинного комплекса	102
4 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КРАСНЫХ СУХИХ ВИН С УЧЕТОМ СТЕПЕНИ ЗРЕЛОСТИ СЫРЬЯ.....	106
4.1 Разработка технологии производства красных сухих вин с учетом пиразинового комплекса сырья	106
4.2 Влияние степени зрелости винограда на стабильность виноматериалов, приготовленных из него	109
4.3 Экономическое обоснование эффективности разработанной технологии .	113
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	116
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	118
ПРИЛОЖЕНИЕ А	144
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	145
ПРИЛОЖЕНИЕ В	148
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	151

ВВЕДЕНИЕ

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 до 3,6 г/дм³. В нашей стране такие диапазоны отсутствуют, особенно по виноградарским зонам.

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

Метоксипиразины (МП), а именно 2-изобутил-3-метоксипиразин, 2-изопропил-3-метоксипиразин и 2-сес-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:

- определить закономерности накопления аминокислот, фенольных соединений, технологический запас красящих веществ в винограде сортов Гранатовый и Курчанский в зависимости от степени созревания;
- установить оптимальные сроки уборки на основе данных о составе фенольного и аминокислотного профилей и 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.

Техническая значимость разработки подтверждена патентом РФ №2857777 «Способ определения зрелости ягод винограда» (Приложение Г).

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 pH, 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 сухих 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 (Приложение А). Апробация технологии проведена в цехе «Микровиноделие», КФХ «Щербина М.П.», КФХ «Скорик И.М.» (Приложение В).

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.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Физико-химические показатели красных сухих вин, произведенных с учетом степени зрелости винограда по разработанному методу.
2. Способ определения энологической зрелости красных сортов винограда на основе сенсорного анализа.
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, 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 резюмирование итогов с дальнейшей разработкой формулы оценки качества винограда и винодельческой продукции, опубликованы основные результаты работ в соавторстве научных статей.

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» (Приложение Г).

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 4-х 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.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1.1 Особенности формирования качественного урожая красных технических сортов винограда с учетом сроков созревания

За последнее десятилетие с акцентом на период 2020-2024 гг. наблюдается значительная интенсификация потребительского и научного интереса к красным сухим винам. Данная тенденция обусловлена не только их устойчиво улучшающимися органолептическими профилями (комплексностью ароматики, структурой танинов, балансом кислотности), но и все более убедительными доказательствами их высокой биологической активности, подтверждаемыми современными исследованиями в области нутрициологии, медицины и биохимии. Ключевыми факторами, определяющими функциональные свойства этих вин, являются их уникальные полифенольные комплексы, проявляющие выраженную антирадикальную активность, антиоксидантный потенциал, антисептические и пребиотические свойства [1, 2].

Рыночная динамика последних лет (2020-2024 гг.) красноречиво свидетельствует об этом росте интереса. Современные аналитические отчеты (например, данные агентства WineStat, Роскачества, обзоры RAP), фиксируют устойчивую положительную динамику продаж сегмента красных сухих вин, причем наиболее заметный рост (до 75%) наблюдается в премиальном и суперпремиальном сегментах. Этот тренд коррелирует с глобальным смещением потребительских предпочтений в сторону качественных вин с установленным происхождением (ЗГУ, ВЗНП) и осознанного потребления. Параллельно происходит качественная трансформация отечественного виноделия. Результаты престижных международных дегустационных

конкурсов последних лет (таких как Decanter World Wine Awards, Berliner Wein Trophy, Mundus Vini, International Wine & Spirit Competition (IWSC)) однозначно свидетельствуют о прогрессирующем улучшении качества российских красных сухих вин. Вина из ключевых регионов РФ (Крым, Кубань, Долина Дона), произведенные из современных клонов классических сортов (Каберне Совиньон, Мерло, Пино нуар, Сира) и автохтонов (Красностоп Золотовский, Цимлянский черный), систематически удостоиваются высших наград (Гран-При, "Платиновых" и "Золотых" медалей). Особо отмечаются экспертами усложнение ароматико-гастрономического букета, улучшение текстуры и танинной интеграции, а также выраженная терруарность российских образцов [3, 4]. Успехи связывают с внедрением современных винификационных технологий (контролируемая ферментация, точный экстракционный менеджмент, применение различных типов бочек для выдержки), оптимизацией агротехник (зеленые операции, контролируемое орошение, точное определение сроков сбора) и инвестициями в исследования адаптации сортов к локальным почвенно-климатическим условиям [5].

Климатические изменения также повлияли на фенологические циклы, потенциально способствуя достижению более стабильной физиологической зрелости ягоды в ряде регионов. Под воздействием климатических факторов последних лет происходит заметное смещение относительно друг друга технологической и фенольной зрелости (высокие сахара – низкий запас фенольных веществ, их соотношение) [6, 7, 8]. Это приводит к получению вин нестабильного качества из распространённых технических сортов винограда – например, растёт количество недобродов и производителям необходимо с одной стороны более тщательно следить за этапами созревания винограда, а с другой – это вызывает дополнительные затраты на стабилизацию и доработку готового виноматериала.

Основными критериями качества винограда, используемого на переработку, являются механический состав грозди, химический состав сока ягод, в том числе содержание сахаров и органических кислот в сусле. Одной из важнейших

биологических особенностей винограда, как сырья для переработки, является степень зрелости, обусловленная изменением активности ферментативного комплекса и определяющая сроки его сбора. Созревание ягод - самый важный, основной процесс жизнедеятельности растений. Каждый сорт обладает собственным временем развития, формирования и окончательного вызревания плодовой массы. Биохимические изменения в ягоде происходят на протяжении всего периода созревания, при этом меняется массовая концентрация сахаров, органических кислот, уровень pH, которые являются важнейшими показателями при производстве сухих вин [9, 10]. По этим данным устанавливают степень технологической зрелости винограда, которая может наступать раньше или позже его физиологической зрелости. По характеру изменений, происходящих при развитии виноградной ягоды, можно различать три периода: 1) роста; 2) созревания и 3) перезревания [11, 12].

Период роста идет с образования завязи и продолжается до начала размягчения ягоды и появления у красных сортов окраски; продолжительность этого периода составила до 40 сут. В этот отрезок времени происходит энергичный процесс дыхания, пластические вещества расходуются на построение клеток и тканей ягоды, которая постепенно увеличивается в размерах. После оплодотворения цветка и в начальные этапы роста завязей количество сахаров очень невелико, поскольку все ассимиляты используются на рост ягод. Более заметное увеличение содержания сахаров отмечается незадолго до начала созревания, а поворотный момент в накоплении сахаров в ягоде наступает в начале созревания. Из семяпочек образуются семена, околоплодник разрастается. Ягода и другие зеленые части растения усваивают углекислоту воздуха посредством хлорофилла. Однако образующиеся сахара расходуются, накопления его не происходит, вследствие чего содержание его в ягодах в этот период не больше, чем в других зеленых органах лозы. Углеводы в виноградной ягоде представляют собой преимущественно глюкозу [13, 14].

Во время роста ягоды обогащаются органическими кислотами и их кислыми солями. Органические кислоты в виноградной ягоде образуются, как и в листьях,

в результате расщепления углеводов. Вначале появляется большое количество свободной яблочной и винной кислоты. Яблочная кислота все время преобладает над винной и к концу периода роста составляет главную часть кислот в соке ягод [15, 16].

В период созревания ягода перестает расти и достигает нормальной величины. Переход плодовой мякоти из твердого в мягкое состояние (превращение протопектина в пектин) создает впечатление, будто ягода наливается соком. Помимо размягчения у ягод формируется окраска. Общее количество фенольных веществ в ягоде постепенно возрастает, но в мякоти к концу периода роста количество их заметно падает. Научные данные свидетельствуют, что за время от начала созревания до полной физиологической зрелости содержание общего азота повышается в 2-3 раза. Минеральный азот в это время уменьшается, а аминный увеличивается [4, 15].

С прекращением роста ягоды перестают расходовать углеводы, вследствие чего в них быстро накапливаются сахара за счет поступления его из листьев. При этом наряду с глюкозой накапливается фруктоза, количество которой постепенно относительно возрастает и к концу периода достигает той же величины, что и количество глюкозы [7, 9, 15].

Важным признаком, характеризующим период созревания ягод винограда, является снижение кислотности сока. Наряду с накоплением сахаров и снижением кислотности сока в период созревания происходит ряд других, менее изученных явлений. Вместо хлорофилла в ягоде появляются красящие и ароматические вещества. Общее содержание азотистых веществ изменяется незначительно, но в то же время количество нерастворимых азотистых веществ возрастает. В золе все время увеличивается содержание калия, кальция и магния. Количество фосфорной кислоты также повышается. Дубильные вещества из мякоти исчезают, но общее содержание фенольных в ягоде существенно не изменяется [3].

Характерный для сорта аромат проявляется только при полной зрелости ягод [9]. Исследованиями российских и зарубежных ученых установлено, что концентрация красящих веществ винограда европейских сортов в процессе

созревания увеличивалась за счет моноглюкозидов мальвидина, петунидина, дельфинидина, цианидина и пеонидина. Происходил постепенный рост количества данных веществ, при этом семена деревенеют и приобретали коричневую окраску [15, 16, 17].

При наступлении полной зрелости гребни деревенеют, вследствие чего связь между виноградным растением и ягодами прерывается, сок ягоды начинает концентрироваться в результате испарения содержащейся в ней воды. Содержание сахаров и количество сухого вещества в ягодах относительно повышается. Абсолютное же количество сахаров, а также кислот уменьшается вследствие сгорания при дыхании ягод, при этом потеря углеводов вследствие сжигания в третий период невелика [4, 18].

Кислотность в период перезревания, несмотря на концентрацию сока ягоды, в результате сжигания яблочной кислоты и нейтрализации кислот основаниями, все время падает. Кислотность сусла значительно уменьшается, что ясно ощущается на вкус [19, 20].

Особенно важным хозяйственным признаком является устойчивость виноградного растения к неблагоприятным условиям среды, болезням и вредителям. Качество сырья при этом занимает центральное ядро в целях получения конкурирующей винодельческой продукции. Без достаточного количества осадков и тепла виноград не вызревает. Избыток и того, и другого вполне способен ухудшить качество вина. Единичные погодные явления - град или заморозки - влияют не столько на качество, сколько на количество, иногда сокращая урожай на порядок [21].

Техническая зрелость винограда рассматривается виноделами как одна из самых важных, и она наступает, когда виноград пригоден для производства различных винных продуктов. Фенольная зрелость наступает, когда большинство ягод на кусте имеют необходимую окраску, прозрачность кожицы, упругость мякоти и гармоничный вкус. Содержание сахаров в ягодах достигает пика, а затем начинается перезревание, при котором влага теряется, а концентрация сахаров увеличивается. Время полной зрелости винограда колеблется в зависимости от

года, но порядок созревания сортов остается неизменным. Это еще раз свидетельствует об этом - сроки вызревания являются биологической особенностью сорта [22, 23].

Последние десятилетия виноделы и виноградари начали сосредотачиваться на концепции достижения "фенольной" зрелости винограда, описываемой как более полная зрелость танинов и других фенольных соединений в винограде, которые вносят вклад в цвет, вкус и аромат вина [24, 25]. Во многих отношениях концепция физиологической зрелости похожа на французское понятие насыщенности, стадии созревания, когда становятся очевидными аромат и привкус [26]. Большинство ароматических соединений образуется в ягодах в виде вторичных метаболитов, которые появляются в конце созревания и в процессе накопления сахаров [15, 17]. Поэтому зрелый виноград, содержащий достаточное количество сахаров и кислот, может оставаться незрелым в отношении выработки танинов, ароматов и привкуса, которые характерны для сложных и качественных вин [21, 22, 27].

Оценка физиологической зрелости винограда в основном является субъективной и не может быть объективно измерена. В виду этого, используется такой показатель, как техническая или (и) энологическая степень зрелости, которые проводятся путем отбора ягод и дальнейшими физико-химическими измерениями [28]. В дальнейшем многие исследователи стали связывать определенные вкусовые качества и характеристики винограда с различными стадиями его развития. Оценивается текстура кожицы и мякоти ягоды, а также цвет кожицы и семян [29]. Если семена все еще зеленые, то танины внутри винограда скорее всего будут жесткими и горькими. По мере трансформации танинов семена начинают менять цвет на темный. Незрелый виноград предопределяет низкое качество вин. Они низкоспиртуозны, с мало выраженным сортовым ароматом и негармоничным вкусом [30]. При этом поздний сбор также не способствует повышению оригинальных качеств [28, 29].

По мнению Lohitnavy N. и др. качество вина во многом определяется качеством винограда, которое напрямую связано со свойствами мякоти, кожицы и

семян ягод [11, 16]. Хотя, изучению влияния вкуса ягод на характеристику вин посвящено относительно мало в литературе, в 2004 году вышла исследовательская работа, целью которой было выработать общий язык для оценки ягод винограда, чтобы, например, виноделы могли регистрировать, передавать и отслеживать качество ягод винограда, а также прогнозировать развитие вкуса будущего вина.

Таблица 1 - Сенсорные характеристики свежего технического винограда по Nikki Lohitnavu и др.

Органолептический признак	Масштабные словарные привязки
Визуальный	
Цвет ягод	Цвет от зеленого до коричневого
Цвет семян	Зеленый, от желто-зеленого до темно-коричневого
Мякоть	
Отделение мякоти от кожицы	Трудно отделяема до легко отделяема
Сочность мякоти	Желатиновая для всех соков
Сладость	От не очень сладкого до очень сладкого
Кислотность	От низкой к высокой
Вкус винограда	От отсутствующего до интенсивного
Цитрусовый вкус	От отсутствующего до интенсивного
Травяной вкус	От отсутствующего до интенсивного
Кожица	
Однородность	Легкая, однородная смесь для приготовления очень сложных, больших кусков
Кислотность	От низкого к высокому
Вкус винограда	От отсутствующего до интенсивного
Цитрусовый вкус	От отсутствующего до интенсивного
Травяной вкус	От отсутствующего до интенсивного
Интенсивность танинности	Язык легко скользит по небу, язык скользит с большим трудом

Размер танинных зерен	От мягких, тонких и шелковистых зерен до высококачественной наждачной бумаги
Терпкость	Повторное выделение слюны не вызывает трудностей, а наоборот, вызывает трудности при повторном выделении слюны
Семена	
Терпкость при облизывании	От отсутствующей до интенсивной
Способность к измельчению	Все семена мягкие, без мягкого внешнего слоя, все семена твердые, быстро растрескиваются и хрустят
Вкус при жевании	Нет вкуса у поджаренного
Терпкость при разжевывании	От отсутствующей до интенсивной
Горечь при разжевывании	От отсутствующей до интенсивной
Легкость движения языка	Язык легко скользит с языка на язычок с большим трудом

В работе подробно описаны инструкции по оценке ягод с использованием 20 специальных критериев, охватывающих оценку различных свойств плодоножек, кожицы, мякоти и семян (таблица 1). В условиях практического применения эта система начисления баллов может использоваться при повторных оценках для создания баз данных о сортовых качествах и развитии ягод на разных участках и по годам [11, 29]. Методы, описанные в этом исследовании, также могут быть адаптированы для описательного анализа сенсорных свойств ягод [26, 30].

Отдельно стоит отметить качества элементов грозди при формировании лучших свойств конечного продукта.

Кожица составляет в среднем 10 % веса виноградной грозди. В ней находятся дубильные, красящие и отчасти ароматические вещества, которые придают вину цвет, терпкость и аромат, свойственный сорту винограда [28]. Кроме того, в ней содержатся азотистые и минеральные вещества, винный

камень, щавелевокислый кальций, воскообразное вещество пруин, защищающий кожу от разнообразных внешних влияний [29, 10].

Главная составная часть кожицы - вода (60-80 %). Из веществ, находящихся в кожице, наибольший интерес, с технологической точки зрения, представляют красящие вещества [26, 27].

При всех операциях, которым подвергается виноградная гроздь во время ее переработки на сусло, винодел должен учитывать, что кожица и гребни содержат значительное количество дубильных веществ, которые легко растворяются в сусле [25, 30]. Из составных веществ семян наибольшее значение в технологии виноделия имеют дубильные вещества [31].

Дубильные вещества, содержащиеся в наружных слоях клеток семян, при брожении в значительной степени растворяются в сусле. За двухнедельный период брожения дубильные вещества семян почти целиком переходят в сусло. Если семена при переработке не раздавливаются, то жиры, находящиеся внутри семян, только после длительного настаивания переходят в сусло, а потому при быстрой переработке почти не оказывают влияния на его состав. Переход в сусло этих веществ нежелателен, поэтому винодел стремится к тому, чтобы при прохождении виноградных гроздей через дробилку семена не повреждались [21, 27, 32].

Мякоть составляет в среднем 85-90 % веса ягоды. Состав мякоти очень сложен и различен у отдельных сортов. В технологическом отношении мякоть представляет наибольший интерес, так как почти все находящиеся в ней вещества переходят в сусло, из которого образуется вино [26, 27].

В начале созревания ягод количество фенольных соединений минимальное. По мере созревания содержание растет [33]. Также стоит отметить, что темп изменения и фракционный состав их зависит от сорта, зрелости и условий выращивания. Накоплению их в ягодах способствует низкая влажность, относительно высокая температура. В засушливые годы содержание фенольных веществ в ягодах может повышаться в 2 - 3 раза [34, 35].

Существуют разные гипотезы биосинтеза фенольных соединений в растениях. Так, многие ученые связывают образование фенольных веществ с белковым обменом. Они считают, что превращение ароматических аминокислот в фенольные соединения связано с гидролизом белковых веществ и дезаминированием аминокислот [13, 33].

Вторая гипотеза связывает образование фенольных соединений с углеводным обменом. А. Л. Курсанов предложил теорию образования фенольных веществ из сахаров через инозит (витамин В8) [17, 21]. В настоящее время считают, что образование катехинов происходит следующим образом: пировиноградная кислота, образованная при гликолитическом распаде углеводов, подвергается окислительному декарбоксилированию, образуя уксусную кислоту, которая активируется в ацетил-КоА и, конденсируясь, образует флороглюциновое ядро. Местом образования фенольных соединений, как доказал М. Н. Запрометов, являются листья и молодые побеги. Образование фенольных соединений происходит в хлоропластах и тесно связано с процессом фотосинтеза. Превращения фенольных соединений основаны на их легкой окисляемости в присутствии ферментов [25].

Флавоноиды являются наиболее распространенной группой фенольных соединений. Мономеры флавоноидов антоциановой группы придают красным винам характерную рубиновую окраску [25, 27, 35].

С созреванием винограда следуют изменения индикаторов физико-химического характера. В частности, происходит рост фенольных и красящих компонентов, а также наблюдается увеличение значений рН [21]. Помимо этого, глюко-ацидометрический показатель (ГАП) увеличивается вследствие роста процента углеводов и понижения органических кислот (частично из-за накопления воды в ягодах и потреблением в процессе дыхания) (рисунок 1). Индексы созревания (ГАП, ПТЗ) помогают определить момент сбора урожая и нужны при получении вин различных стилей. Показатель технической зрелости винограда (ПТЗ), предложенный Шольцем Е.П., является произведением массовой концентрации сахаров на квадрат значения показателя рН и

рекомендуется в диапазоне от 250 до 260 для красных сухих столовых виноматериалов [36].

Важно и учитывать неоднородность фенольной зрелости винограда, особенно на виноградниках, находящихся на различной высоте над уровнем моря и с разной диспозицией. В процессе брожения мезги из незрелого винограда могут получаться вина с более вяжущим вкусом, поскольку его семена могут высвобождать большее количество сильно галлоилированных проантоцианидинов [37, 38].

При достижении фенольной зрелости, количество экстрагируемых танинов из виноградных семян уменьшается из-за полимеризации этих соединений, что приводит к снижению терпкости вина [39, 40]. В то же время при перезревании винограда красных сортов наблюдается снижение массовой концентрации антоцианов и титруемых кислот [41, 42].

Стоит отметить, что величина pH суслу оказывает непременно влияние на скорость окислительных процессов в вине. При более высокой кислотности, окисление фенольных соединений, аскорбиновой кислоты, аминокислот и оксикислот происходит слабее [43]. Кислоты винограда способствуют формированию вкуса, но также являются защитой от нежелательной микрофлоры, определяют антиоксидантную защиту и сохраняют цвет [36, 44].

Содержание кислот в винограде, предназначенном для получения столовых вин, зависит от сорта винограда и места его выращивания (рисунок 1). Вкусовой баланс вин во многом зависит от количества и пропорций органических кислот. Обычно у сорта есть своя пропорция винной и яблочной кислоты в динамике созревания [19, 32].

Вкус винного продукта определяется в том числе и набором кислот и их отношением. Оптимальное соотношение этих кислот, согласно Э.М. Соболеву, составляет от 2,0 до 2,6, в то время как А.К. Родопуло считает, что это соотношение должно быть 2-3 и более [36, 45]. С течением вегетационного периода винограда наличие винной и яблочной кислот в виноматериалах

снижается, причем яблочная кислота снижается более интенсивно. Именно окислительно-восстановительный потенциал ее это и предопределяет.

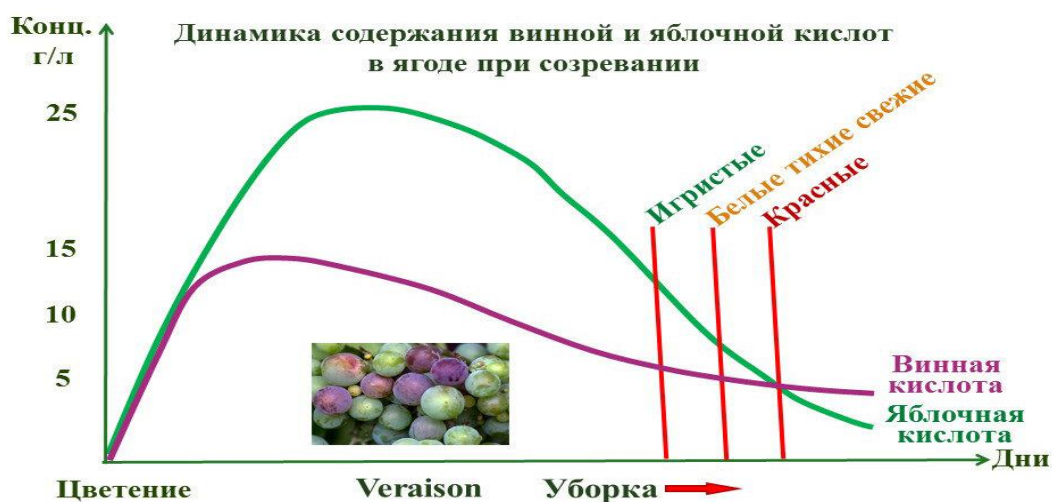


Рисунок 1- Схема накопления двух основных органических кислот в винограде в период вегетации [18]

Величина pH – водородный показатель или активная кислотность – оценивает концентрацию ионов H^+ . Тоже является значимым маркером в динамике созревания, отвечающим за органолептику получаемого продукта. Для красных вин значение pH – от 3,3 до 4. Вина с высоким значением pH очень спиртуозные, тяжелые на вкус. Уровень pH виноградного сусла может коррелировать или не коррелировать с концентрацией винной кислоты [46].

В последние десятилетия на виноградниках применяется ряд агротехнических приемов, которые оказывают большое влияние на качество ягод и готового вина. К таким приемам можно отнести – регулирование нагрузки путем зимней обрезки, проведение зеленых операций (чеканка, обломка, пасынкование), прореживание гроздей, дефолиация [12, 13, 14]. В литературе, особенно в отечественной, мало публикаций по этой тематике.

По мнению Ponі и др., удаление листьев и прореживание — гроздей - это методы виноградарства, часто используемые на виноградниках для улучшения качества плодов [29, 34]. Дефолиация листьев проводится до цветения и вплоть до созревания. Удаление листьев в зоне плодоношения может заметно улучшить микроклимат грозди за счет увеличения воздействия света и воздуха на плоды,

что, в свою очередь, может улучшить развитие аромата и вкуса ягод. Одним из важных положительных эффектов влияния удаления листьев на качество ягод является наблюдаемое увеличение содержания ароматических соединений. Было обнаружено, что при удалении листьев снижаются нежелательные растительные тона, но не фруктовый аромат вина Совиньон блан [47]. Независимо от степени дефолиации или стадии развития, при удалении листьев качество вина Каберне Совиньон значительно улучшилось за счет увеличения сортовой экспрессии и общего показателя качества вина. Однако по мнению (Цуклейн и др., 1992, Зуклейн и др., 1998). Удаление листьев может привести к чрезмерному обнажению гроздей, что может привести к снижению содержания растворимых сухих веществ, яблочной кислоты и титруемой кислотности, но увеличению содержания гликозидно связанных ароматических соединений [48, 49].

Прореживание гроздей может быть механизировано или выполняться вручную и часто применяется после завязывания плодов, при этом сначала удаляются низкорослые, плохо завязавшиеся или спутанные грозди. Иногда эту практику повторяют перед сбором урожая, и она успешно применяется для достижения лучшего качества плодов [50]. Было показано, что применение прореживания гроздей снижает урожайность, увеличивает фенольные соединения, вкус и аромат [14, 49].

Помимо множества перечисленных факторов внесение удобрений тоже оказывает влияние на качество получаемых вин. Например, внесение азотных компонентов может привести в итоге к изменению спиртуозности вина, а также его экстрактивности [50].

Среди грибных болезней виноградной лозы наиболее вредными являются милдью и оидиум, а среди вредителей – филлоксера, листовертка, цикадка. Например, сорт Курчанский обладает повышенной устойчивостью к наиболее распространенным грибным заболеваниям: милдью, серой и белой гнилям, толерантностью к филлоксере. Сорт Гранатовый характеризуется меньшей устойчивостью к разнообразным заболеваниям и вредителям. При этом все европейские сорта в большей степени требуют обязательной защиты

(мониторинга) против грибных болезней и вредителей, которые влияют на сроки созревания, и, следовательно, на качество вин [33, 37, 40].

Анализ органолептических характеристик виноматериалов часто указывает на то, что процесс перезревания винограда приводит к снижению содержания титруемых кислот и, следовательно, ухудшению гармонии готового вина [46]. Некоторые образцы виноматериалов, полученные из перезрелого винограда с высоким содержанием сахаров, имели более полный, спиртуозный и грубоватый вкус. Тем не менее при дегустации вин анестезирующие свойства этанола снижают чувствительность нёба к резкому воздействию кислот и танинов, благодаря чему вино кажется более мягким. Важную роль также он играет в сложных взаимодействиях с эфирами и фенольными соединениями, которые придают вину разнообразные ароматы [31, 40, 51].

В красных виноматериалах хорошие результаты получаются с использованием винограда, собранного обычно перед последним сбором, так как именно в этот период особенно ярко проявляются сортовые особенности и достигается баланс между кислотностью и бархатистостью фенольных веществ [47, 52].

1.2 Влияние технологических приемов на качество вин из винограда различной степени зрелости

Следует отметить, что при сборе недозрелого винограда снижается качество вырабатываемых виноматериалов. Они получают низкоспиртуозными, с недостаточно выраженным сортовым ароматом и негармоничным вкусом, в котором резко выделяется «зеленая кислотность». Задержка сбора винограда

также отрицательно сказывается на качестве виноматериалов, при этом зачастую получают весьма экстрактивные виноматериалы, непригодные для производства высококачественных вин [53, 54].

Одной из важных задач виноделов была и остается адаптация методов винификации и технологических приемов, чтобы получить стабильно высокое качество вин с уникальным вкусом, узнаваемым потребителями. К таким приемам традиционно стоит отнести мацерацию, экстракцию и фиксацию накопленных при переработке компонентов. Внесение сернистого ангидрида и активной разводки культуральных дрожжей находилось на одном уровне для каждого образца винограда в пределах требуемых рекомендаций при производстве сухих виноматериалов [55].

При приготовлении красных виноматериалов для повышения экстрактивности важным моментом является контакт сусла с мезгой от небольшого настаивания до брожения. В ряде случаев, для этой же цели применяют термовинификацию и ферментные препараты [56, 57, 58].

Отмечено, что чем меньше содержится в кожице винограда фенольных и ароматических веществ, тем более строгие условия экстрагирования необходимо использовать [59, 60]. Тем самым определяется выполнение различных комплексов технологических операций в зависимости от сортовых особенностей винограда, его степени зрелости, места произрастания [61, 62].

Мацерация представляет технологический этап переработки винограда после получения виноградной мезги. Ее целью является извлечение из мякоти и кожицы разрушенных ягод максимального количества экстрактивных веществ. Мезгу выдерживают в емкости, параметрами этого воздействия являются температура, время, а также внесение при необходимости ферментов и флокулянтов. Температура часто является на уровне атмосферной, т.е. без принудительного температурного воздействия на полупродукт винного производства [63, 64].

Настаивание мезги с легким подброживанием в течение 48 часов придает незначительный прирост фенольных веществ. Все же при нагреве мезги в сусло

перейдут дополнительно фенольные (в т.ч. антоцианы) и другие экстрактивные вещества, которые могут внести коррективы в технологическую обработку виноматериалов, например, дополнительные затраты на обработку оклеивающими материалами и дальнейшую фильтрацию. Такое воздействие влияет и на вкусовые качества виноматериала. Он становится более окрашенным, практически не прозрачным, появляются уваренные тона во вкусе. Данный прием более характерен для приготовления специальных вин [65, 66, 67, 68].

Термическая обработка мезги способствует лучшей экстракции как мономерных так и полимерных форм фенольных веществ из кожицы и семян виноградной ягоды [56, 60]. Возрастающая массовая концентрация антоцианов, играющих основную роль в формировании интенсивности цвета красных вин и в определенной степени качества продукта. Согласно исследованиям Валушко Г.Г. при нагревании мезги проходят не только процессы образования меланоидинов, но и трансформация полифенолов, конденсация и полимеризация мономерных форм, и реакция с аминокислотами [69, 70]. Эти изменения благотворно воздействуют на вкусовые качества виноматериалов и повышают их пищевую ценность. Таким образом, сухой винный материал отличается более насыщенным вкусом, гармоничностью и выразительным сортовым ароматом. Однако возможно ухудшение вкусовых характеристик из-за появления растительных оттенков и грубости во вкусе, вызванных высоким содержанием простых форм фенольных соединений [49, 70, 71].

Анализ комплекса ароматов проб вин демонстрирует, что проведение термовинификации мезги ведет к уменьшению содержания предшественников компонентов аромата, таких как альдегиды и метанол, при этом негативно влияют на оценку вина по сенсорным дескрипторам [72, 73]. Подавление активности дикой микрофлоры винограда является главной причиной уменьшения этих соединений [53].

Эффективным методом по повышению экстракции красящих веществ является замораживание винограда. В этом случае сушло-самотек оказывается

более окрашенным, а окраска готового вина была вдвое интенсивнее, чем у образца без обработки. Кроме того, замораживание повышает выход сусла на 30 - 60%. Замораживание винограда как технологический приём пока не находит применения по экономическим причинам [74].

Для максимальной извлекаемости фенольных и ароматических соединений из мезги без применения теплового воздействия, помимо обычной мацерации, используется метод холодной мацерации. Основной целью холодной мацерации является разрушение клеточной структуры ягод, что позволяет достичь большей экстракции ароматических соединений уже на стадии перед брожением [76, 77, 78]. Для этого необходимо выдерживать мезгу в течение 2 - 4 дней при температуре 15 °С. Однако метод имеет сложности с перемешиванием мезги. В результате этого возникает обогащение сусла взвесями и может потребоваться дополнительный подогрев мезги. Все же виноматериал, полученный при холодном способе приготовления, отличается высокой дегустационной оценкой. Многие перечисленные приемы можно комбинировать для получения в итоге вин с заданным гармоничным вкусом и ароматом [66, 74].

Обработка активированным углем сусла практически не влияет на аромат получаемых вин даже при больших дозировках [79]. Этот вспомогательный материал является одним из известных в виноделии. Его использование приводит к снижению склонности к необратимым коллоидным помутнениям виноматериалов. При этом наблюдается и снижение массовой концентрации фенольных веществ [15, 80].

Бентонитом из сусла удаляются белки, окислительные ферменты, что определяет прекращение кислородного потребления. При этом происходит снижение массовой концентрации фенольных веществ в виноматериале, прямо пропорционально количеству заданного бентонита, вероятно, что снижение фенольного комплекса происходит по причине ингибирования пектолитических ферментов винограда, которые разрушают стенки клеток ягоды или при внесении бентонита в мезгу наблюдается тенденция снижения дегустационной оценки пропорционально увеличению дозы бентонита [65, 75, 80].

Обработка ферментами усиливает извлечение полезных веществ из ягод в сусло, что улучшает фильтрацию, увеличивает интенсивность цвета и общее качество сухих вин. Применение пектолитических ферментов повышает концентрацию катехинов в сусле. Установлено, что с увеличением дозировки ферментных препаратов закономерно уменьшается концентрация в виноматериалах высокомолекулярных соединений - белка, полисахаридов и суммы коллоидов, которые способны гидролизироваться под действием использованных ферментных препаратов [55].

Использование углекислотной мацерации мезги, по сравнению с традиционной технологией, способствует увеличению содержания фенольных веществ в среднем до 20 %, включая красящие вещества до 28 % [69]. Это объясняется тем, что избыточное давление диоксида углерода, воздействуя на проницаемость клеточной мембраны раздробленной ягоды винограда, улучшает извлечение фенольных и красящих веществ.

В ходе ранее проведенных исследований установлено, что выход в бродящее сусло фенолов в среднем меньше при использовании такого технологического приема, как углекислотная мацерация целых гроздей винограда. Возможно это определено прочностью клеток кожицы ягоды, что является блоком для перехода антоцианов в бродящее сусло [64, 68].

Многokrатно было установлено улучшение известных характеристик в органолептике вина благодаря использованию этого приема в технологии.

С увеличением продолжительности мацерации помимо фенольных веществ характерным является выход в сусло ароматических, полисахаридных, витаминоподобных и азотистых веществ, увеличивающих пищевую ценность вин [21]. Необходимо тщательно следить за микробиологическим состоянием мезги во избежание до брожения развития патогенных микроорганизмов [58, 71].

Экстракцию можно охарактеризовать как параллельный процесс во время алкогольного брожения, который обеспечивает миграцию фенольных веществ, не способных к ней во время настаивания мезги. При этом экстрагирование происходит в присутствие спирта, действия температуры брожения и

механических воздействий (пижаж). При этом длительность брожения мезги влияет на величину экстракта и его компонентов в виноматериалах, а также на органолептическую оценку. Виноделам наиболее важно проводить полный контроль брожения в соответствии с технологической инструкцией получаемого продукта [72].

В ходе этого процесса бродильные емкости естественным образом нагреваются, поэтому в теплом климате для них вполне могут потребоваться охлаждающие рубашки, которые будут поддерживать температуру сусла на таком уровне, при котором не выпариваются драгоценные, определяющие букет соединения [67, 71].

От продолжительности ферментации и температурного режима зависит качество получаемого вина. Повышение температуры брожения до определенного предела позволяет усилить аромат, вкус и цвет вина, однако дальнейшее её повышение грозит потерей тонкости букета. Длительная прохладная ферментация дает легкие вина с фруктовым ароматом, однако вино, полученному в результате слишком краткого процесса, проходившего при высокой температуре, не хватает «полноты» и букета [76]. В ходе брожения температура возрастает, для экстрактивных красных вин она колеблется между 25 и 30 °C [69].

Постоянный контакт сусла с «шапкой» обеспечивает эффективное извлечение танинов и красящих веществ из кожицы винограда. Как правило, для этого сусло прокачивают через «шапку» либо, наоборот, погружают ее в жидкость; есть немало других механических способов затопления «шапки». Этот процесс, как и мацерация, назначение которой состоит в том, чтобы экстрагировать и смягчать танины, - ключевой фактор, определяющий вкусовые качества большинства молодых красных вин. Для более бледных разновидностей винограда, таких как Пино нуар, или для винограда не вполне зрелого, могут оказаться полезными «виноматы» - герметичные бродильные чаны, в которых кожица и сусло перемешиваются механически [38, 46, 59].

Фиксация накопленных при переработке винограда и брожении соединений является сложным процессом, не регламентированным в

нормативной документации по производству сухих вин. Она может способствовать получению оригинальных вин из года в год, и подчеркнуть искусство винодела. Фиксация характеризуется прохождением биохимических процессов в период дображивания, способствующих сбалансированности аромата и вкуса вина. Все это приводит к стабилизации цвета и «округлению» танинов. Структурно данные превращения выражены в полимеризации танинов и получении макромолекул [65,69].

Фиксация во многом зависит от фенольной зрелости винограда, поэтому в зависимости от нее применяются комплексно способы различной степени воздействия: внесение кислорода, температурный режим, мацерация после брожения, возможны и другие меры [27, 80].

1.3 Содержание метоксипиразинов в винограде и в винах

В этом подразделе обобщены исследования по открытию, биосинтезу, накоплению, транспортированию и метаболизму 3-алкил-2-метоксипиразинов (метоксипиразины, МП) в винограде.

Алкилметоксипиразины являются сильными одорантами во многих пищевых продуктах. Они представляют собой азотсодержащие гетероциклы, обладающие сильным и характерным ароматом, обнаруженные в широком диапазоне в сырой и переработанной пище. Природные пиразины, в основном производные метоксилатов, встречаются у многих растений и характеризуются очень низкими порогами восприятия, а также их важным вкладом для сенсорных профилей. Алкилпиразины, вторая группа, образуются при процессах термообработки. Алкилпиразины придают аромат жареной пище (кофе). Производные пиразина могут быть получены путем карамелизации сахаров при

циклизации во время пиролиза некоторых аминокислот. Пиразины третьей группы образуют микроорганизмы, а именно *Acetobacter aceti*, *Aspergillus oryzae* и *Saccharomyces cerevisiae*, впервые были идентифицированы в ферментированных продуктах (например, тетраметилпиразин в саке и пиве). Пиразины обычно содержат приятные ароматы, такие как лесной орех, запеченные или жареные, но могут также содержать неприятные, такие как зеленый, горький, вяжущий или жженный. Восприятие порогов и качество запаха производных пиразина сильно различаются. Также есть литературные источники, согласно которым метоксипиразины представляют собой «газ», обычно вырабатываемый растениями для защиты от внешних опасностей [81, 82].

Важность МП в аромате вина широко изучалась с момента первого сообщения о 3-изобутил-2-метоксипиразине (ИБМП или ИБМП) в винограде Каберне Совиньон в 1975 г. Присутствие виноградных ароматов, которые характерны для некоторых сортов вин, таких как Каберне Совиньон, Совиньон блан, Мерло или Каберне фран, является результатом присутствия ИБМП, СБМП и ИПМП. Эти соединения придают вину зеленые и растительные ноты [83].

Доказано, что различные сорта винограда содержат различное количество МП, что позволяет предположить, что эти соединения могут способствовать их сортовому различию [84].

Существуют некоторые образцы вин с заметным уровнем МП, и было показано, что эти соединения оказывают негативное влияние на восприятие фруктовости вина. При концентрациях 10-15 нг/дм³ ИБМП придает вину «зеленый стручковый перец» и «травянистый» аромат, которые считаются желательными при сбалансированном содержании, но при более высоких концентрациях ИБМП может придать вину подавляющие «травянистые» и «растительные» ароматы [85].

Порог сенсорного обнаружения этих соединений чрезвычайно низок, всего 2-16 нг/дм³ в вине, что объясняет - почему МП оказывают такое сильное влияние на аромат и вкусовые качества [86].

Таким образом, МП оказывают существенное влияние на аромат вина при очень низких уровнях концентрации, что привело к постоянному совершенствованию их аналитического определения. Из-за их важности для качества вина определение концентраций МП в виноградном соке или в процессе производства вина представляет особый интерес для винодельческой промышленности.

Этот класс летучих соединений схематически изображен на рисунке 2 [87].

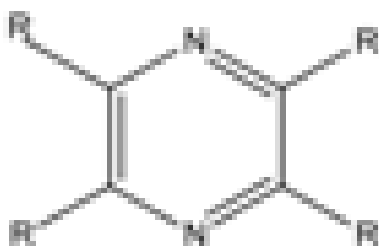


Рисунок 2 – Общая структура пиразинов (R- различные радикалы) [87]

На сегодняшний день семь метоксипиразинов были обнаружены в винограде и вина, три из которых играют значительную роль во вкусе винограда и вин [7,88].

Считается, что четыре метоксипиразина из всех являются основными дескрипторами аромата, содержащиеся в винограде и вине, а именно ИПМП (IPMP) - 2-изопропил -3-метоксипиразин; ЭМП (EMP) - 2-этил-3-метоксипиразин; СБМП (SBMP)- 2-сес-бутил-3-метоксипиразин; ИБМП (IBMP)- 2-изобутил-4-метоксипиразин (рисунок 3) [87].

Влияние ИБМП на вкусовой профиль вина также выходит за рамки его собственных характеристик запаха, при этом происходят антагонистические и синергетические взаимодействия с желательными и нежелательными ароматическими соединениями [89, 90].

ИБМП является доминирующим МР. Высокие концентрации ИБМП могут маскировать фруктовые вкусовые качества вина [91].

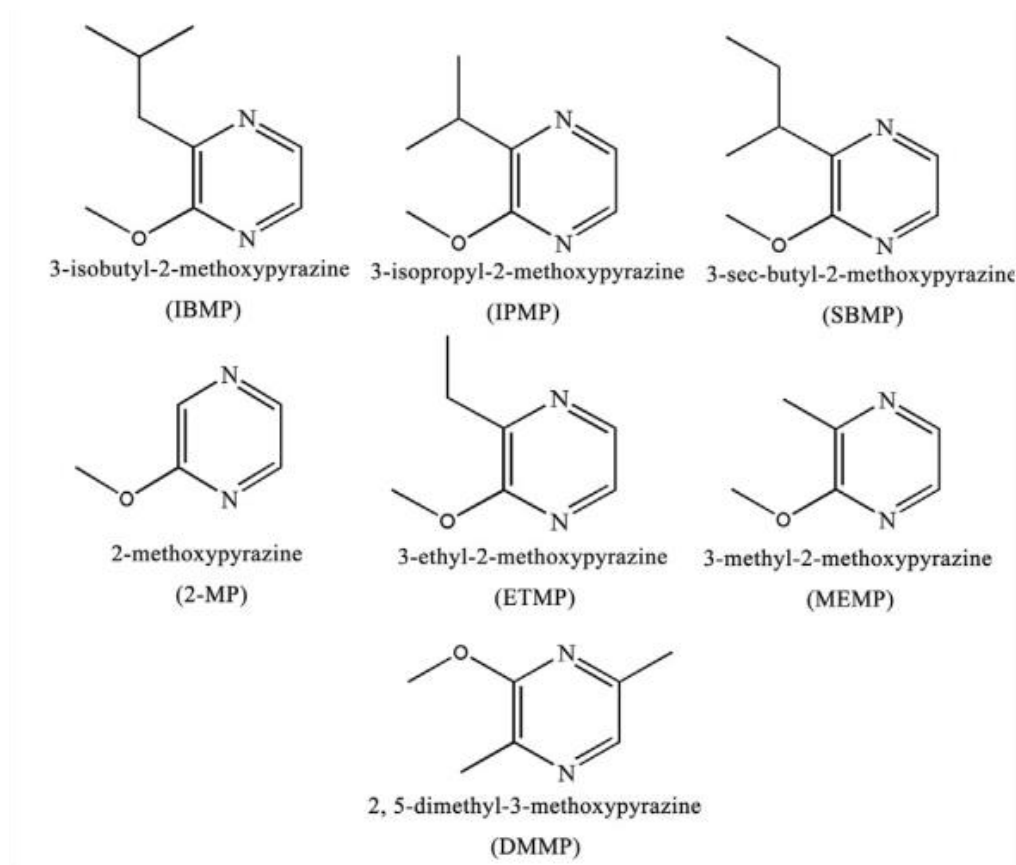


Рисунок 3- Структурные формулы основных метоксипиразинов, найденных в техническом винограде [91]

ИБМП было впервые идентифицировано в зеленом стручковом перце (bell pepper) в концентрациях до 50 000 нг/дм³. Впоследствии 3-сек-бутил-2-метоксипиразин (СБМП) и 3-изопропил-2-метоксипиразин (ИПМП) были идентифицированы из масла гальбанума и зеленого горошка соответственно. Самая высокая концентрация СБМП была обнаружена в свекле или моркови (до 5600 нг/дм³), а самая высокая концентрация ИПМП была обнаружена в зеленом горошке (приблизительно 3500 нг/дм³). ИПМП обычно описывается как «душистого горошка» и «спаржеподобная» отдушка, но оно также ассоциируется с землистым ароматом, напоминающим корнеплоды [92, 93, 94, 95].

С другой стороны, виноград также может содержать 2-изопропил-3-метоксипиразин, который является причиной неприятного запаха, известного как заражение божьей коровкой. Этот запах возникает, когда жуки *harmonia axyridis* попадают в виноград, когда его перерабатывают с целью получения виноматериала [82].

Соединение СБМП редко обнаруживается в винограде и винах, поэтому оно практически не оказывает негативного влияния на качество вина [96]. Следовательно, ИБМП и ИПМП - два наиболее важных соединения с точки зрения аромата и вкуса вина.

В течение последнего десятилетия виноделам пришлось столкнуться с новой проблемой, связанной с МП, происходящей от разноцветного азиатского жука Гармония аксиридис. В зараженных сулах и вине могут присутствовать сложные посторонние запахи и привкусы, которые известны как «привкус божьей коровки». Этот жук является «дорогостоящей проблемой» для винодельческой отрасли. Когда этих жуков дают виноградом, это повышает уровень метоксипиразинов в сусле и вине, что может ухудшить его качество [10, 81].

Муравьи *Eutetramorium mosquersyi* способны вырабатывать несколько различных пиразинов в ядовитых железах. Некоторые виды ос также имеют активность по выработке пиразинов. Было показано, что они производят пиразины в нижнечелюстной железе. Считается, что эти соединения используются в качестве феромонов для привлечения партнеров. Также некоторые виды бактерий производят пиразины. Виды бактерий *Halomonas venusta* или *Deleya venusta* известны своим очень сильным запахом, напоминающим горох [82].

МП присутствуют по всей виноградной лозе, включая корень, побег, лист и гроздь. В виноградном корне МП присутствуют в основном в форме ИПМП в концентрациях до 8000 нг/дм³ (в 4000 раз превышающих порог чувствительности). Среди надземных частей наибольшую концентрацию ИБМП содержат прикорневые листья, за которыми следуют средние листья, а затем гроздевые и верхние листья и боковые побеги [7, 89].

В виноградных листьях концентрация ИБМП имеет тенденцию увеличения во время роста виноградной лозы. Например, было обнаружено, что начальная концентрация ИБМП в прикорневых и средних листьях составляет до

240 нг/дм³ [97]. Было показано, что в ягодах винограда ИБМП быстро накапливается, достигая максимума за 2-3 недели до начала созревания, но затем заметно снижается по мере созревания винограда и до сбора урожая [98].

В ягодах винограда МП существуют в виде свободных летучих соединений. Во время созревания ягод винограда доля ИБМП в кожице увеличивается, а в плодоножках и семенах уменьшается. Однако неизвестно, является ли это снижение ферментативным или неферментативным [97].

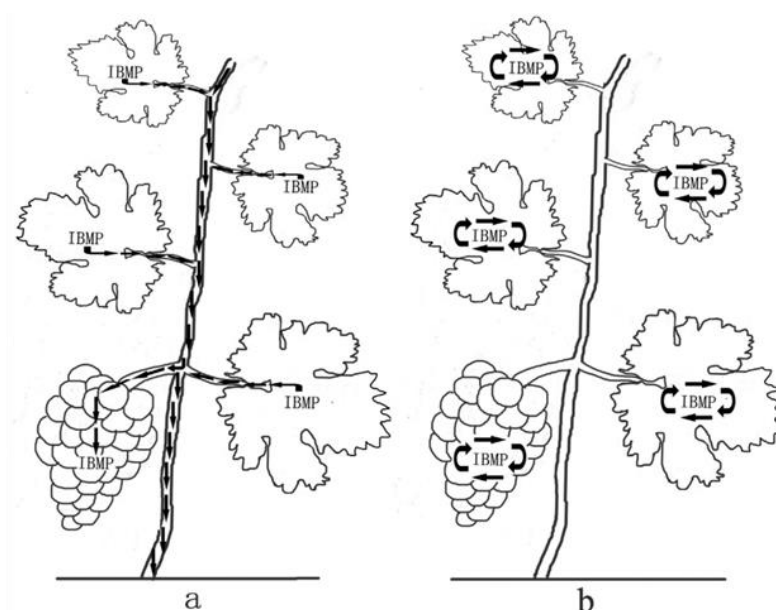


Рисунок 4 - Пути происхождения ИБМП в винограде [97]

Анализ локализации МП в виноградной грозди показал, что стебли содержат наибольшую долю ИБМП (79,2 %). В ягодах большая часть ИБМП находится в кожице (72 %) и меньше – в семенах (23,8 %). Мякоть содержит очень мало ИБМП (4,2 %) [7, 97].

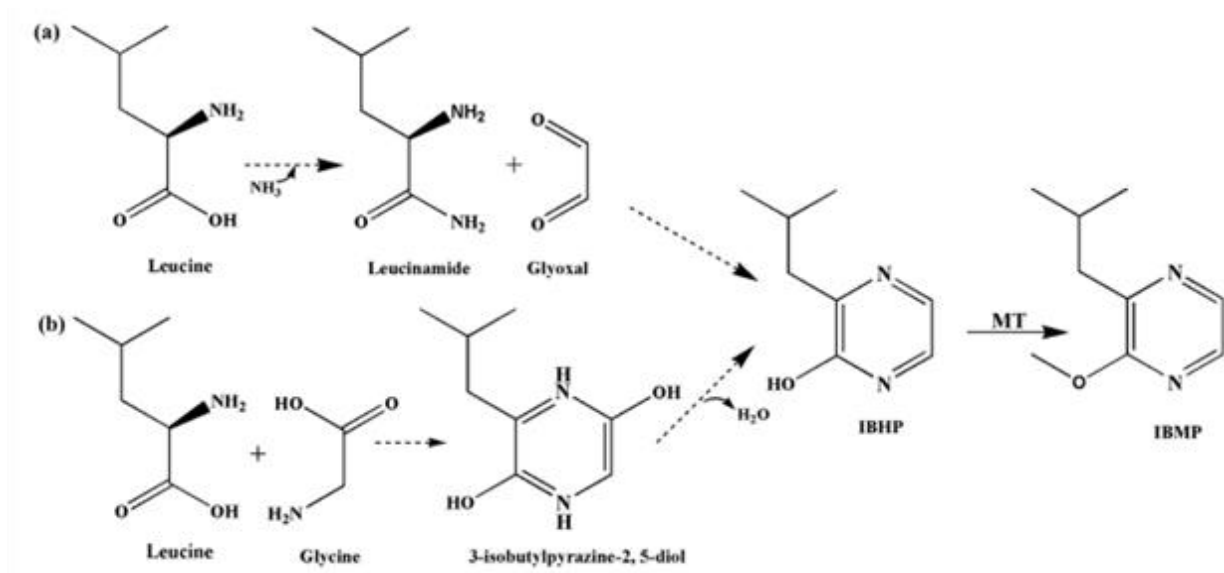
Существуют две разные теории о происхождении МП в винограде (рисунок 4) [99]. Одна из теорий заключается в том, что МП в винограде транспортируется, а также синтезируется в листьях и транспортировался от листьев к ягодам. Эта теория была проверена методом определения стабильных изотопов с использованием 1 мг/дм³ дейтерированного аналога ИБМП в качестве индикатора.

В то время это был новаторский путь, и он не был подтвержден другими исследователями. Не было подтверждений, что аминокислоты образуют α -амиды аминокислот [99]. Глютамин и аспарагин являются единственными амидами аминокислот, которые, как известно, встречаются в природе, и оба являются амидами ω -карбоновой группы, а не α -карбоновой группы. Во-вторых, глиоксаль никогда не обнаруживался в тканях растений, несмотря на присутствие глиоксиловой кислоты в качестве метаболического промежуточного продукта в растениях, который мог бы участвовать в реакции конденсации [100, 101].

В 1991 г. Ченг и др. использовали ^{13}C -пируват в качестве единственного источника углерода в культуральной среде в тесте на трассировку [7, 9]. Результаты показали, что начальной стадией биосинтеза пиразина является конденсация двух аминокислот с образованием циклического дипептида, который затем превращается в молекулу пиразина, например, образование ИПМП через конденсацию валина с глицином (рисунок 5).

Аналогичные реакции конденсации двух молекул лейцина с циклолейцил-лейцилом приводят к образованию пульхерриминовой кислоты. Следовательно, вторая гипотеза заключалась в том, что биосинтез МП начинается с конденсации двух аминокислот, то есть допускает образование циклодипептидов только на начальных стадиях этого пути [102, 103].

Предполагаемый путь биосинтеза МП включает О-метилование 2-гидрокси-3-алкилпиразина на заключительной стадии, и эта заключительная реакция была продемонстрирована на винограде. О-метилтрансфераза (ОМТ), способная превращать 3-изобутил-2-гидрокси-пиразин в ИБМП и 3-изопропил-2-гидрокси-пиразин (ИРНР) в ИПМП в присутствии S-аденозил-L-метионина (SAM) в качестве донора метильной группы была выделена и очищена из виноградной лозы Каберне Совиньон. Было обнаружено, что уровни гидрокси-пирaziнов (НРs) и активности ОМТ тесно связаны с уровнем МП в винограде [104].



Пунктирные стрелки указывают на реакции, для которых нет биохимических доказательств.

Мт-метилтрансфераза, IBHP- 3 изобутил-2-гидроксипиразин.

Рисунок 5- Пути биосинтеза ИБМП в живых организмах.

(a) - биосинтез из лейцина и глиоксаля, предложенный Murray et al. (1970).

(b) - биосинтез из лейцина и глицина, предложенный Ченгом, Рейнеккиусом, Бьорклундом и Лите (1991) [102]

Данлеви и др. клонировали VvOMT1 и VvOMT2, которые кодировали OMTs, способные метилировать HPs с образованием МП, из сорта Каберне Совиньон [104, 105]. Оба были идентифицированы как заводские OMT, которые требовали SAM для метилирования субстрата на основе HP. VvOMT1 проявлял более сильную активность в отношении IBHP, чем в отношении IPHP, тогда как VvOMT2 проявлял более высокую активность в отношении IPHP, чем в отношении IBHP.

Исследования в области геномики и биохимии винограда позволили идентифицировать и детально охарактеризовать четыре ключевых гена семейства O-метилтрансфераз (OMT), а именно VvOMT1, VvOMT2, VvOMT3 и VvOMT4. Эти гены кодируют специфические ферменты, которые катализируют критически важную реакцию метилирования гидроксипиразинов (HP), выступающих в роли непосредственных предшественников, с конечным образованием летучих метоксипиразинов (MP). Так как метоксипиразины являются чрезвычайно

мощными ароматическими соединениями, которые даже в ничтожных концентрациях определяют характерный «травянистый» или «зеленый» аромат многих сортов винограда, таких как Каберне Совиньон и Совиньон блан, делает их изучение фундаментально важным для энологии. Первоначально из знаменитого сорта Каберне Совиньон были успешно клонированы и секвенированы гены VvOMT1 и VvOMT2. Последующий биохимический анализ рекомбинантных белков выявил их выраженную, но различную субстратную специфичность: было установлено, что фермент VvOMT1 демонстрирует гораздо более высокую каталитическую активность и сродство к субстрату изобутилгидроксипиразину (IBHP), в то время как его аналог, VvOMT2, напротив, проявляет максимальную эффективность в реакции метилирования изопропилгидроксипиразина (IPHP). Однако дальнейшие и более детальные исследования принесли неожиданное открытие: оба этих фермента проявляют на порядки более высокую каталитическую активность и аффинность по отношению к совершенно иному классу соединений – флавонолам, в частности, кверцетину. Их активность в отношении кверцетина оказалась в 100 - 500 раз выше, чем в реакциях с гидроксипиразинами, что поставило перед учеными новые вопросы об их основной физиологической роли в клетке и возможной плеiotропной функции [105, 106].

Особый интерес для селекционеров и биохимиков представляет ген VvOMT3, который был идентифицирован позднее с помощью методов QTL-картирования, связывающего конкретные гены с количественными признаками. Его экспрессия оказалась строго коррелированной с фенотипом накопления МР. Было доказано, что этот ген не экспрессируется или экспрессируется на крайне низком уровне в тех сортах винограда, которые генетически не способны продуцировать значимые количества изобутилметоксипиразина, но при этом он высокоактивен в сортах-продуцентах, таких как Каберне Совиньон, причем пик его экспрессии точно совпадает по времени с фазой максимального биосинтеза и накопления МР в созревающих ягодах. Эта тесная пространственно-временная корреляция убедительно свидетельствует о том, что VvOMT3 является, по всей видимости, ключевым и лимитирующим ферментом во всем пути биосинтеза метоксипиразинов, и именно его наличие или отсутствие в геноме того или иного

сорта объясняет, почему одни сорта винограда продуцируют эти мощные ароматические вещества, а другие - нет.

Важным биохимическим доказательством, подтверждающим лимитирующую роль стадии метилирования, является непосредственное измерение концентраций предшественников и конечных продуктов в ягоде. Многочисленные исследования показывают, что уровни гидроксипиразиновых предшественников (IBHP и IPHP) в тканях незрелого винограда стабильно и значительно - в 2 - 20 раз -превышают уровни уже готовых метоксипиразинов. Это прямо указывает на то, что клетка не испытывает дефицита в субстрате, а главным узким местом, ограничивающим конечный выход ароматических соединений, является именно активность и количество ферментов OMT, а не предыдущие этапы синтеза. Данные мониторинга экспрессии генов на транскриптомном уровне идеально согласуются с этой биохимической моделью: пики экспрессии генов VvOMT1 и VvOMT2 в ходе развития ягоды точно совпадают с фазой наиболее интенсивного накопления ИБМП, а последующее снижение их транскрипционной активности напрямую коррелирует с наблюдаемым снижением концентрации целевого метаболита. При этом интересно отметить, что максимальный уровень предшественника, IBHP, регистрируется примерно на две недели позже пика концентрации ИБМП, что дополнительно подчеркивает, что после снижения активности OMT - ферментов предшественник продолжает синтезироваться, но уже не превращается в конечный продукт [106].

Таким образом, хотя полный метаболический путь биосинтеза метоксипиразинов в винограде еще не является полностью расшифрованным и оставляет место для дальнейших открытий (например, роль VvOMT4 до конца не ясна, а идентифицированным промежуточным метаболитом пока остается только 2-гидрокси-3-алкилпирозин), уже сейчас можно с уверенностью заключить, что именно активность и генетический полиморфизм ферментов семейства VvOMT являются критическим фактором, определяющим количественное и качественное содержание этих ключевых ароматических веществ в ягодах винограда. Это знание открывает пути для целенаправленной селекции и биотехнологического управления ароматом вина.

Предполагается, что одним из основных факторов, влияющим на содержание ИБМП в вине, является зрелость используемого винограда, которая может варьироваться в зависимости от климатических условий из года в год [107, 108].

Концентрация метоксипиразина в ягодах винограда зависит от воздействия солнца, вегетативного роста и урожайности виноградной лозы. ИБМП особенно чувствителен к свету и температуре. Чем больше ягоды подвергаются воздействию солнечного света, тем ниже конечный уровень пиразина. Что касается температуры, то стоит отметить такую же тенденцию- с ростом дней с высокой температурой содержание пиразинов уменьшается [87].

Наименьшие концентрации метоксипиразина были отмечены при более сильных зимних дождях. При этом ключевым моментом может быть не количество осадков, а период, в течение которого выпадает дождь, и его интенсивность в зависимости от стадии развития ягод и состояния растения [7].

Французские исследователи отмечают, что увеличение ИБМП коррелировало с летними дождями. Одним из возможных объяснений повышенного содержания метоксипиразина является то, что дожди прошли, когда виноградные лозы были близки к концу своего цикла роста, что привело ко второму вегетативному росту, который способствовал биосинтезу ИБМП. Помимо этого, вегетативный рост увеличивал затенение гроздей, уменьшая фоторазрушение метоксипиразина [97, 109].

Профиль почвы влияет на уровень накопления пиразинов: песчано-глинистые и известковые грунты уменьшают рост корней и снижают потенциал виноградного растения, что отражается на концентрации метоксипиразинов [8].

Винодельческая промышленность стала использовать определенные методы виноградарства для влияния на уровень МП в винограде при сборе урожая, и дефолиация в области гроздей стала широко используемым методом снижения содержания МП в винограде. Было высказано предположение, что ранняя дефолиация в области гроздей может снизить концентрацию МП в зрелом винограде (до и после цветения) [10, 110, 111].

Из-за большой важности МП как фактора формирования вкуса вина и неудобства в использовании методов определения, мы провели выбор методики и

пробоподготовки метоксипиразинов. По литературным данным известно, что эти вещества имеют обычно диапазон обнаружения до 5 нг/дм³ для ИПМП, 3 нг/дм³ для СБМП, 100 нг/дм³ для ИБМП и 8 нг/дм³ для ЭМП [112, 113, 114].

Проведенный анализ информации позволяет предположить, что наиболее доступной и эффективной будет подготовка QuEChERS, которая легко сочетается с анализом методами газожидкостной хроматографии. Ввиду летучести метоксипиразинов, основным методом анализа предлагается капиллярная ГЖХ с высоко чувствительным детектором [115]. Некоторое преимущество отдается многомерному анализу: использование масс-спектрометра в сочетании с пламенно-ионизационным детектором показывает более высокую надежность результатов. Оценено применение достаточно простого, но надежного пламенно-ионизационного детектора, который способен обеспечить достоверность измерений. В целом, предложенные исследователями подходы позволяют обеспечить необходимую точность и качество количественного определения метоксипиразинов в образцах вина [116].

QuEChERS— это аббревиатура от английских слов (quick, easy, cheap, effective, rugged, safe), обозначающая высокоэффективный аналитический подход, который был изначально разработан для определения пестицидов во фруктах, овощах, злаках и продуктах их переработки, что значительно упростило их анализ. В настоящее время применение процедуры QuEChERS распространено на широкий круг аналитов в образцах различной природы. Данный вид пробоподготовки включает в себя две основные стадии: жидкость-жидкостная экстракция (ЖЖЭ) с использованием различных вариантов экстракционных растворителей и солей, а также буферных добавок на стадии разделения при высаливании и твердо-фазная экстракция (ТФЭ) с применением различных сорбентов для стадии очистки. Последний этап чаще всего представляет собой дисперсионную ТФЭ, которая основана на распределении твердого сорбента в жидких образцах при экстракционном выделении и очистке различных анализируемых веществ из сложных матриц [117, 119, 120, 121].

Пробоподготовка QuEChERS может быть применена и для определения метоксипиразинов в винных материалах. Так в работе Fontana [114, 118, 121] авторы оптимизировали QuEChERS подход к определению

3-алкил-2-метоксипиразинов в вине методом газовой хроматографии с масс-спектрометрией (ГХ-МС). ЖЖЭ анализов из пробы проводилась с использованием толуола в качестве экстрагента и в присутствии безводного сульфата магния и хлорида натрия. Предварительно метоксипиразины были переведены в молекулярную форму путем повышения значений pH добавкой гидроксида натрия в пробу вина, что способствовало повышению их извлечения неполярным растворителем. Стадия очистки полученного толуолового экстракта осуществлялась при комбинированном действии первично-вторичного амина и смеси безводных сульфата магния и хлорида кальция. Выявлено, что дополнительное внесение сорбента C18 понижало эффективность извлечения метоксипиразинов за счет частичной сорбции самих анализов. Степени извлечения метоксипиразинов варьировались от 71 % и 87 % для образцов белых и красных вин соответственно, а относительное стандартное отклонение составило менее 21 % [121].

Масс-спектрометрия является чрезвычайно мощным инструментом как независимый инструмент и особенно в сочетании с газовой хроматографией. Когда газовая хроматография (ГХ) и масс-спектрометрия (МС) объединены, комбинированный инструмент становится чрезвычайно универсальным инструментом. Хроматографический модуль устройства разделяет смесь компонентов, обеспечивая масс-спектрометру возможность индивидуального анализа каждого компонента. Результирующий масс-спектр очень чистый и позволяет гораздо легче идентифицировать отдельные соединения по сравнению с анализом всех анализов одновременно. Этот процесс превращает сложный образец в более простой анализ. Аналитический метод также может обеспечить количественный анализ анализов [120].

Содержание МП в винах зависит главным образом от их концентрации в винограде, из которого они изготовлены, технологии виноделия лишь незначительно влияют на их содержание. По полученным результатам исследований видно, что технология переработки внесла свой вклад в увеличение содержания пиразинов.

Посредством дефолиации устранения горизонтальных побегов получалось придать винам вполне сложный и фруктовый тон по сравнению с образцами,

полученными из винограда, произросшего в тени. Тем самым эти агротехнические мероприятия является эффективным способом понизить концентрацию ИБМП в вине [83].

Добавление гребня в сусло может значительно увеличить концентрацию пиразина в вине. Исследование, проведенное в 2002 г. под руководством Ружу де Буби, показало, что в стеблях Каберне Совиньон содержится 53 % ИБМП в самой грозди [8]. В исследованиях отмечается, что, хотя сорт винограда Шираз, по-видимому, не способен синтезировать МП в ягодах, пиразины могут извлекаться из гребня во время ферментации, благодаря чему получают вина у сорта Шираз с нетипичным «зеленым вкусом». Согласно исследованию, даже при снижении сенсорного порога ИБМП может усилить восприятие «дымных» и «дегтярных» нот или уменьшить ароматы «темных ягод» и «цветочно-фиалковых» ароматов. Французские исследователи считают, что стиль бордосских вин заключается в том, что Каберне Совиньон не пахнет зеленым болгарским перцем по причине сбора винограда в оптимальные сроки [109].

Таким образом, метоксипиразины являются мощными соединениями и могут оказывать значительное влияние на характер вина, как прямо, так и косвенно. Независимо от позиции винодела в отношении ароматических веществ МП, управление их содержанием для определенных сортов винограда может иметь ключевое значение для стилистического выбора, начиная с выбора участка и заканчивая выбранной технологией.

Одним из наиболее эффективных методов является адсорбционная обработка с помощью специально разработанных полимеров. Исследование Liang S. et al. демонстрирует, что применение импринтированного магнитного полимера (ПИМП), добавленного в вино после ферментации, способно удалить до 74 % от начальной концентрации 3-изобутил-2-метоксипиразина (ИБМП) [122]. Этот метод показал значительно более высокую эффективность по сравнению с коммерчески доступной пленкой на основе полимолочной кислоты (ПЛА), которая способствовала удалению только 18 % ИБМП. Важно отметить, что обработка ПИМП не оказала негативного влияния на общий ароматический профиль вина, целенаправленно уменьшая нежелательные вегетативные оттенки. Добавление же полимера на этапе преферментации было менее эффективным

(удаляло на 20–30 % меньше ИБМП), но в то же время оказывало меньшее воздействие на другие летучие вещества и параметры цвета, что может быть полезно для сохранения органолептической сложности вина.

Другим рассмотренным приемом является предферментационная тепловая обработка винограда. Согласно работе Geffroy O. et al., нагревание винограда до 70 °C в течение двух часов приводит к значительной потере ряда ароматических соединений, полученных из винограда, включая, по всей видимости, и метоксипиразины, хотя в аннотации прямо они не упоминаются [123]. Авторы связывают это с процессами термической деградации. Однако этот метод не является селективным и вызывает глубокие изменения в целом ароматическом составе вина, увеличивая содержание одних соединений (например, продуктов деградации) и уменьшая количество других, что может кардинально изменить стиль вина.

Альтернативный подход, описанный Schelezki O. J. et al., заключается не в прямом удалении пиразинов, а в управлении зрелостью сырья и составом сусла [124]. Замена части сока из перезрелого винограда либо водой, либо суслом от ранее собранного («зеленого») урожая для корректировки уровня сахаров и, соответственно, будущего алкоголя, позволяет производить вина с пониженной алкогольностью. Авторы отмечают, что замена воды привела к незначительным изменениям в летучем составе по сравнению с контрольным образцом, сохранив положительные ароматические характеристики, но при этом в вине сохранились и сенсорные черты перезрелого винограда. Это указывает на то, что данный метод напрямую не снижает содержание пиразинов, заложенное в винограде, а, скорее, маскирует или изменяет общий баланс вина.

Наконец, ключевое исследование Schneider K. et al. предоставляет доказательства того, что выбор типа ферментации может напрямую влиять на уровень метоксипиразинов [125]. Данные исследования показали, что спонтанная (неинокулированная коммерческими дрожжами) ферментация приводит к статистически значимому снижению концентраций основных метоксипиразинов по сравнению с ферментацией на коммерческих дрожжах. Например, концентрация СБМП в винах со спонтанной ферментацией была почти в два раза ниже на одном из участков. Спонтанная ферментация рассматривается как

природный способ уменьшения неприятных травянистых оттенков в вине, особенно эффективна в холодных регионах или при неполном созревании урожая.

Таким образом, на основании проведенного комплексного анализа литературных данных можно сформулировать следующие ключевые выводы.

1. *Качество винограда как фундамент качественного вина.* Первичным и определяющим фактором для получения высококачественных красных вин является достижение виноградом не только технической, но и, что особенно важно, фенольной зрелости. Этот сложный процесс, зависящий от сортовых особенностей, климатических условий и агротехнических приемов, напрямую влияет на баланс сахаров, кислот, фенольных и ароматических веществ в ягоде. Недозрелый виноград приводит к появлению резкой «зеленой» кислотности и грубых танинов, тогда как перезревание ведет к потере кислотности и свежести, формируя чрезмерно спиртуозные и грубоватые вина.

2. *Метоксипиразины - ключевые соединения в ароматическом профиле.* Метоксипиразины (МП), в частности 3-изобутил-2-метоксипиразин (ИБМП), являются мощнейшими ароматическими соединениями с чрезвычайно низким порогом восприятия. Эти вещества придают вину приятные оттенки зелени («зеленый перец», «трава»), но при избытке ослабляют фруктовые тона, ухудшая его качество. Их содержание является генетически детерминированной сортовой характеристикой.

3. *Биосинтез и факторы влияния.* Биосинтез МП в винограде остается до конца не изученным, однако установлено, что ключевую роль в нем играют ферменты О-метилтрансферазы (VvOMT1-4), катализирующие заключительную стадию метилирования. Концентрация МП зависит от комплекса факторов:

Климат: Низкие температуры, недостаток солнечного света и осадки в определенные фазы вегетации способствуют накоплению МП.

Зрелость: Концентрация МП достигает пика до начала созревания и значительно снижается к моменту полной физиологической зрелости ягод.

4. *Технологические приемы управления.* Технология виноделия оказывает достаточное влияние на конечное содержание МП.

Наиболее эффективны селективные адсорбционные методы (импринтированные полимеры), позволяющие целенаправленно удалять значительное количество ИБМП без ущерба для общего ароматического профиля.

Спонтанная ферментация продемонстрировала потенциал в снижении уровня МП по сравнению с использованием коммерческих дрожжей.

Термообработка неселективна и ведет к масштабной потере не только МП, но и других ценных ароматических соединений, кардинально меняя стиль вина.

Добавление гребней при ферментации мезги является значительным источником поступления МП в вино.

5. Необходимость аналитического контроля. Управление содержанием МП невозможно без точных методов анализа. Наиболее перспективным представляется использование высокочувствительных методов хромато-масс-спектрометрии в сочетании с эффективной пробоподготовкой по методике QuEChERS.

Таким образом, управление качеством красных вин, особенно в аспекте контроля нежелательных вегетативных тонов, требует комплексного подхода, интегрирующего достижения современной энологии. Наиболее эффективная стратегия заключается не в коррекции уже готового вина, а в превентивном управлении на этапе выращивания винограда (агротехника, выбор оптимальной даты сбора) для минимизации исходного уровня метоксипиразинов. Технологические приемы виноделия (адсорбция, работа с гребнями, выбор режима ферментации) служат важными дополнительными инструментами для финальной настройки ароматического профиля вина и достижения желаемого баланса.

2 ОБЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Объекты исследований

В качестве объектов исследования были выбраны красные технические сорта винограда, возделываемые на территории Краснодарского края в центральной и черноморской агроэкологических зонах: классический европейский – Гранатовый, а также Курчанский – межвидовой гибрид. Для исследований использовали сусло и виноматериалы, приготовленные из данных сортов винограда.

В процессе исследований отбирали образцы свежего винограда исследуемых сортов в разные периоды созревания. Переработку проводили по классической технологии путем брожения мезги.

Для проведения брожения использовали активные сухие дрожжи расы ЮС PRESTIGE, предназначенные для «красного виноделия».

При исследовании содержания метоксипиразинов в готовой продукции, произведенной из различных красных сортов винограда, использовали виноматериалы винодельческих предприятий из указанных выше агроэкологических зон.

Экспериментальная часть работы проводилась автором в лаборатории научного центра «Виноделие», цехе микровиноделия и ЦКП «Приборно-аналитический» ФГБНУ СКФНЦСВВ (рисунок 6).

2.2 Методы исследований

Для проведения анализа были применены методики ГОСТ и ГОСТ Р: объемную долю этилового спирта определяли – по ГОСТ Р 57618-2017 [128]; массовую концентрацию сахаров – по ГОСТ 13192-73 [129]; массовую концентрацию титруемых кислот – по ГОСТ 32114-2013 [130]; массовую концентрацию летучих кислот - по ГОСТ 32001-2012 [131]; массовую концентрацию свободного и общего диоксида серы - по ГОСТ 32115-2013 (ГОСТ Р 51655-2000) [132]; массовую концентрацию органических кислот - по ГОСТ Р 55761-2013 [136].

Для определения массовой концентрации суммы фенольных и красящих веществ применяли колориметрический метод с использованием реактива Фолина-Чокальтеу [134]. Технологический запас фенольных веществ и антоцианов определяли после предварительной пробоподготовки по методике [134, 135]. Компонентный анализ фенольных веществ определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Органолептическую оценку виноматериалов проводили члены дегустационной комиссии ФГБНУ СКФНЦСВВ по 10-балльной шкале в соответствии с ГОСТ 32051-2013 [51].

Массовые концентрации аминокислот и органических кислот определяли методом капиллярного электрофореза («Капель 105 Р») [136].

Концентрацию метоксипиразинов устанавливали методом газожидкостной хроматографии («Кристалл 2000М») по методике Fontana A., Bottini R. [121, 137].

Пробы винограда отбирались проводили на протяжении всего процесса созревания, чтобы собрать данные для мониторинга изменений содержания веществ и провести соответствующий анализ.

Образцы свежего винограда были заморожены и сохранены при температуре -40°C для дальнейшего анализа. Вторая часть этих же образцов была

переработана на виноматериалы, которые были помещены в холодильник для последующего анализа.

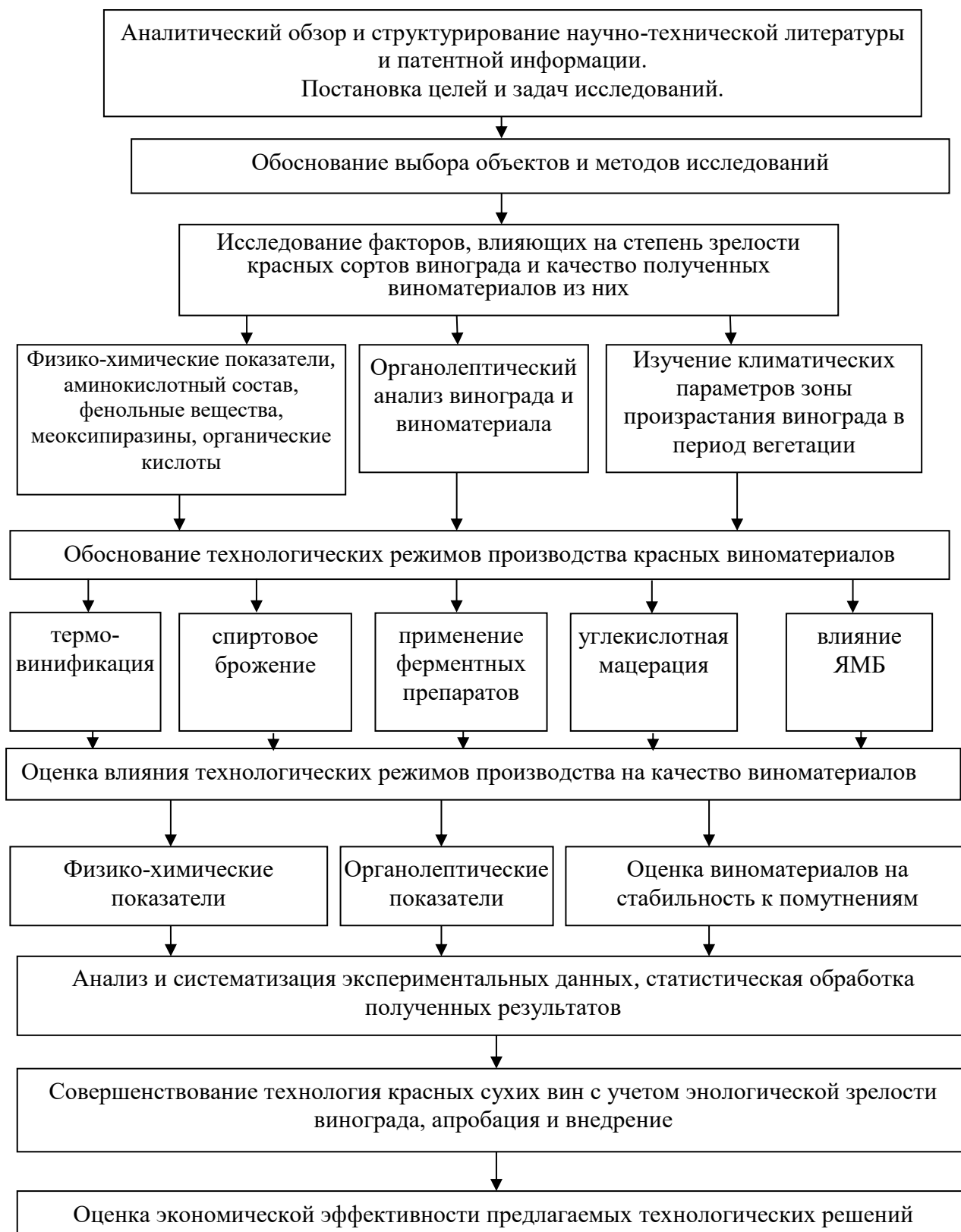


Рисунок 6 –Структурная схема исследований

Проведенный анализ информации позволяет предположить, что наиболее доступной и эффективной будет методика QuEChERS, которая далее легко сочетается с методами газожидкостной хроматографии. Ввиду летучести метоксипиразинов, основным методом анализа выбрана капиллярная ГЖХ с высоко чувствительным детектором [121].

Первая часть пробоподготовки осуществлена следующим образом: охлажденные грозди были подвергнуты гребнеотделению, далее, после измельчения, помещены в мерную колбу (200 см^3), затем добавляли пипеткой 10 см^3 толуола (х.ч.), проводили центрифугирование, отбирали 5 см^3 толуольного экстракта и на хранение при температуре $+40\text{ }^\circ\text{C}$ до выполнения анализа [115]. Время подготовки образца не превышало 0,5 часа.

Вторая часть пробоподготовки для виноматериала осуществлена следующим образом: для проведения ЖЖЭ анализов из пробы виноматериала отбирали 200 см^3 вина в мерную колбу (250 см^3), добавляли пипеткой 10 см^3 толуола (х.ч.), вносили 50 г безводного хлорида натрия, тщательно перемешивали и отбирали 5 см^3 для проведения анализа. Время подготовки образца не превышало 0,5 часа. Предложенные исследователями подходы позволяют обеспечить необходимую точность и качество количественного определения метоксипиразинов в образцах вина или сока [138, 139]. На рисунке 7 приведена одна из хроматограмм определения пиразинов на примере сорта Курчанский.

В результате проведенных анализов были получены данные, отображенные в нижеприведенных диаграммах, где:

1. IPMP (ИПМП) - 2-изопропил-3-метоксипирозин;
2. EMP (ЭМП) - 2-этил-3-метоксипирозин;
3. SBMP (СБМП) - 2-сес-бутил-3-метоксипирозин;
4. IBMP (ИБМП) - 2-изобутил-4-метоксипирозин

Таким образом, была выбрана методика по определению метоксипиразинов в технических сортах винограда и виноматериалах.

Проба

Номер пробы	895	Номер анализа	895
Дата отбора	10.01.2024	Время отбора	8:10:29
Наименование			
АПА вино красные 133 2мкл р3			

Хроматограмма

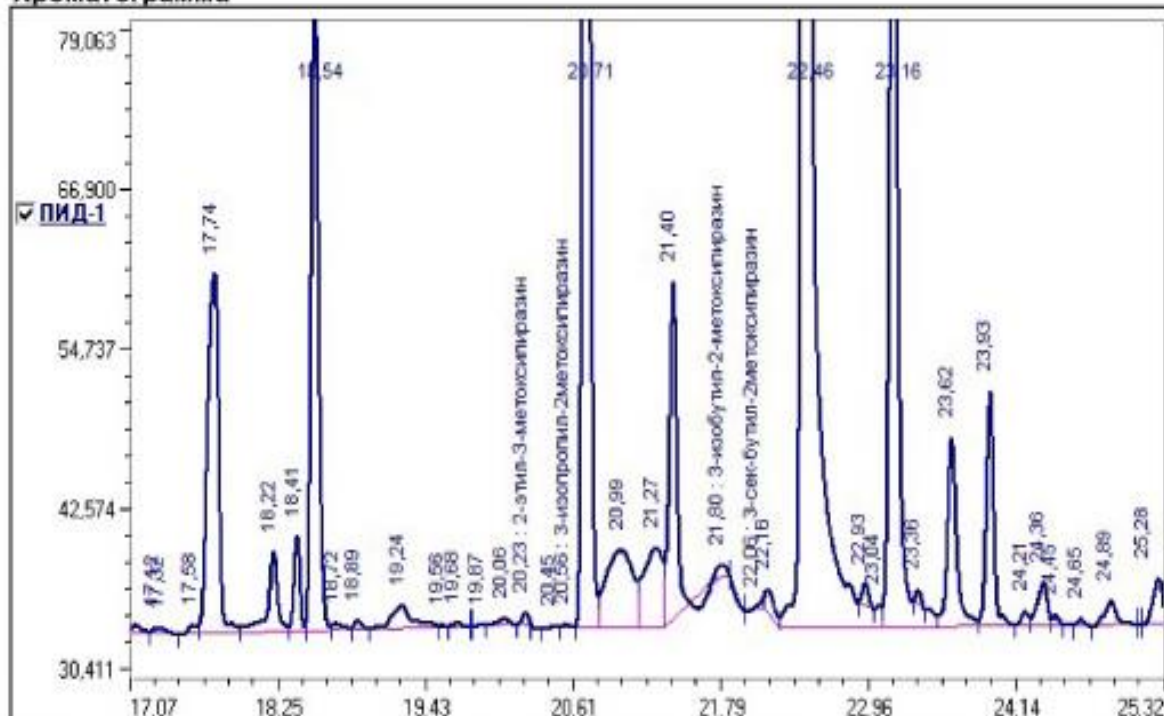


Рисунок 7- Хроматограмма определения пиразинов в винограде сорта Курчанский

Для анализа данных была применена комбинация методов статистики и пакета программ Microsoft Office.

Для обработки полученных данных была использован программный пакет Statistica десятой версии, а также применялся корреляционный, дисперсионный и регрессионный методы анализа [147].

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Обоснование выбора сроков уборки красных технических сортов винограда для производства сухих вин

Виноград подвергается воздействию множества различных факторов, которые оказывают влияние на его рост и размножение, а также на продуктивность насаждений и качество будущей продукции. Данные факторы включают в себя климатические условия (свет, температура, влага, атмосферные явления), состав почвы и ее физические свойства, рельеф местности, а также влияние других растений и насекомых-вредителей. Многие факторы климата (освещенность, влажность воздуха, скорость и направление ветра) оказывают определенное влияние на продуктивность винограда, но не столь значительное, как температура и водообеспеченность в комплексе [62, 127].

Важно отметить, что виноградное растение обладает высокой адаптивностью к условиям окружающей среды. Оно способно приспосабливаться к изменениям факторов внешней среды и методам выращивания. Тем не менее наиболее полная реализация потенциала продуктивности осуществляется в условиях, максимально соответствующих потребностям растения. Меняющиеся климатические условия влияют на физиологию, продуктивность и фенологический цикл [13, 55].

Таким образом, виноград является культурой, которая высоко адаптивна к изменениям внешней среды и может преодолевать воздействие разнообразных факторов, благодаря чему мы можем наблюдать сильные колебания физико-химических и биохимических компонентов, что, в свою очередь, влияет на качество конечного продукта – вина. В связи с этим исследование процессов

созревания красных сортов — Курчанский и Гранатовый — приобретает особую значимость для определения более точных биохимических показателей зрелости.

3.1.1 Результаты фенологических наблюдений исследуемых сортов винограда в основных винодельческих зонах

Сорт винограда - вегетативно размножаемая форма культурного растения, которая характеризуется сочетанием морфологических, биологических и хозяйственных признаков, составляющих ее наследственность [37].

Значение сорта как фактора повышения урожайности и улучшения качества получаемой продукции возрастает в связи с широким применением сортовой агротехники. Правильное районирование позволяет наиболее эффективно использовать природно-экономические условия, биологические особенности сорта, а также получать высококачественную продукцию.

По биологическим характеристикам виноград классифицируется: по срокам созревания, типу цветка, силе роста кустов, качеству урожая, размеру, цвету и форме ягод, стойкости к морозу, болезням и вредителям. В нашем исследовании мы определяли созревание винограда в Центральной зоне виноградарства и считали его оконченным при накоплении сахаров не менее 20 г/100 см³ (таблица 2).

Классификация сортов винограда по срокам созревания определяется количеством суток от начала раскрытия почек до полной зрелости ягод, а также суммой активных температур (САТ) [13, 37].

Во многом срок созревания ягоды винограда зависит от сорта. Это и определяет сроки уборки. По продолжительности вегетации с момента

распускания центральных почек до съема урожая и необходимой для этого сумме температур выделяют следующие группы:

- сверхранние – 95-105 сут. при сумме температур 1800-2000 °С;
- очень ранние – 105-115 сут. при сумме температур 2200-2500 °С;
- ранние – 115-125 сут. при сумме температур 2400-2600 °С;
- раннесредние – 125-135 сут. при сумме температур 2600-2700 °С;
- средние – 130-135 сут. при сумме температур 2700-2800 °С;
- среднепоздние – 135-140 сут. при сумме температур 2800-2900 °С;
- поздние – 145-150 сут. при сумме температур 2900-3000 °С;
- очень поздние – свыше 160 сут. при сумме температур 3100 °С и

более [12, 13].

Даты вступления в фазу вегетации хорошо отражают биологические особенности изучаемых красных технических сортов. Подсчитав общую продолжительность периода от начала распускания почек до технической зрелости ягод (в днях), а также сумму активных (среднесуточных) температур за этот период, можно сделать вывод о принадлежности сорта к группе с определенным периодом созревания.

В таблице 2 представлены результаты трёхлетнего фенологического мониторинга (2023–2025 гг.) двух красных технических сортов винограда – Курчанский и Гранатовый – в Центральной (г. Краснодар) и Черноморской (г. Анапа) зонах виноградарства Краснодарского края. Фиксировались даты наступления фаз: начало распускания почек, начало и конец цветения, начало и конец созревания ягод (техническая зрелость оценивалась при накоплении сахаров не менее 20 г/100 см³), а также рассчитывались продолжительность вегетационного периода от распускания почек до технической зрелости (сут.) и сумма активных температур (САТ, °С) за этот интервал.

В 2023 году в Центральной зоне сорт Курчанский начал вегетацию 24 апреля, цвёл с 27 мая по 5 июня, созревание завершил 25 сентября; вегетация длилась 153 дня при САТ 2600 °С.

Таблица 2 – Фенологические наблюдения за фазами вегетации красных сортов винограда, урожай 2023-25гг.

Сорт	Дата наступления фаз вегетации					Количество сут. от начала распускания почек до наступления технической зрелости	Сумма активных температур от начала распускания почек до наступления технической зрелости, °С
	Начало распускания почек	Цветение		Созревание ягод			
		начало	конец	начало	конец		
2023 г.							
Центральная зона виноградарства, г.Краснодар							
Курчанский	24.04	27.05	05.06	26.07	25.09	153	2600
Гранатовый	25.04	03.06	10.06	10.08	10.10	166	3010
Черноморская зона виноградарства, г.Анапа							
Курчанский	23.04	04.06.	11.06	04.08	15.09	146	2803
Гранатовый	21.04	06.06.	12.06	10.08	02.10.	162	3180
2024 г.							
Центральная зона виноградарства, г. Краснодар							
Курчанский	01.05	28.05	06.06	15.07	27.09	149	2530
Гранатовый	30.04	02.06	18.06	12.08	06.10	159	2880
Черноморская зона виноградарства, г.Анапа							
Курчанский	27.04	01.06.	06.06	08.08	15.09	141	2710
Гранатовый	29.04	03.06.	12.06	12.08	01.10.	155	3040
2025г.							
Центральная зона виноградарства, г.Краснодар							
Курчанский	14.04.	25.05	01.06.	12.08.	26.09.	165	2800
Гранатовый	15.04.	26.05.	01.06	14.08.	11.10.	179	3245
Черноморская зона виноградарства, г.Анапа							
Курчанский	15.04.	23.05.	30.05.	10.08.	25.09.	163	3130
Гранатовый	17.04.	23.05	30.05.	12.08.	05.10.	171	3360

Сорт Гранатовый в тех же условиях имел более поздние фазы: распускание почек 25 апреля, цветение 3 – 10 июня, техническая зрелость 10 октября, период вегетации 166 суток, САТ 3010 °С. В Черноморской зоне в 2023 году отмечено более раннее начало вегетации (Курчанский – 23 апреля, Гранатовый – 21 апреля) и более высокие суммы активных температур (2803 и 3180 °С соответственно), при этом продолжительность вегетации оказалась меньше, чем в Центральной зоне (Курчанский – 146 суток, Гранатовый – 162 дня).

В 2024 году в Центральной зоне наблюдалось смещение фаз на более поздние сроки: распускание почек у Курчанского зафиксировано 1 мая, у Гранатового – 30 апреля; цветение проходило в конце мая – июне, техническая зрелость наступила 27 сентября и 6 октября соответственно. Длительность вегетации составила 149 суток (Курчанский) и 159 суток (Гранатовый) при САТ 2530 и 2880 °С, что ниже значений 2023 года, свидетельствуя о более прохладном сезоне. В Черноморской зоне 2024 года продолжительность вегетации была минимальной за весь период наблюдений: 141 сутки у Курчанского (САТ 2710 °С) и 155 суток у Гранатового (САТ 3040 °С).

Наиболее ранним и тёплым оказался 2025 год. В Центральной зоне распускание почек у Курчанского отмечено 14 апреля, у Гранатового – 15 апреля; цветение проходило с 25 – 26 мая по 1 июня; техническая зрелость – 26 сентября и 11 октября соответственно. Продолжительность вегетации достигла максимальных величин (165 и 179 суток), САТ – 2800 и 3245 °С. В Черноморской зоне 2025 года суммы активных температур были самыми высокими (Курчанский – 3130 °С, Гранатовый – 3360 °С) при продолжительности вегетации 163 и 171 сутки; даты цветения (23 – 30 мая) почти совпали с Центральной зоной, однако техническая зрелость наступила на 1 – 6 дней раньше, что указывает на ускоряющее действие тепла. На основе классификации по продолжительности вегетации и САТ установлено, что сорт Курчанский (141 – 165 сут., САТ 2530 – 3130 °С) относится к группе раннесредних – средних сортов (125–135 сут., САТ 2600–2800 °С) с тенденцией к удлинению вегетации в тёплые годы. Сорт Гранатовый (155–179 сут., САТ 2880–3360 °С) соответствует поздним – очень поздним сортам (для поздних: 145–150 сут., САТ 2900–3000 °С; для очень поздних: свыше 160 сут., САТ ≥ 3100 °С). Сравнительный анализ зон показывает, что Черноморская зона (Анапа) отличается более ранним началом вегетации (на 2 – 5 дней), более высокой суммой активных температур (на 150 – 250 °С за сезон) и, как правило, сокращением продолжительности вегетации на 4 – 8 суток при сопоставимых сроках технической зрелости, что объясняется ускорением

фенофаз вследствие теплового воздействия. Межгодовая вариабельность выражена отчётливо: 2024 год был наиболее прохладным (наименьшие САТ), 2025 год – самым тёплым и ранним (максимальные САТ и наибольшая длительность вегетации). Полученные фенологические данные имеют прямое практическое значение для районирования сортов, прогнозирования сроков технической зрелости и оптимизации уборочных работ в разных терруарах.

Полученные данные показывают, что оба сорта относятся к группам со средним и поздним созревaniem: Курчанский в зависимости от года и зоны характеризуется вегетационным периодом от 141 до 165 суток и САТ от 2530 до 3130 °С, что соответствует раннесредним или средним сортам; Гранатовый имеет более длительный период (155 – 179 суток) и более высокую САТ (2880 – 3360 °С), что позволяет отнести его к поздним или очень поздним сортам. Отмечены межгодовые и межзональные различия в сроках наступления фаз, обусловленные погодными условиями и особенностями терруара.

В ходе работы, установлено, что сроки наступления фаз вегетации и продолжительность периода созревания зависят как от сортовых особенностей, так и от зоны произрастания. Сорт Гранатовый в обеих зонах демонстрирует более позднее созревание по сравнению с Курчанским, при этом в Черноморской зоне оба сорта характеризуются более высокой суммой активных температур при несколько меньшей длительности вегетационного периода.

Таким образом, только комплексное применение фенологического мониторинга и биохимических критериев позволит объективно установить момент энологической зрелости винограда и гарантировать стабильное качество красных сухих вин.

3.1.2 Определение сроков уборки на основе физико-химических показателей качества винограда

На основании данных научных исследований, представленных учеными СКФНЦСВВ [39, 53, 55], можно выделить следующие ключевые изменения климата в Центральной виноградарской зоне Краснодарского края (г. Краснодар) и их прямое влияние на показатели сахаристости и кислотности винограда за последний климатический период (1991 - 2020 гг.) по сравнению с базовым периодом (1961 - 1990 гг.): зафиксирован статистически значимый рост среднегодовой температуры воздуха на 1,2 °С, достигший в 2024 г. абсолютного значения 14,3 °С.

Отмечается увеличение повторяемости экстремальных температурных явлений: максимальные температуры достигают критических значений +40 °С, а частота стрессовых температурных периодов (свыше +35 °С) возросла с 3 до 10 случаев за климатический период. Сумма активных температур (>10 °С) демонстрирует устойчивую положительную динамику, превысив в 2024 г. порог 4400 °С, при одновременном увеличении продолжительности вегетационного периода. Наблюдается изменение режима атмосферного увлажнения: при общем увеличении годовой суммы осадков на 5 % отмечается их неравномерное распределение в течение вегетационного сезона.

Указанные климатические изменения оказывают нелинейное воздействие на биохимические показатели винограда. В условиях умеренного потепления отмечается интенсификация накопления сахаров, однако при превышении температурного оптимума (>35 °С) происходит ингибирование фотосинтетической активности. Параллельно наблюдается прогрессирующее снижение массовой концентрации титруемых кислот, обусловленное

интенсификацией дыхательного метаболизма ягод и снижением концентрации яблочной кислоты (таблица 3).

Указанные изменения приводят к дисбалансу технологических показателей винограда, что требует разработки адаптивных агротехнологических решений.

Анализируя данные таблицы за шесть лет, с 2018 по 2025 г., по сортам Курчанский и Гранатовый, можно выделить следующие закономерности.

По срокам уборки видно, что сорт Гранатовый последовательно по годам созревал позже Курчанского. В большинстве лет его убрали в начале октября (04.10, 05.10, 10.10, 11.10.), в то время как Курчанский - почти всегда в конце сентября. Исключением стал 2022 г., когда оба сорта были убраны в один день, первого октября.

Что касается массовой концентрации сахаров винограда, то ее величина у сорта винограда Гранатовый была выше: этот показатель в сусле составил: 223 г/дм³ против 206 в 2018-м, 218 против 194 в 2020-м. Особенно ярко это различие проявилось в 2023 и 2024 гг., где его массовая концентрация сахаров составила 232 и 223 г/дм³ против 204 и 213 у сорта Курчанский. Единственным исключением стал 2021 г., когда у сорта Гранатовый массовая концентрация сахаров снизилась до 188 г/дм³, что было ниже, чем у сорта Курчанский (215 г/дм³).

Иная зависимость наблюдается для массовой концентрацией титруемых кислот. У сорта винограда Курчанский этот показатель практически всегда выше, что указывает на более высокую естественную кислотность, связанную с его генетическими особенностями. Например, в 2023 г. разница была максимальной: 8,5 г/дм³ против 6,5 г/дм³ у сорта Гранатовый.

Таблица 3 – Физико-химические характеристики винограда и вина исследуемых сортов, г. Краснодар, 2018-2025гг.

Год	Сорт	Виноград			Сухой виноматериал			
		Дата уборки	массовая концентрация сахаров, г/дм ³	массовая концентрация титруемых кислот, г/дм ³	объемная доля этилового спирта, %	массовая концентрация сахаров, г/дм ³	массовая концентрация титруемых кислот, г/дм ³	Дегустационная оценка, балл
2018	Курчанский	23.09	206±2,1	7,6±0,07	12,6±0,35	2,8±0,11	6,8±0,10	7,76±0,06
	Гранатовый	04.10.	223±1,3	7,1±0,04	13,6±0,50	1,9±0,03	6,1±0,06	7,96±0,09
2019	Курчанский	19.09.	208±2,0	7,6±0,07	12,7±0,20	2,7±0,08	6,4±0,12	7,83±0,13
	Гранатовый	29.09.	210±1,4	7,9±0,04	12,8±0,35	1,6±0,05	6,9±0,09	7,94±0,17
2020	Курчанский	20.09.	194±0,6	8,1±0,03	11,8±0,30	1,9±0,07	7,3±0,15	7,70±0,10
	Гранатовый	05.10.	218±1,8	7,3±0,03	13,3±0,55	0,2±0,02	6,1±0,07	7,95±0,12
2021	Курчанский	27.09.	215±1,3	6,8±0,08	13,1±0,40	1,7±0,04	5,8±0,04	7,66±0,06
	Гранатовый	29.09.	188±0,8	8,4±0,04	11,5±0,30	0,8±0,06	7,3±0,11	8,10±0,16
2022	Курчанский	27.09.	228±0,9	6,4±0,05	13,9±0,45	1,7±0,07	5,4±0,06	7,78±0,10
	Гранатовый	01.10.	202±1,6	7,8±0,05	12,3±0,40	1,7±0,03	6,8±0,08	7,94±0,14
2023	Курчанский	25.09.	204±1,6	8,5±0,03	12,4±0,25	1,4±0,05	7,0±0,05	7,67±0,06
	Гранатовый	10.10.	232±2,0	6,5±0,04	14,2±0,45	2,1±0,08	5,3±0,04	8,31±0,17
2024	Курчанский	27.09.	213±1,7	7,3±0,05	13,0±0,35	0,9±0,07	6,1±0,08	7,71±0,09
	Гранатовый	06.10.	223±0,8	6,1±0,04	13,6±0,50	0,3±0,01	5,3±0,07	8,20±0,11
2025	Курчанский	26.09.	221±2,0	6,9±0,02	13,3±0,60	0,4±0,02	6,5±0,13	7,83±0,07
	Гранатовый	11.10.	225±1,3	7,1±0,03	13,5±0,30	0,3±0,04	6,5±0,10	8,15±0,15

Выявленные различия оказывают существенное влияние на качество виноматериалов. Более высокая массовая концентрация сахаров в ягодах сорта Гранатовый позволяет получать вина с большей объемной долей этилового спирта: 13,6 % против 12,6 % в 2018-м г., 14,2 % против 12,4 % в 2023-м. При этом в готовом вине у него сохраняется меньшая массовая концентрация титруемых кислот, что, судя по дегустационным оценкам, является преимуществом. Почти во все годы наблюдений вино из сорта Гранатовый получало более высокие баллы (7,96; 7,94; 8,31), в то время как вина из сорта Курчанский стабильно набирали около 7,7 - 7,8 баллов. Исключение составил 2021 г., в котором вино из сорта Курчанский получило более высокую дегустационную оценку в сравнении с сортом Гранатовый (7,66 против 8,10 баллов).

На основании полученных материалов можно сделать вывод, что сорт Гранатовый, несмотря на более поздние сроки созревания, демонстрирует лучшие результаты по сахаронакоплению и позволяет производить вина с большей объемной долей этанола и, судя по дегустационным оценкам, более сбалансированные вина. Сорт винограда Курчанский, уступая по сахаристости, обладает более высокой кислотностью, что может быть, как его недостатком, так и преимуществом для производства определенных типов вин.

В то же время, анализ представленных данных за несколько лет по сортам Курчанский и Гранатовый свидетельствует о том, что традиционных показателей технологической зрелости винограда - массовой концентрации сахаров и титруемых кислот - оказывается недостаточно для комплексной оценки качества сырья и прогнозирования свойств виноматериала. Многолетняя динамика этих параметров демонстрирует их значительную изменчивость, обусловленную влиянием погодных условий вегетационного периода. Например, в отдельные годы наблюдается явное несоответствие между оптимумом сахаронакопления и органолептическим качеством вина. Так, у сорта Гранатовый в 2021 г. при массовой концентрации сахаров (188 г/дм³) виноматериал получил одну из самых высоких дегустационных оценок - 8,10 балла, что может говорить об определении

дополнительных компонентах зрелости - фенольных и ароматических веществ, которые достигли своего оптимума именно к этому сроку. Кроме того, отмечается высокая вариабельность кислотного баланса: колебания массовой концентрации титруемых кислот у одного сорта в разные годы могут достигать 2,0 г/дм³, что свидетельствует о сильном влиянии температурного и водного режимов на метаболизм органических кислот.

В связи с этим, для точного определения физиологической зрелости необходим мониторинг дополнительных показателей. Во-первых, важнейшим критерием является оценка фенольной зрелости, то есть зрелости танинов кожицы и косточек, поскольку незрелые танины придают вину излишнюю грубость и терпкость. Во-вторых, необходим контроль ароматического потенциала - анализ содержания предшественников аромата и метоксипиразинов, которые отвечают за формирование специфических тонов в вине. Однако рядом исследователей указывалось, что зрелость винограда и особенности сорта винограда являются наиболее определяющими переменными в содержании свободных аминокислот, накапливающихся в тканях ягод винограда [36, 111]. Поэтому для получения дополнительной информации об оптимальном времени сбора урожая важно оценить изменение концентрации аминокислот в процессе созревания винограда. Кроме этого, многие ученые отмечают корреляцию между синтезом аргинина как значимой аминокислоты для винограда и текущим содержанием растворимых сухих веществ при созревании ягод конкретного сорта [140].

Таким образом, для минимизации рисков и получения стабильно высококачественной продукции необходим комплексный мониторинг, включающий органолептическую оценку ягоды, оценку фенольной зрелости, анализ аминокислот и ароматических соединений. Такой подход позволит точнее определить точку сбора каждого сорта в конкретных погодных условиях года и существенно повысит предсказуемость и качество конечной продукции.

3.2 Исследование аминокислотного профиля винограда в процессе созревания

Некоторые аминокислоты являются предшественниками важных легколетучих соединений в винах, образующихся в результате ферментативного метаболизма дрожжей в процессе спиртового брожения.

Нами проводилась оценка содержания аминокислот в исследуемых сортах в вегетационный период 2023-2025 гг. (таблицы 4-5).

Результаты исследований показали, что степень зрелости ягод определяет эволюцию всех аминокислот. Анализируя данные за три года, отмечена закономерность, которая говорит о постоянном накоплении суммы аминокислот, при этом к предполагаемой точке созревания прирост данного показателя снижается.

По мере созревания с 3 декады августа по 1 декаду октября, наблюдается значительный рост суммарной массовой концентрации аминокислот: с 1321,6 до 2963,5 мг/дм³. Доминирующая роль принадлежит аминокислоте - пролину, содержание которого увеличивается с 488,3 мг/дм³ (3 декада августа) до 1809,1 мг/дм³ (1 декада октября), составляя более 60 % от общей суммы к октябрю. Большинство аминокислот демонстрируют положительную динамику роста концентрации: аргинин - резкий рост от 65 до 201 мг/дм³, треонин - стабильное увеличение с 89 до 198 мг/дм³, глютаминовая кислота - плавный прирост со 161,9 до 185,6 мг/дм³. Исключение составляют аминomásляная кислота (снижение с 20,1 до 12,4 мг/дм³), валин (снижение с 26,8 до 11,2 мг/дм³) и фенилаланин (снижение с 23,1 до 16,8 мг/дм³). Такая динамика этих аминокислот может говорить об их вовлечении в метаболизм виноградного растения и перераспределения концентраций в пользу других аминокислот, таких как пролин и аргинин.

Таблица 4 - Массовая концентрация аминокислот в виноградном сусле и виноматериалах сорта Курчанский, мг/дм³, Центральная зона виноградарства Краснодарского края, среднее 2023-2025 гг.

Аминокислота, мг/дм ³	Дата сбора, декада				
	3-я август	1-ая сентябрь	2-я сентябрь	3-я сентябрь	1-ая октябрь
сусло					
Аргинин	65,0±8,5	74,1±5,7	126,1±9,3	186,2±12,6	201,1±11,4
Серин	32,1±2,7	63,4±4,4	86,3±5,8	87,5±6,1	99,7±4,5
Треонин	89,3±5,6	101,0±7,6	145,7±10,8	188,1±13,7	198,2±17,7
Аланин	130,1±9,5	133,7±11,2	138,4±12,3	144,6±9,8	148,4±11,9
Аминомасля- ная кислота	20,1±1,2	19±1,0	17,3±0,8	15,6±1,1	12,4±0,4
Аспарагиновая кислота	95,2±3,7	90,4±2,9	84,4±6,3	75,7±5,3	66,4±6,2
Валин	26,8±1,8	24,7±2,0	19,6±1,6	15,3±0,9	11,2±0,7
Глутаминовая кислота	161,9±13,5	166,1±12,7	171,5±14,4	178,2±13,8	185,6±15,3
Гистидин	7,2±0,3	7,6±0,5	8,2±0,7	8,9±0,7	9,9±1,1
Лейцин	52,1±4,6	53,7±4,7	55,3±5,9	58,1±4,8	60,5±6,2
Лизин	55,2±4,9	59,4±6,1	65,3±5,5	69,8±7,2	75,2±6,0
Тирозин	22,5±1,8	23,8±1,9	25,3±2,8	28,1±2,2	31,2±2,6
Фенилаланин	23,1±1,9	21,8±2,2	20,4±1,5	18,8±1,4	16,8±2,1
Метионин	32,1±2,8	31,1±3,3	29,4±2,4	27,6±2,9	23,8±2,0
Цистеин	21,3±1,7	20,4±2,3	19,3±1,6	17,9±1,6	15,1±1,2
Пролин	488,3±37,7	786,7±74,9	902,1±86,5	1605,8±148,7	1809,1±161,3
Всего	1321,6±115	1675,3±134	1913±177	2723,7±246	2963,5±265
виноматериал					
Аргинин	10,3±0,6	13,2±0,6	15,7±1,1	21,2±1,7	25,7±2,3
Серин	1,0±0,2	1,0±0,1	0,9±0,1	0,8±0,1	0,8±0,1
Треонин	4,2±0,5	4,2±0,3	4,4±0,6	4,7±0,5	4,9±0,6
Аланин	22,8±1,8	22,1±2,0	21,5±1,9	20,9±2,3	19,8±1,7
Аминомасляная кислота	8,5±1,1	7,7±0,9	5,4±0,7	3,8±0,5	1,5±0,3
Аспарагиновая кислота	2,1±0,2	3,6±0,5	5,3±0,6	7,3±0,8	9,7±1,1
Валин	1,2±0,1	1,2±0,1	1,3±0,2	1,5±0,2	1,5±0,1
Глутаминовая кислота	15,6±1,3	16,8±1,8	18,5±2,0	20,6±1,9	23,1±2,4
Гистидин	1,0±0,2	1,2±0,2	1,1±0,1	1,1±0,2	1,2±0,1
Лейцин	1,8±0,3	2,3±0,3	2,9±0,3	3,7±0,4	4,9±0,6
Лизин	2,7±0,2	2,9±0,3	3,2±0,3	3,7±0,3	4,3±0,4
Тирозин	2,8±0,2	2,9±0,3	3,1±0,3	3,4±0,4	3,7±0,4
Фенилаланин	0,3±0,1	0,3±0,1	0,3±0,1	0,4±0,1	0,5±0,1
Метионин	19,2±1,5	18,6±1,6	17,9±1,8	16,9±1,8	15,5±1,4
Цистеин	41,2±3,7	39,2±3,4	36,4±3,8	33,3±3,0	27,3±2,5
Пролин	532,5±49,8	811,3±75,6	1104,1±106	1037,2±94	976,4±87
Всего	666,7±62	948,4±91	1241,9±116	1180,3±104	1120,1±101

Проведение брожения заметно снизило общую массовую концентрацию аминокислот - в 2 – 2,5 раза, например, с максимального значения, накопленного виноградом на 03 октября 2963,5 мг/дм³ концентрация снизилась до 1120,1 мг/дм³. В этом случае надо отметить, что пролин сохраняет высокие значения от 532,0 до 1104,0 мг/дм³ в виноматериалах из винограда разной степени зрелости, и его доля возрастает до 80–90 %. Увеличение массовой концентрации отмечено также для цистеина - (виноматериал 41,2 мг/дм³ на 24.08), в сусле его концентрация не превышала 21,3 мг/дм³.

В период брожения отмечено снижение концентраций некоторых аминокислот вплоть до следовых количеств: серин - с 99 до 0,8 мг/дм³ (-99 %), фенилаланин - с 16,8 до 0,5 мг/дм³ (-97 %), треонин - с 198,2 до 4,9 мг/дм³ (-98 %).

При исследовании динамики аминокислот в сусле винограда сорта Гранатовый при созревании, отмечались следующие изменения:

- медленное накопление пролина с 161,0 до 871,0 мг/дм³ (+441 %) против +271 % у Курчанского;
- снижение массовой концентрации аминomásляной кислоты всего на 8 % (с 22,3 до 20,5 мг/дм³) против 38 % у Курчанского, что может указывать на устойчивость растения к стрессам в период созревания.

Для некоторых аминокислот наблюдалось понижение их массовой концентрации к 1-ой декаде октября. В частности, содержание валина, фенилаланина, метионина, цистеина, аминomásляной и аспарагиновой кислот в сусле сорта Курчанский снижалось на 2,0-8,7 мг/дм³. Концентрация этих же аминокислот в сусле сорта Гранатовый уменьшалась на 0,6 - 14 мг/дм³. Эти изменения, а также возможная волнообразная динамика накопления данных веществ в винограде может свидетельствовать об активном их участии в биохимических процессах, например, в построении белковых компонентов. В полученных виноматериалах из сорта Курчанский период замедления прироста аминокислот короче по времени, что является еще одним признаком более раннего его созревания относительно сорта Гранатовый.

Таблица 5 - Массовая концентрация аминокислот в виноградном сусле и виноматериалах сорта Гранатовый, мг/дм³, Центральная зона виноградарства Краснодарского края, среднее за 2023-2025 гг.

Аминокислота, мг/дм ³	Дата сбора, декада				
	3-я август	1-ая сентябрь	2-я сентябрь	3-я сентябрь	1-ая октябрь
сусло					
Аргинин	45,0±4,1	68,0±5,6	91,0±9,3	152,0±12,4	183,0±15,6
Серин	12,0±0,8	35,0±3,1	46,0±4,8	51,0±4,6	59,0±6,2
Треонин	44,0±3,9	74,0±7,2	89,0±8,6	105,0±9,3	149,0±12,2
Аланин	87,0±7,6	92,5±8,8	97,8±8,6	105,4±9,5	114,7±10,4
Аминомасляная кислота	22,3±2,5	21,9±1,7	21,5±1,9	21,1±1,8	20,5±2,1
Аспарагиновая кислота	112,0±11,4	104,1±10,7	96,2±9,1	87,1±7,7	73,1±7,1
Валин	38,0±3,3	35,7±3,2	31,3±2,9	28,4±3,0	23,0±2,5
Глутаминовая кислота	133,7±13,6	142,5±13,6	151,0±14,9	161,8±15,7	176,6±18,0
Гистидин	8,5±1,0	8,7±1,1	8,9±0,8	9,3±1,0	9,7±1,1
Лейцин	47,0±4,2	49,7±5,0	53,3±5,0	56,8±5,3	62,0±6,3
Лизин	63,3±6,1	68,5±7,0	74,7±7,7	78,8±7,6	82,1±8,3
Тирозин	18,0±1,6	19,8±2,1	22,2±2,1	24,8±2,6	27,7±2,5
Фенилаланин	22,0±2,0	20,8±1,9	19,6±2,2	18,0±2,0	16,0±1,7
Метионин	35,7±3,4	33,5±3,1	31,5±3,3	29,0±2,8	24,8±2,7
Цистеин	18,9±1,8	17,8±1,9	16,5±1,5	15,5±1,6	13,4±1,2
Пролин	161,0±13	456,0±42	501,0±46	720,0±67	871,0±81
Всего	868,4±79	1248,5±125	1351,5±127	1664,0±153	1505,6±146
виноматериал					
Аргинин	8,3±0,9	9,8±1,1	12,7±1,4	17,1±1,8	21,0±2,3
Серин	0,7±0,1	0,6±0,1	0,6±0,1	0,4±0,1	0,4±0,1
Треонин	9,8±0,8	13,2±1,0	16,8±1,5	19,4±2,1	23,6±2,5
Аланин	15,2±1,7	16,1±1,6	16,9±1,6	17,5±1,8	18,2±1,9
Аминомасляная кислота	7,8±0,9	7,2±0,8	6,7±0,7	5,9±0,7	4,9±0,6
Аспарагиновая кислота	13,4±1,5	14,3±1,4	15,0±1,5	16,7±1,8	18,0±1,7
Валин	3,2±0,3	3,5±0,4	3,8±0,3	4,3±0,4	5,0±0,5
Глутаминовая кислота	21,4±2,2	23,0±2,4	24,7±2,4	26,5±2,5	29,0±2,7
Гистидин	0,7±0,1	0,7±0,1	0,8±0,1	0,8±0,1	0,9±0,1
Лейцин	1,2±0,1	1,8±0,2	2,5±0,2	3,4±0,3	4,4±0,5
Лизин	2,3±0,2	2,8±0,3	3,3±0,3	4,1±0,3	5,1±0,5
Тирозин	2,0±0,2	2,2±0,2	2,6±0,3	2,9±0,3	3,4±0,4
Фенилаланин	0,2±0,1	0,2±0,1	0,3±0,1	0,4±0,1	0,6±0,1
Метионин	17,2±1,5	15,9±1,5	14,7±1,5	13,2±1,4	11,0±1,0
Цистеин	33,6±3,5	31,8±3,3	29,4±3,1	27,0±2,6	24,7±2,6
Пролин	227,0±25	388,0±32	557,0±50	736,0±64	638,0±65
Всего	364,0±40	531,1±48	707,8±72	895,6±93	808,2±84

Следовательно, динамика накопления аминокислот в контексте нашего исследования является важным критерием степени вызревания на конкретных сортах винограда, произрастающих в определенной зоне виноградарства в определенных климатических условиях.

Исследования показали, что содержание аминокислот в сусле и виноматериалах определяется сортовой особенностью винограда (16 аминокислот и более), что не удобно для оценки зрелости винограда и формирования более точного вывода. Необходимо выделить из перечня определяемых аминокислот несколько характерных - объективных, например, по отношению к винным дрожжам – легко потребляемых, а также имеющих высокие массовые концентрации в ягоде и в вине. В этом случае выбранный объективный аминокислотный профиль будет более информативен.

Для оценки влияния степени созревания ягод винограда на динамику формирования аминокислотного профиля нами были выделены в качестве основных следующие аминокислоты – легко потребляемые винными дрожжами – аргинин, серин, треонин и непотребляемый в нормальных, анаэробных условиях ферментации – пролин (таблица 6, рисунок 8).

Исследование данного аминокислотного профиля в сортах винограда показало, что увеличение массовой концентрации аминокислот происходило в течение всего периода активного созревания винограда. Установлено, что к моменту уборки, когда ягода достигает энологической зрелости, динамика накопления аминокислот замедлялась, а в период перезревания (вторая – третья декада октября) практически не изменялась, что объясняется естественной потерей влаги в ягоде.

В виноматериалах, полученных из исследуемых сортов винограда, собранного в различные даты, также отмечена тенденция увеличения общего количества аминокислот по мере созревания винограда (таблица 6).

Для сорта Курчанский значения представлены по пяти срокам: с третьей декады августа по первую декаду октября.

Таблица 6 – Массовая концентрация аминокислот в виноградном сусле исследуемых сортов, мг/дм³, Центральная зона виноградарства Краснодарского края, урожай 2024 г.

Аминокислота	Дата сбора, декада						
	3-я август	1-ая сентябрь	2-я сентябрь	3-я сентябрь	1-ая октябрь	3-я август	1-ая сентябрь
Курчанский							
Аргинин	65,1±8,3	74,1±5,7	126,3±9,3	186,2±12,6	201,1±11,4	-	-
Серин	32,3±2,7	63,7±4,4	86,4±5,8	87,5±6,1	99,7±4,5	-	-
Треонин	89,5±5,6	101,2±7,6	145,3±10,8	188,1±13,7	198,2±17,7	-	-
Пролин	488,3±37,7	786,4±74,9	902,1±86,5	1605,8±148,7	1809,1±161,3	-	-
Гранатовый							
Аргинин	45,1±4,1	68,3±5,6	91,0±9,3	152,0±12,4	183,0±15,6	202,3±18,9	211,4±20,5
Серин	12,0±0,8	35,2±3,1	46,0±4,8	51,0±4,6	59,0±6,2	67,0±6,3	74,2±7,0
Треонин	44,1±3,9	74,1±7,2	89,0±8,6	105,0±9,3	149,0±12,2	165,1±156,3	171,2±16,4
Пролин	161,7±13	456,8±42	501,0±46	720,0±67	871,0±81	952,3±91,3	1105,5±102,7

Концентрация аргинина возрастает с 65,1±8,3 мг/дм³ (3-я декада августа) до 201,1±11,4 мг/дм³ (1-я декада октября). Серин увеличивается с 32,3±2,7 до 99,7±4,5 мг/дм³, треонин – с 89,5±5,6 до 198,2±17,7 мг/дм³. Наиболее заметный рост отмечен для пролина: с 488,3±37,7 до 1809,1±161,3 мг/дм³, то есть более чем в 3,7 раза.

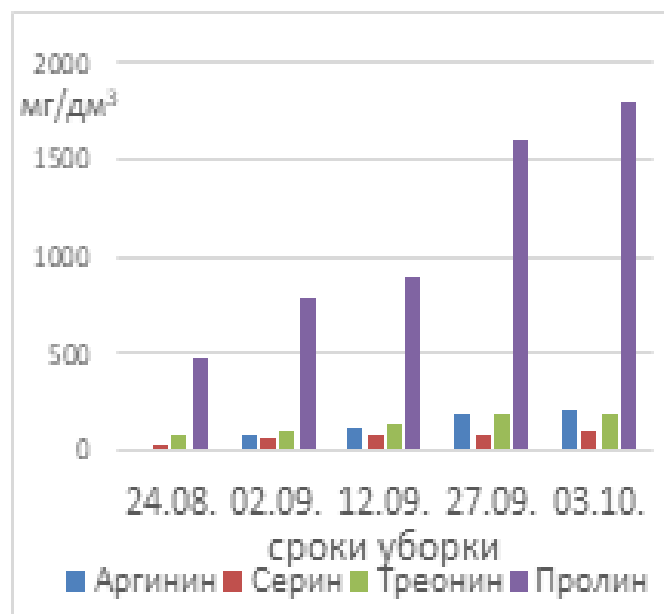
Для сорта Гранатовый также зафиксировано последовательное накопление всех четырёх аминокислот при созревании. Аргинин повышается с 45,1±4,1 мг/дм³ (3-я декада августа) до 183,0±15,6 мг/дм³ (1-я декада октября), серин – с 12,0±0,8 до 59,0±6,2 мг/дм³, треонин – с 44,1±3,9 до 149,0±12,2 мг/дм³, пролин – с 161,7±13 до 871,0±81 мг/дм³. Кроме того, в таблице для сорта Гранатовый дополнительно приведены значения за ещё более поздние сроки – третью декаду августа и первую декаду сентября (вероятно, следующего года или повторного отбора), где концентрации продолжают расти: аргинин достигает 211,4±20,5

мг/дм³, серин – $74,2 \pm 7,0$ мг/дм³, треонин – $171,2 \pm 16,4$ мг/дм³, пролин – $1105,5 \pm 102,7$ мг/дм³.

Таким образом, полученные данные показали устойчивую положительную динамику накопления выделенных аминокислот в процессе созревания ягод, причём темпы прироста у сорта Курчанский выше, чем у Гранатового, особенно по пролину и аргинину (рисунок 8).



а)



б)

Рисунок 8 – Массовая концентрация свободных аминокислот в виноградном сусле винограда сортов Курчанский (а) и Гранатовый (б)

Таким образом, полученные данные полного аминокислотного состава (16 аминокислот) и выборочного (4 аминокислоты) показали схожую динамику накопления аминокислот в ягоде, что позволяет предложить использование последних для определения степени зрелости винограда.

3.3 Исследование фенольного комплекса винограда красных сортов в различной степени зрелости

Определение общей фенольной зрелости – вопрос достаточно сложный, требующий индивидуального подхода, учитывающего как сортовые особенности винограда, так и ряд других факторов. Кроме того, рост инсоляции и средняя урожайность играют важную роль в созревании лозы и формировании качественных виноградных гроздей и влияет на синтез фенолов. Наличие достаточной влажности, а также умеренная урожайность содействуют накоплению фенольных веществ и танинов в красных сортах винограда. Помимо этого, содержание полифенолов в ягодах винограда зависит от содержания азота в почве, особенно в виде нитратов и нитритов; болезни винограда не только снижают его качество, но и существенно уменьшают содержание в нем фенольных веществ [141]. Таким образом, определение оптимального срока сбора урожая является решающим при стремлении получить более качественные вина [26, 142].

Оба срока созревания, технологический и фенольный, достигаются не одновременно, напротив, они имеют тенденцию разделяться в зависимости от погодных факторов от сорта винограда, агротехники.

Оценка динамики фенольного комплекса сорта Курчанский в Центральной зоне виноградарства Краснодарского края, в 2021–2023 гг. показала, что, массовая концентрация фенольных веществ последовательно возрастала с 1103,2 мг/дм³ (3 декада августа) до максимума 2514,7 мг/дм³ к 1 декаде октября (+128 % за 40 сут.), что соответствует активной фазе биосинтеза полифенолов. Последующий сбор во 2-ой декаде октября выявил снижение до 2373,2 мг/дм³ (-5,6 %), а к 3-ей декаде октября – частичное восстановление до 2422,3 мг/дм³, что говорит об остановке накопления данных веществ (таблица 7).

Технологический запас красящих веществ достиг пика 734,8 мг/дм³ к 3 декаде сентября (+166 % к старту) с последующим ростом до 758,7 мг/дм³ (3 октября). Ко 2-ой декаде октября зафиксировано его снижение на 7,3 % (703,4 мг/дм³), а к 3-ей декаде октября – снижение до 677,2 мг/дм³ (-10,8 % от максимума).

Результаты анализа содержания фенольных веществ в сусле винограда сорта Гранатовый, выращенного в Центральной зоне виноградарства Краснодарского края, в период сбора урожая 2021 - 2023 гг. показали более высокие темпы изменения содержания ФВ в зависимости от даты уборки по сравнению с виноградом сорта Курчанский.

Таблица 7 - Массовая концентрация фенольных веществ в сусле винограда исследуемых сортов, Центральная зона Краснодарского края, 2021-2023 гг.

№	Дата уборки	Массовая концентрация фенольных веществ, мг/дм ³		Технологический запас красящих веществ, мг/дм ³	
		Курчанский	Гранатовый	Курчанский	Гранатовый
1	3 декада августа	1103,2±9,0	1647,1±9,1	276,5±1,3	373,2±1,1
2	1 декада сентября	1427,4±7,2	1887,6±11,4	403,6±3,2	547,6±1,3
3	2 декада сентября	1933,2±5,6	2349,5±12,3	628,8±5,1	811,6±3,0
4	3 декада сентября	2479,6±11,0	2955,8±10,2	734,8±2,2	863,8±5,3
5	1 декада октября	2514,7±9,2	3295,4±8,9	758,7±3,1	923,4±4,1
6	2 декада октября	2373,2±7,1	3732,4±15,2	703,4±2,4	941,4±2,8
7	3 декада октября	2422,3±12,1	3531,1±12,9	677,2±3,2	875,3±5,4

Виноград раннего сбора (3 декада августа) характеризовался наименьшими значениями: массовая концентрация суммы фенольных веществ составила 1647,1 мг/дм³, а технологический запас красящих веществ - 373,2 мг/дм³. К 1-й декаде сентября отмечен рост ТЗ до 1887,6 мг/дм³ и 547,6 мг/дм³ соответственно. Значительное увеличение ТЗ наблюдалось к 12-му сентября (2349,5 мг/дм³ и 811,6 мг/дм³), достигнув максимума массовой концентрации суммы фенолов к 20 октября (3732,4 мг/дм³), при этом технологический запас красящих веществ

достиг пика к 1-й декаде октября (923,4 мг/дм³) и оставался близким к наибольшему значению (941,4 мг/дм³) к 20-му октября. Поздний сбор урожая в 3-ей декаде октября привел к снижению величин обоих показателей: массовая концентрация суммы фенольных веществ уменьшилась до 3531,1 мг/дм³, а технологический запас красящих веществ - до 875,3 мг/дм³. Представленные данные демонстрируют устойчивую тенденцию к накоплению фенольных и красящих соединений в сусле по мере созревания винограда (с августа по октябрь) с последующим снижением при перезревании (ноябрь).

Проведена оценка гликозидного комплекса винограда сорта Курчанский в зависимости от сроков уборки. Результаты исследований (таблица 8) показали, что в свежем винограде присутствует фаза активного синтеза (с 3-ей декады августа по 1 декаду октября), при этом мальвидин моногликозид демонстрирует экспоненциальный рост: с 8,3 мг/дм³ (24.08) до 65,1 мг/дм³ (03.10), увеличиваясь на 684 %. Уровень моногликозида петунидина достигает максимума позже других показателей (8,6 мг/дм³ к 20.10), что подтверждает устойчивость окраски к побурению и окислению благодаря наличию активной метоксильной группы.

Дигликозиды (пеонидин, мальвидин) синхронизированы с моногликозидами: рост до 5,5 мг/дм³ и 5,1 мг/дм³ соответственно до 1-ой декады октября. Установлено заметное снижение массовой концентрации мальвидина моногликозида с 65,1 до 56,0 мг/дм³ (-14 %), что может быть обусловлено активацией полифенолоксидаз и фотодеструкцией. Отмечена также устойчивость петунидина - минимальные потери среди моногликозидов (8,6 → 6,8 мг/дм³, -21 % против -30 % у дельфинидина). Для дигликозидов была характерна меньшая чувствительность к распаду во время перезревания (мальвидин дигликозид: 5,2 → 4,0 мг/дм³, -23 %), возможно, из-за стабилизирующего эффекта гликозидных связей.

Анализ гликозидного комплекса винограда сорта Гранатовый в зависимости от сроков уборки показал, что массовая концентрация мальвидин моногликозида демонстрирует экспоненциальный рост: с 15,3 мг/дм³ (24.08) до 78,4 мг/дм³ (1-я декада октября), увеличиваясь на 412 % (таблица 9). Пик массовой концентрации

совпадает с технологической зрелостью, что подтверждают данные органолептического анализа (таблица 10).

Таблица 8 - Динамика изменения концентрации компонентного состава фенольного комплекса в сусле винограда сорта Курчанский, Центральная зона Краснодарского края, 2021-2023 гг.

Дата сбора	Моногликозиды					Дигликозиды	
	дельфинидин	цианидин	петунидин	пеонидин	мальвидин	пеонидин	мальвидин
3 декада августа	-	-	1,4±0,2	1,9±0,2	8,3±0,3	0,7±0,1	0,5±0,1
1 декада сентября	0,4±0,1	0,5±0,1	2,6±0,1	3,1±0,2	39,1±1,7	2,2±0,1	1,1±0,1
2 декада сентября	2,7±0,2	1,2±0,1	5,4±0,3	5,2±0,2	57,3±3,3	3,7±0,1	3,2±0,2
3 декада сентября	4,4±0,1	1,8±0,2	7,5±0,4	5,8±0,2	64,2±1,2	5,3±0,1	4,7±0,2
1 декада октября	6,5±0,4	1,6±0,1	8,2±0,3	6,3±0,2	65,1±2,3	5,5±0,1	5,1±0,3
2 декада октября	6,3±0,2	1,5±0,1	8,6±0,5	5,9±0,2	58,7±4,1	4,8±0,1	5,2±0,3
3 декада октября	5,8±0,2	1,2±0,1	6,8±0,3	5,0±0,2	56,0±2,6	4,8±0,3	4,0±0,1

Установлено, что дигликозиды начинают активно накапливаться со 2-ой декады сентября: массовая концентрация мальвидин дигликозида растёт с 1,4 до 8,4 мг/дм³ (+500 %), что характерно для сортов с высоким фенольным потенциалом.

Таблица 9 - Динамика изменения концентрации компонентного состава фенольного комплекса в сусле винограда сорта Гранатовый, Центральная зона Краснодарского края, 2021-2023 гг.

Дата сбора	Моногликозиды					Дигликозиды	
	дельфинидин	цианидин	петунидин	пеонидин	мальвидин	пеонидин	мальвидин
3 декада августа	-	0,2±0,1	-	1,9±0,1	15,3±0,6	-	0,2±0,1
1 декада сентября	2,0±0,1	0,5±0,1	2,6±0,1	3,1±0,1	29,1±0,9	-	1,4±0,1
2 декада сентября	4,3±0,2	0,8±0,1	5,4±0,2	5,2±0,1	57,3±3,4	1,1±0,1	3,2±0,1
3 декада сентября	6,0±0,2	1,3±0,1	8,3±0,3	6,7±0,3	72±4,2	4,1±0,1	5,2±0,3
1 декада октября	9,5±0,6	1,7±0,1	11,4±0,7	7,3±0,2	78,4±3,6	7,2±0,3	8,4±0,3
2 декада октября	9,0±0,3	1,7±0,1	11,6±0,6	7,1±0,4	67,3±4,8	6,8±0,3	7,7±0,2
3 декада октября	9,1±0,4	1,5±0,1	10,1±0,5	6,4±0,2	61,7±2,8	6,9±0,3	7,3±0,3

Проведённые исследования фенольных соединений показали, что виноград сорта Гранатовый превосходит сорт Курчанский по фенольному потенциалу (+33,4 % красящих веществ), отмечен интенсивный синтез дигликозидов (со следовых количеств до 7,7 мг/дм³ за сезон) и доминирование стабильных метоксилированных форм (мальвидин + петунидин - 89,8 мг/дм³).

Проведенная дегустация показала, что виноматериалы характеризовались сортовым, ягодным ароматом, с чистым вкусом и не имели посторонних тонов и пороков (рисунок 9).

По результатам, представленным на рисунке 9, для сорта Курчанский установлено, что максимальная массовая концентрация фенольных веществ (2479–2515 мг/дм³) достигается к третьей декаде сентября, и именно в этот же период фиксируется наивысшая дегустационная оценка (7,8–8,1 балла). Более ранние сроки уборки сопровождаются недобором фенолов и более низкими баллами, а при перезревании (первая декада октября и позже) содержание фенольных соединений начинает снижаться, и вкусовые характеристики вина ухудшаются.

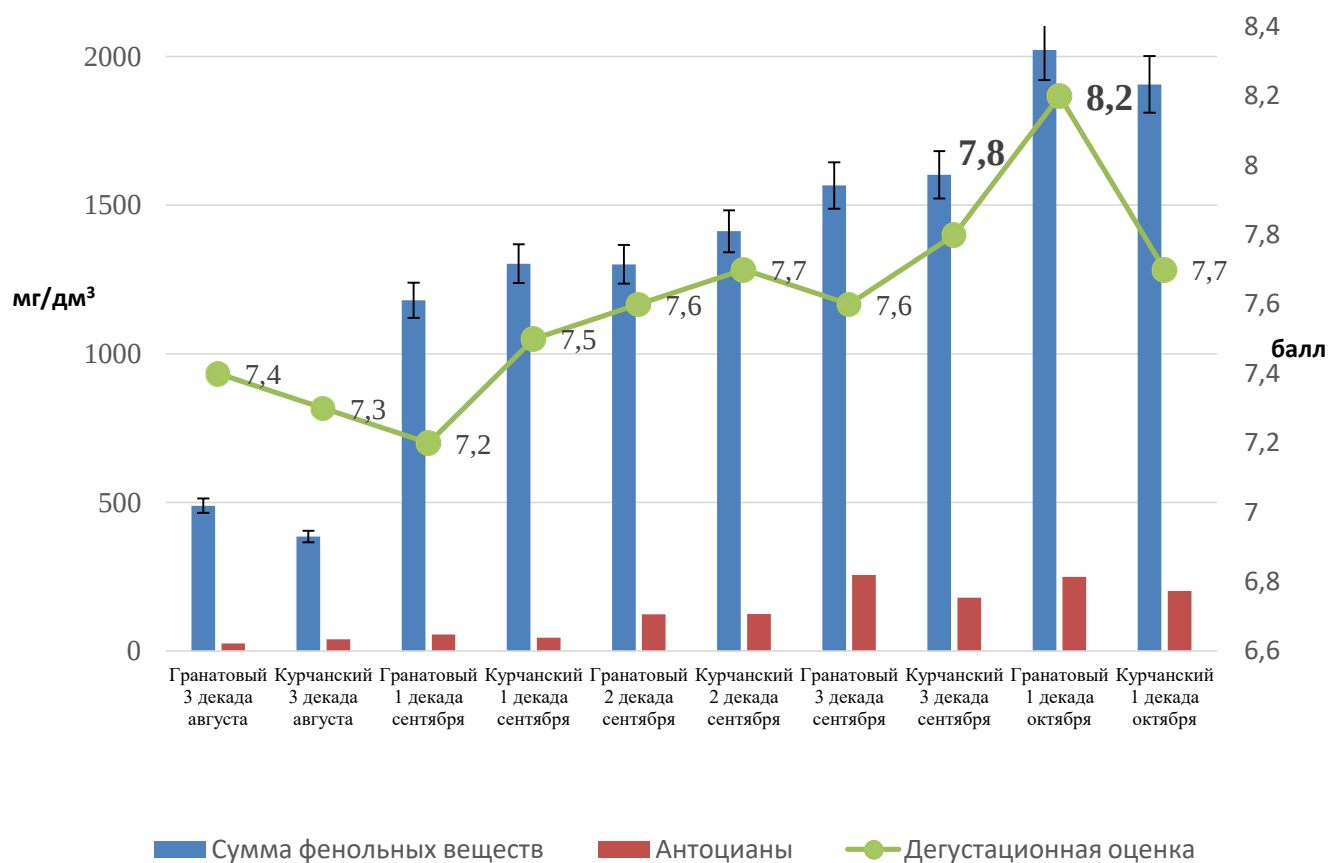


Рисунок 9 – Массовая концентрация фенольных веществ в винах и дегустационная оценка с учетом сроков уборки, центральная зона виноградарства Краснодарского края, среднее за 2021-2023 гг.

Для сорта Гранатовый характерен более поздний пик фенольной зрелости: концентрация фенолов продолжает возрастать вплоть до первой декады октября (достигая около 3295 мг/дм³), однако максимальная дегустационная оценка (8,2–8,4 балла) наблюдается именно в этот период, а не в момент абсолютного максимума фенольных веществ. Более поздний сбор (вторая-третья декада октября) ведёт к избыточной танинности, появлению горечи и снижению оценки, несмотря на сохраняющийся высокий уровень фенолов.

Таким образом, показано, что оптимальное качество вина определяется не просто максимальным накоплением фенольных соединений, а достижением их сбалансированного состояния, характерного для конкретного сорта: для Курчанского это конец сентября, для Гранатового — начало октября.

К середине сезона (2-3-я декады сентября) в виноматериалах проявились сортовые особенности: в виноматериалах из сорта Курчанский появилась насыщенность, бархатистость, достигнута гармония вкуса и аромата (пик в 3-ю декаду); а в виноматериалах из сорта Гранатовый вкус становится чистым, свежим с долгим послевкусием, аромат — ягодно - черносливым, но полное созревание для него не достигнуто.

В виноматериалах, произведенных из винограда сорта Курчанский, собранного в первой декаде октября, сохраняется высокое качество (7,7 балла), но аромат упрощается (паслен, сухофрукты). В виноматериалах из сорта Гранатовый органолептическая оценка достигает наибольшей оценки (8,2): вкус характеризуется полнотой, танинностью, гармонией.

В дальнейшем в виноматериалах из винограда сбора 2-й и 3-й декад октября (этап перезревания):

- из сорта Курчанский появились негативные изменения - луковичные оттенки цвета, горчинка и жесткость/спиртуозность во вкусе (оценка падает до 7,5 балла);

Таблица 10 - Влияние сроков уборки винограда на органолептические показатели виноматериалов, центральная зона виноградарства Краснодарского края, 2021-2023 гг.

Дата сбора, декада	сорт Курчанский		Сорт Гранатовый	
	Органолептическая характеристика виноматериала	Дегустационная оценка, средний балл	Органолептическая характеристика виноматериала	Дегустационная оценка, средний балл
3-я, август	Цвет светло-красный, с фиолетовыми оттенками. Аромат молодой, чистый, ягодно-растительный (травянистый), выраженные гибридные тона. Вкус облегченный, ягодно-растительный, излишне танинный, резко-свежий недостаточно бархатистый.	7,3	Цвет темно-красный, фиолетовый оттенок. Аромат ягодный, с тонами гороха. Вкус чистый, легкий, простой с «зеленой кислотностью».	7,4
1-я, сентябрь	Цвет красный, с легкими фиолетовыми оттенками. Аромат приглушенный (вишня, терн), больше гибридного. Вкус резкий, свежий, грубый.	7,5	Цвет темно-красный. Аромат ягодно-фруктовый, простой с оттенками трав и зеленого гороха. Вкус чистый, легкий, чрезмерно свежий.	7,2
2-я сентябрь	Цвет светло-рубиновый. Аромат сортовой, насыщенный, яркий, но с оттенками зеленых луговых трав. Вкус насыщенный, бархатистый, свежий.	7,7	Цвет темно-рубиновый. Аромат ягодно-черносливовый, достаточно простой, тона зеленых трав. Вкус чистый, легкий, свежий, с долгим свежим послевкусием.	7,6
3-я сентябрь	Цвет рубиновый, интенсивный. Аромат насыщенный, ягодный с тонами паслена и легкими оттенками сухофруктов и молочных сливок. Вкус гармоничный, полный, танинно-бархатистый. Полное сочетание вкуса и аромата.	7,8	Цвет рубиновый. Аромат ягодный с оттенками чернослива, ежевики, калины. Вкус полный, танинный с долгим послевкусием.	7,6
1-я октябрь	Цвет темно-рубиновый. Аромат насыщенный, пасленовый с оттенками сухофруктов. Вкус полный, бархатистый, с горечью, отсутствие баланса между кислотой и полнотой.	7,7	Цвет темно-рубиновый. Аромат ягодный с оттенками чернослива, ежевики, малины с отчетливыми сливочными оттенками. Вкус полный, танинный, с долгим бархатистым послевкусием.	8,2
2-я октябрь	Цвет гранатовый, с легкими луковичными оттенками. Аромат ягодный (вишня, терн). Вкус ягодно-фруктовый, танинный, бархатистый, с выраженной горчинкой.	7,5	Цвет темно-рубиновый. Аромат с оттенками чернослива, ежевики, сложный, оттенки сливок. Во вкусе появилась горечь, несмотря на это, мягкость и продолжительное послевкусие.	7,8
3-я октябрь	Цвет гранатовый, с луковичными оттенками. Аромат ягодный (вишня). Вкус жесткий, чрезмерная жесткость, спиртуозность	7,5	Цвет темно-рубиновый с кирпичным оттенком в бокале. Горчинка во вкусе отчетливая.	7,8

- из сорта Гранатовый - отчетливая горчинка во вкусе (2-я декада) и кирпичный оттенок цвета, который проявляется в 3-ю декаду, хотя аромат становится сложнее (оттенки сливок), а послевкусие сохраняется. Оценка Гранатового стабильна -7.8 балла, однако вкус ухудшается из-за выраженной горечи.

В результате проведенных исследований выявлены следующие различия между сортами:

- Курчанский: достигает оптимальной зрелости раньше (конец сентября), имеет более сложный и эволюционирующий аромат (травянистый -> гибридный -> сортовой -> паслен/сухофрукты/сливки -> вишня/терн). Пик вкуса - гармоничный, бархатистый. Сильнее страдает от перезревания - жесткость, спиртуозность, горчинка, луковичные тона;

- Гранатовый: достигает оптимальной зрелости позже (начало октября). Аромат в целом сложный, стабильно ягодный с эволюцией оттенков (простой ягодный -> чернослив/ежевика/калина -> сливки). Пик вкуса - полный, танинный. Лучше переносит поздние сроки сбора, сохраняя оценку, хотя с явным появлением горечи и изменением цвета.

Исследования показали, что сроки уборки критически влияют на органолептические характеристики вин. Для сорта Курчанский оптимален конец сентября, для Гранатового - начало октября. Перезревание ведет к деградации вкуса (жесткость, спиртуозность, горечь) и нежелательным изменениям цвета у обоих сортов, особенно у Курчанского.

3.4 Динамика органических кислот в винограде исследуемых сортов при его созревании

В большинстве случаев качество винограда определяют именно органические кислоты и сахара. На начальных этапах роста ягод изменения в содержании кислот и сахаров незначительны. С началом созревания начинается интенсивное накопление сахаров и снижение концентрации кислот. До начала созревания содержание кислот увеличивается, после чего наступает уменьшение, причем вначале более резкое, а затем равномерное. Органические кислоты по сути определяют общую титруемую кислотность [15, 44]. Учитывая различные сроки созревания исследуемых, накопление фенольных соединений в сортах винограда, представляет большой интерес исследование динамики органических кислот в процессе их созревания.

В сусле сорта Курчанский наблюдается выраженная, характерная, сезонная динамика органических кислот. Массовая концентрация винной кислоты, доминирующей в составе, снижается на 40 – 50% от августа к октябрю с начальных 6,8 – 7,6 г/дм³ до 3,9 – 4,0 г/дм³. Наиболее интенсивное снижение концентрации происходит в сентябре, особенно в 2022 г. (7,6 г/дм³) (таблица 11).

Яблочная кислота деградирует ещё быстрее – на 60 – 65%, снижаясь с 3,5 – 4,5 г/дм³ в августе до 1,5 – 1,8 г/дм³ к октябрю, причём в 2023 г. зафиксирован абсолютный минимум (1,5 г/дм³).

Лимонная кислота появляется только с сентября (0,1 – 0,2 г/дм³) и растёт к октябрю, достигая максимума в 2021 г. (0,5 г/дм³).

Массовая концентрация молочной кислоты стабильно низкая (0,1 – 0,3 г/дм³), а янтарной демонстрирует хаотичные колебания (0,1–0,6 г/дм³).

Для сорта Курчанский характерны: высокий стартовый уровень винной кислоты, стремительная потеря яблочной кислоты в сентябре и поздняя аккумуляция лимонной. На основании вышеописанной динамики, можно

прогнозировать оптимальный срок уборки для сохранения кислотности – вторая половина сентября.

Таблица 11 - Массовая концентрация органических кислот суслу сорта Курчанский, центральная зона виноградарства Краснодарского края, 2021-2023 гг.

Срок уборки, декада	Массовая концентрация органических кислот, г/дм ³				
	лимонная	винная	яблочная	молочная	янтарная
2021г.					
3-я, август	0,1	6,8	4,5	-	0,1
1-я, сентябрь	0,1	5,9	3,4	0,1	-
2-я, сентябрь	0,2	5,3	2,3	0,2	0,2
3-я, сентябрь	0,4	4,1	1,9	0,1	0,3
1-я, октябрь	0,5	4,0	1,7	0,2	0,2
2022 г.					
3-я, август	-	7,6	3,7	0,2	0,6
1-я, сентябрь	0,1	6,2	3,5	0,3	0,4
2-я, сентябрь	0,2	5,7	2,7	0,2	0,2
3-я, сентябрь	0,3	4,4	2,1	0,2	0,3
1-я, октябрь	0,3	3,9	1,8	0,3	0,4
2023 г.					
3-я, август	-	7,3	3,5	0,2	0,5
1-я, сентябрь	0,1	5,9	3,3	0,3	0,2
2-я, сентябрь	0,2	5,3	2,3	0,2	0,3
3-я, сентябрь	0,4	4,1	1,7	0,1	0,2
1-я, октябрь	0,4	3,9	1,5	0,1	0,2

У винограда сорта Гранатовый динамика кислот имеет отличительные черты. Массовая концентрация винной кислоты снижалась на 40 – 50% (с 6,6 – 7,0 г/дм³ в августе до 3,7 – 4,0 г/дм³ в октябре), причём наиболее резкое снижение (до 3,7 г/дм³) отмечено в 2021 г. (таблица 12).

Массовая концентрация яблочной кислоты снижалась умереннее (на 30 – 45 %), стабилизируясь после 3-й декады сентября на уровне 2,2 – 2,4 г/дм³, что значительно выше, чем у Курчанского.

Лимонной кислоты активно синтезируется с сентября (0,2 г/дм³), достигая наибольших значений в октябре 2022 г. (0,5 г/дм³).

Массовые концентрации молочной и янтарной кислот, как и у сорта Курчанский, не превышала 0,3 г/дм³ и 0,6 г/дм³ соответственно.

Таблица 12 - Массовая концентрация органических кислот сусли сорта Гранатовый, центральная зона виноградарства Краснодарского края, 2021-2023 гг.

Срок уборки, декада	Массовая концентрация органических кислот, г/дм ³				
	лимонная	винная	яблочная	молочная	янтарная
2021 г.					
3-я, август	-	6,7	3,5	-	0,3
1-я, сентябрь	0,2	5,5	3,4	-	0,4
2-я, сентябрь	0,2	5,2	2,2	0,1	0,2
3-я, сентябрь	0,4	3,7	2,2	0,2	0,1
1-я, октябрь	0,3	3,7	2,2	0,2	0,2
2022 г.					
3-я, август	-	7	4,2	0,3	0,6
1-я, сентябрь	0,2	6,2	3,6	0,2	0,6
2-я, сентябрь	0,2	5,8	2,9	0,3	0,3
3-я, сентябрь	0,4	4,7	2,6	0,3	0,3
1-я, октябрь	0,5	4	2,4	0,2	0,2
2023 г.					
3-я, август	-	6,6	3,7	0,3	0,5
1-я, сентябрь	0,2	5,7	3,3	0,2	0,5
2-я, сентябрь	0,2	5,6	2,6	0,2	0,3
3-я, сентябрь	0,4	3,9	2,5	0,2	0,2
1-я, октябрь	0,3	3,8	2,3	0,2	0,2

Ключевые особенности сорта: устойчивость яблочной кислоты в осенний период, менее выраженное снижение массовой концентрации винной кислоты к октябрю и интенсивный рост массовой концентрации лимонной кислоты.

Предположительно, для красных вин рекомендован сбор 1-я декада октября, когда сохраняется баланс массовой концентрации винной кислоты 3,7–4,7 г/дм³, а яблочной 2,2–2,6 г/дм³.

Таким образом, исследование органических кислот винограда показало, что оба сорта теряют основную массу винной и яблочной кислот к октябрю, но у сорта Гранатовый массовая концентрация яблочной кислоты сохраняется лучше (2,2–2,4 г/дм³ против 1,5–1,8 г/дм³ у сорта Курчанский). Лимонная кислота активнее накапливается у сорта Гранатовый, особенно в 2022 г. Жаркие условия вегетационного периода (например, 2022 г.) могут способствовать повышению стартовой кислотности у обоих сортов, но к октябрю значения выравниваются. Для виноделия критичен выбор срока сбора: сорт винограда Курчанский требует ускоренной уборки (до конца сентября) из-за риска потери кислотности, тогда как сорт Гранатовый допускает более поздний сбор без ущерба для структуры вина, что подтвердил органолептический анализ.

3.5 Определение энологической зрелости красных сортов винограда на основе сенсорного анализа

Выбор оптимального времени сбора ягод винограда с наибольшим потенциалом для получения вин с желаемыми органолептическими свойствами является актуальной проблемой для виноделов. Измерение основных физико-химических показателей винограда, таких как массовая концентрация сахаров, величина pH, массовая концентрация титруемых кислот для определения степени зрелости ягод до сбора урожая является стандартной отраслевой практикой. Однако обычных измерений зачастую недостаточно для прогнозирования особенностей будущего вина. Известно, что фенольные и азотистые соединения винограда вместе с органолептически активными летучими соединениями обычно считаются основными детерминантами качества красных вин, которые следует контролировать и учитывать перед переработкой [18, 76, 79].

Следует отметить, что под воздействием климатических особенностей последних лет происходит смещение относительно друг друга технологической и фенольной зрелости – высокая массовая концентрация сахаров и низкий запас фенольных веществ, что приводит к получению не характерных и не узнаваемых образцов вин распространённых сортов винограда [143, 144]. Анализ литературных источников свидетельствует об отсутствии единых данных об оптимальных характеристиках винограда при его уборке для красных вин в зависимости от сорта винограда, места и условий его выращивания.

Несмотря на общепринятый контроль основных физико-химических показателей созревания винограда, в настоящее время не установлены характеристики органолептических показателей винограда в энологический период зрелости, не определены интервалы массовых концентраций азотистых и фенольных веществ в свежем виноградном сусле. Поиск оптимальных значений

этих показателей в период зрелости является актуальной задачей для винодельческой отрасли.

Целью исследований было выявление условий формирования органолептических характеристик винограда, определение взаимосвязи между ними на момент энологической уборки, а также установление оптимальных сроков сбора урожая на основе данных о составе азотистого профиля винограда для производства красных вин.

Нами проводился органолептический анализ свежего винограда исследуемых сортов для определения степени его зрелости, оценивая характеристики внешнего вида, аромата и вкуса составных частей ягоды – состояние кожицы, мякоти, цвета семян.

Для оценки зрелости разработана шкала от 1 до 4 единиц степени зрелости каждой составной части ягоды винограда по сенсорным параметрам дескрипторов:

- **оценка зрелости кожицы:** твердая плохожующаяся, с мелкими фрагментами, однородная, пастообразная масса; ароматы (травянистые, фруктовые, джемовые, пряные), танины (вкус – от терпких до мягких, «тающих» во рту, концентрация – сильная, умеренная, слабая), окраска и внешний вид при сжатии (степень легкости раздавливания ягоды пальцами);

- **оценка мякоти:** соотношение кислоты/сахара, ароматы (растительные/травянистые, фруктовые, сформированные), консистенция – «плотный мешочек», однородная плотная, мягкая созревшая;

- **оценка зрелости семян** – цвет (от светло-зеленого до темно-коричневого), прочность (мягкие, отвердевшие, очень твердые).

На основе полученных данных по каждой составной части ягоды присуждали степень зрелости от 1 до 4 единиц, далее принимали вывод об общей степени вызревания урожая винограда.

Результаты определения динамики основных показателей мякоти, кожицы, семян и установленные индексы степени зрелости для них в процессе созревания урожая исследуемых сортов приведены в таблицах 14 и 15.

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 13).

Таблица 13 – Оценка степени зрелости по внешним признакам, показателям аромата и вкуса виноградной ягоды сорта Курчанский, центральная зона виноградарства Краснодарского края, урожай 2022 г.

Зрелость мякоти	Зрелость кожицы	Зрелость семян	Степень зрелости	Массовая концентрация сахаров, 100мг/см ³	Массовая концентрация титруемых кислот, г/дм ³
дата сбора 24.08					
1	1	1	слабая степень	14,9	11,7
дата сбора 02.09					
3-4	3	2	средняя степень	17,0	10,5
дата сбора 12.09					
4	3	4	зрелый	21,1	7,8
дата сбора 27.09					
4	4	4	зрелый «+»	23,4	4,9
дата сбора 03.10					
4	4	4	зрелый «-»	25,3	4,9

Последующее дозревание ягод винограда на кустах и проведение контроля через неделю (3 октября) вызывало появление горьких тонов в кожице свежего винограда и снижение сенсорных характеристик молодого сухого красного вина (таблица 14).

Из данных таблицы 13 видно, что в отличие от винограда сорта Курчанский, в сорте Гранатовый накопление массовой концентрации сахаров и снижение массовой концентрации титруемых кислот происходило медленнее. Созревание ягод винограда на кустах в конце октября положительно повлияло на сенсорные характеристики молодого сухого красного вина (таблица 15). При этом в конце созревания урожая (дата сбора 28 октября) как в свежем винограде, так и в готовом молодом вине отмечались оттенки горечи. Для винограда данного сорта

характерно постепенное созревание кожицы – до момента, когда «фенолы ее становились мягкими», менее заметными, а вкус более сладким.

В результате проведенных исследований установлено, что рассматриваемые в работе сроки созревания виноградной ягоды, состояние ягоды (органолептические характеристики) взаимосвязаны с вином.

Таблица 14 – Оценка степени зрелости по внешним признакам, показателям аромата и вкуса виноградной ягоды сорта Гранатовый, центральная зона виноградарства Краснодарского края, урожай 2022 г.

Зрелость мякоти	Зрелость кожицы	Зрелость семян	Степень зрелости	Массовая концентрация сахаров, 100г/см ³	Массовая концентрация титруемых кислот, г/дм ³
дата сбора 24.08					
1	1	1	слабая степень	12,9	14,9
дата сбора 02.09					
2	1	1	слабая степень	13,8	11,5
дата сбора 12.09					
2	2	2	средняя	16,1	11,0
дата сбора 27.09					
2-3	3	4	средняя	21,4	8,7
дата сбора 03.10					
3	3	4	зрелый	23,3	6,9
дата сбора 15.10					
4	3	4	зрелая	24,1	6,6
дата сбора 28.10					
4	4	4	полностью зрелая	24,7	6,1

Результаты сенсорного анализа свежих ягод сорта Гранатовый показали, что зрелость мякоти и кожицы наступала в конце сентября – начале октября. Отмечено, что мякоть становилась более однородной, легко размягчалась, пропадал мешочек, в аромате фруктозность насыщалась чернослизовыми тонами, вкус становится сладким с приятной свежестью; кожица разжевывалась легко и имела черносливовый аромат и умеренно-вяжущую консистенцию.

В дальнейшем, в полученных винах различных сроков уборки был проведен органолептический анализ, который показал, что оптимальным сроком уборки для сорта Курчанский является конец сентября (таблица 15). В этот период вино имело яркий темно-рубиновый цвет, сложный, ягодный аромат, гармоничный

вкус и было оценено в 8,1 балла. При более позднем съёме в вине появились десертные тона в аромате и вкусе, отмечена легкая горечь в послевкусие.

Максимальная оценка молодого сортового вина Гранатовый составила 8,4 балла и соответствовала образцу, изготовленному из винограда с датой сбора 28 октября (рисунок 10).

Данный образец охарактеризовали насыщенным темно-рубиновым цветом, с хорошо выраженным сортовым ароматом и полным, гармоничным вкусом. Отмечено, что поздний сбор повысил качество вина, что позволяет сделать вывод о целесообразности использования сорта Гранатовый в технологии десертных вин и вин из урожая позднего сбора.

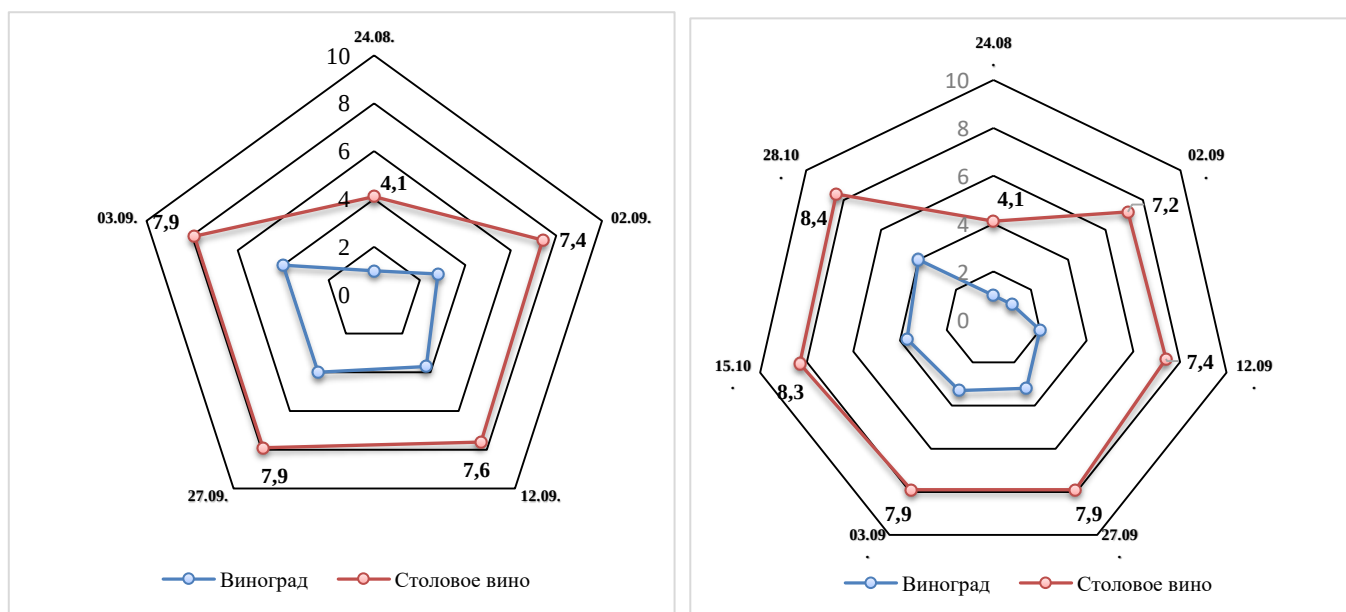
При сопоставлении результатов дегустаций свежей виноградной ягоды и молодых вин исследуемых сортов (рисунок 10) можно отметить, что образцу вина сорта Курчанский с максимальной дегустационной оценкой – 8,1 были характерны следующие вкусовые характеристики винограда: однородная мякоть, без мешочка, освежающий вкус, отсутствие резкой кислотности, преобладание сладости над свежестью; однородная, хорошо разжевывающаяся кожица, лопающаяся при легком надавливании темно-фиолетового цвета с тонами перспелой вишни в аромате; смена имели темно-коричневый цвет.

Характеристики свежей ягоды у сорта Гранатовый для вин с максимальным дегустационным баллом (8,4) были идентичны сорту Курчанский, но стали проявляться позже – во второй и третьей декадах октября (таблица 15). Для винограда данного сорта характерно постепенное созревание кожицы – до момента, когда «фенолы ее становились мягкими», менее заметными, а вкус более сладким.

В результате проведенных исследований установлено, что рассматриваемые в работе сроки созревания виноградной ягоды (технический и азотный) достигаются не одновременно, напротив, они имеют тенденцию разделяться в зависимости от сорта винограда.

Таблица 15 – Органолептические показатели молодых сухих красных вин в зависимости от даты сбора винограда сортов Курчанский и Гранатовый, Центральная зона виноградарства Краснодарского края, урожай 2022 г.

№ п/п	Дата уборки	Органолептические показатели	Дегустационная оценка, балл
Курчанский			
1	24.08.	Цвет светло-рубиновый, просматривающийся с фиолетовым оттенком. Аромат винный, простой. Вкус резкий, с зелёной кислотностью, грейпфрутовая горечь.	-
2	02.09.	Цвет рубиновый, просматривающийся с ярко выраженным фиолетовым оттенком. Аромат винный, простой, с оттенками терна. Вкус резкий, с зелёной кислотностью, грейпфрутовая горечь.	7,3
3	12.09.	Цвет рубиновый. Аромат фруктовый, винный, достаточно развитый. Вкус малоэкстрактивный, очень свежий с быстро проходящим фруктовым послевкусием.	7,4
4	27.09.	Цвет темно-рубиновый. Аромат сложный, ягодный, фруктовый, с оттенками терна. Вкус чистый, полный, умеренно свежий.	8,1
5	03.09.	Цвет темно-рубиновый. Аромат сложный, ягодный, фруктовый, с оттенками терна. Вкус полный, с десертными тонами, сортовые оттенки выражены слабо, легкая горечь в послевкусии.	7,8
Гранатовый			
1	24.08.	Цвет розовый, яркий, с легким фиолетовым оттенком. Аромат фруктовый, винный. Вкус резкий, очень свежий	-
2	02.09.	Цвет красный, просматривающийся, с фиолетовым оттенком. Аромат фруктовый, винный. Вкус с резкой свежестью, простой.	7,2
3	12.09.	Цвет ярко-красный с фиолетовым оттенком. Аромат фруктово-ягодный. Вкус полный, очень свежий, чистый.	7,4
4	27.09.	Цвет рубиновый. Аромат яркий, ягодный. Вкус сложенный, достаточно полный, чистый, с выделяющейся свежестью	7,9
5	03.09.	Цвет темно-рубиновый с гранатовым оттенком. Аромат сложный, ягодный, с оттенками пряностей и шоколада. Вкус полный, умеренно свежий, с танинным послевкусием.	7,9
6	15.10.	Цвет темно-рубиновый с гранатовым оттенком. Аромат сортовой, с оттенками красных ягод и паслена. Вкус полный, умеренно свежий, с приятным послевкусием.	8,3
7	28.10	Цвет темно-рубиновый с гранатовым оттенком. Аромат сортовой, с оттенками ежевики, сушеной вишни, паслена и кагорными нотками. Вкус полный, умеренно свежий, с пикантной горчинкой в послевкусии.	8,4



а)

б)

Рисунок 10 – Диаграмма органолептической оценки свежего винограда и молодых вин сортов Курчанский (а) и Гранатовый (б) по датам сбора винограда, г. Краснодар, урожай 2022-2023 гг.

Сенсорный анализ, в отличие от традиционного анализа физико-химических показателей, позволяет оценить органолептическую ароматическую и технологическую зрелость винограда, которая коррелирует с органолептическими показателями качества вин.

Достоверность полученных в ходе исследования результатов подтверждается их согласованностью с аналогичными данными, зафиксированными в заключительный период экспериментальных наблюдений (2023–2025 гг.), а также обоснованной возможностью применения сенсорного анализа винограда в качестве объективного и воспроизводимого критерия для определения степени его энологической зрелости, что позволяет использовать данный метод как при оценке качества сырья, так и при прогнозировании органолептических свойств готовых красных сухих вин.

Таким образом, сенсорная оценка винограда и контроль предложенных в работе свободных аминокислот могут быть использованы как эффективный инструмент определения степени энологической зрелости виноградной ягоды и установления оптимальной даты сбора урожая в соответствии с задачами виноделия.

3.6 Статистическая обработка физико-химических и биохимических показателей вин, полученных из исследуемых сортов различных сроков уборки

Для статистической обработки использованы физико-химические показатели вина, массовые концентрации, фенольных веществ, органических и аминокислот с точки зрения влияния их на дегустационную оценку. Анализ проводился для сортов Гранатовый и Курчанский в период с 2021 по 2023 гг. с учетом разных сроков сбора урожая.

С помощью корреляционного анализа с использованием коэффициента Спирмена было установлено, что статистически значимая связь с дегустационной оценкой подтверждена только для части показателей. Сильнее всего на баллы влияют такие параметры, как объемная доля этанола (коэффициент корреляции 0,51), массовая концентрация титруемых кислот (0,49) и величина pH (0,56). Также значимая, но чуть менее сильная связь обнаружена для массовой концентрации суммы фенольных веществ, антоцианов и винной кислоты. А вот такие показатели, как массовая концентрация суммы аминокислот, яблочной, лимонной и молочной кислот не показали значимой корреляции с оценкой дегустаторов, то есть их влияние на восприятие вкуса не подтвердилось (таблица 16).

Далее с помощью регрессионного анализа была построена математическая модель (формула) с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,78$, которая позволяет прогнозировать дегустационную оценку на основе ключевых параметров.

$$Y = -42,62 + 0,56x_1 + 1,60x_2 + 10,73x_3 - 0,48x_4,$$

где x_1 -это объемная доля этанола,

x_2 -массовая концентрация титруемых кислот,

x_3 -величина pH,

x_4 -массовая концентрация винной кислоты.

Расчёт вклада каждого фактора в итоговую оценку показал, что наибольшее влияние оказывает величина pH (32 %), затем следует объемная доля этанола (20 %), массовая концентрация титруемых кислот (17 %) и массовая концентрация винной кислоты (9 %). При этом 22 % факторов, влияющих на оценку, моделью не учтены – это может быть связано с другими параметрами, не вошедшими в анализ, или субъективными аспектами дегустации.

Таблица 16 – Результаты корреляционного анализа

Переменная	Дегустационная оценка, балл
Объемная доля этанола, % об.	0,74*
Массовая концентрация титруемых кислот, г/дм ³	- 0,75*
Массовая концентрация суммы фенольных веществ, мг/дм ³	0,73*
Массовая концентрация антоцианов, мг/дм ³	0,82*
Массовая концентрация суммы аминокислот, мг/дм ³	- 0,29
Величина pH	0,71*
Массовая концентрация винной кислоты, г/дм ³	- 0,63*
Массовая концентрация яблочной кислоты, г/дм ³	- 0,42
Массовая концентрация лимонной кислоты, г/дм ³	0,30
Массовая концентрация молочной кислоты, г/дм ³	0,23

* - Отмеченные корреляции значимы на уровне $p < 0,05$

Графическая интерпретация взаимосвязи представлена на рисунках в Приложении Б.

В документе также содержится таблица с коэффициентами корреляции и несколько графиков (диаграмм рассеяния), которые визуальнo демонстрируют выявленные зависимости между отдельными показателями и дегустационной оценкой, а также график, иллюстрирующий работу регрессионной модели.

Таким образом, графическая интерпретация данных подтверждает адекватность модели и визуализирует выявленные зависимости. Полученные результаты свидетельствуют о существенном влиянии, в первую очередь кислотности и фенольных веществ, а также спиртуозности на органолептические характеристики исследуемых виноградных вин.

3.7 Обоснование целесообразности использования метоксипиразинов для определения сроков уборки в исследуемых сортах винограда и винах

Известно, что содержание метоксипиразинов в винограде и вине варьирует в широких пределах в зависимости от ряда факторов [91, 98, 100]. Важнейшим из них 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 метоксипиразинов.

Кроме того, накопление метоксипиразинов имеет ярко выраженную сортовую специфику. Опыт выращивания винограда сортов Каберне Совиньон условиях Черноморской зоны виноградарства свидетельствует, что в виноматериалах в аромате постоянно отмечались яркие овощные тона, что, в свою очередь, характеризовалось специалистами как незрелость используемого сырья [115, 137].

Основная масса ИБМП (3-изобутил-2-метоксипиразина), самого распространенного метоксипиразина, сосредоточена в кожице ягод (до 72 %) и гребнях (до 79 %), что необходимо учитывать при разработке технологических приемов переработки винограда, направленных на минимизацию экстракции нежелательных соединений в сусло.

Таким образом, определение метоксипиразинов является необходимым этапом для прогнозирования и управления органолептическими качествами вина. Аналитический контроль за их содержанием позволяет обоснованно определять оптимальные сроки сбора урожая, оценивать влияние терруара и погодных условий, а также корректировать технологические процессы виноделия для получения сбалансированных вин со сложным и гармоничным ароматом, свободным от дефектов, связанных с избытком «зеленых» тонов.

3.7.1 Динамика концентрации метоксипиразинов в зависимости от погодных условий вегетационного периода

Интенсивность освещения играет важную роль в формировании урожайности винограда. Она воспринимается растением как через фотосинтетическую активность листьев, так и через интенсивность освещения зимних почек, которые также способны проводить фотосинтез. Оптимальное освещение способствует повышению уровня завязываемости ягод и интенсивности окраски ягод. Сила света коррелирует с составом извлекаемого сока из ягод, например, при ее понижении наблюдается рост содержания яблочной кислоты. Интенсивность света способствует также накоплению фенольных, азотистых и витаминоподобных веществ, при этом немаловажно отметить обратную корреляцию образования метоксипиразинов [28, 40].

Проведены наблюдения за температурными и влажностными условиями в периоды активного созревания ягод винограда в годы исследований. На рисунке 11 показана динамика метеорологических параметров (среднедекадная температура воздуха и сумма осадков) в вегетационные периоды 2022 – 2025 годов, а также соответствующее изменение суммарной массовой концентрации метоксипиразинов (МП) в винограде сорта Гранатовый в центральной зоне виноградарства Краснодарского края.

2022 год характеризовался умеренными температурами: в июле 23,8 °С, в августе 26,2 °С, в сентябре 19,1 °С. Осадки распределились неравномерно: июль – 63 мм (в пределах нормы), август – 92 мм (более чем вдвое выше нормы), сентябрь – 37,9 мм. Содержание метоксипиразинов составило в июле 0,0256 мкг/дм³, в августе резко возросло до 0,212 мкг/дм³, а в сентябре снизилось до 0,169 мкг/дм³. Пик накопления пришёлся на август, что совпало с максимальным количеством осадков.

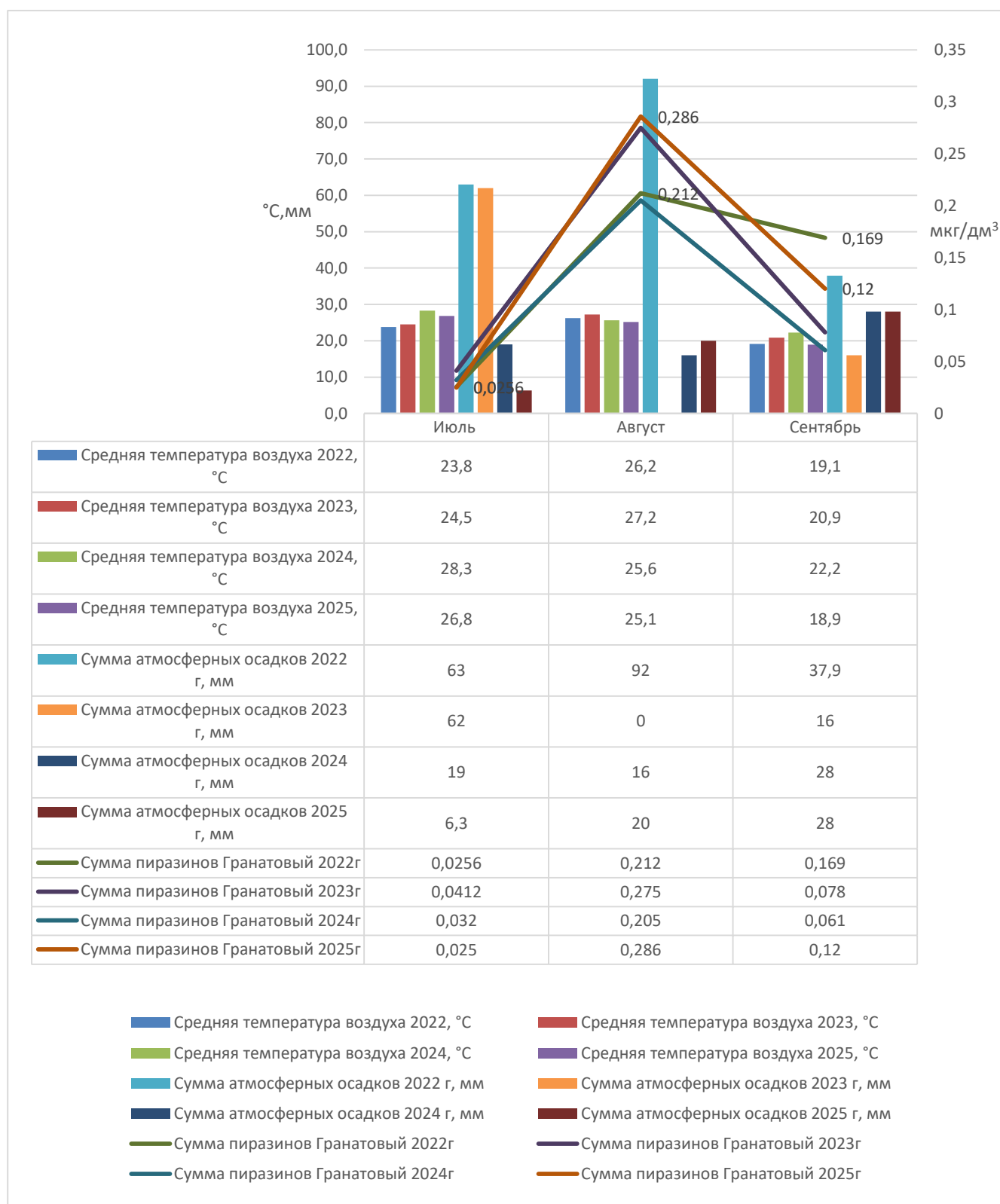


Рисунок 11 – Метеорологические данные периодов созревания 2022-2025 гг. и содержание пиразинов в винограде сорта Гранатовый

2023 год был более тёплым: температуры июля 24,5 °C, августа 27,2 °C, сентября 20,9 °C. Осадки оказались крайне неравномерными: июль – 62 мм

(близко к норме), август – 0 мм (полное отсутствие осадков), сентябрь – 16 мм. Содержание пирaziнов в июле составило 0,0412 мкг/дм³, в августе достигло максимального за все годы значения 0,275 мкг/дм³, а в сентябре резко упало до 0,078 мкг/дм³. Высокая температура августа в сочетании с полным отсутствием осадков, по-видимому, способствовала интенсивному снижению массовой концентрации МП в во второй половине вегетации.

2024 год оказался самым жарким: температура июля 28,3 °С, августа 25,6 °С, сентября 22,2 °С. Осадки были дефицитными: июль – 19 мм, август – 16 мм, сентябрь – 28 мм. Концентрации МП составили: июль – 0,032 мкг/дм³, август – 0,205 мкг/дм³, сентябрь – 0,061 мкг/дм³. Несмотря на высокие температуры, динамика оказалась схожей с 2023 годом, но с менее выраженным августовским пиком и более низким сентябрьским значением.

2025 год был умеренно тёплым: температура июля 26,8 °С, августа 25,1 °С, сентября 18,9 °С. Осадки оставались дефицитными: июль – 6,3 мм, август – 20 мм, сентябрь – 28 мм. Содержание пирaziнов: июль – 0,025 мкг/дм³, август – 0,286 мкг/дм³ (самый высокий показатель за все годы), сентябрь – 0,12 мкг/дм³. Низкое количество осадков в июле и августе при умеренных температурах привело к максимальному накоплению метоксипирaziнов в августе, а их снижение в сентябре оказалось менее выраженным, чем в предыдущие годы.

Таким образом, данные показали, что максимальные концентрации метоксипирaziнов 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. Эти данные имеют ключевое значение для прогнозирования органолептических свойств будущих вин и определения оптимальных сроков уборки.

3.7.2 Содержание метоксипиразинов в красных сортах винограда в основных виноградарских зонах Краснодарского края

Нами проводились исследования по определению массовой концентрации метоксипиразинов в красных виноматериалах основных виноградо-винодельческих хозяйствах Краснодарского края (таблица 17).

Согласно результатам исследований, массовая концентрация метоксипиразинов в винах колебалась в пределах от 0,0005 мкг/дм³ до 0,091 мкг/дм³. Было установлено, что минимальные массовые концентрации 0,0005 до 0,08 мкг/дм³ соответствуют 3-изобутил-2-метоксипиразину (ИБМП), а максимальные характерны для 2-изопропил-3-метоксипиразина (ИПМП) – 0,003 до 0,091 мкг/дм³.

Виноматериалы, полученные в Черноморской зоне виноградарства, г. Геленджик, ООО «Шато де Талю», отличались более высокой массовой концентрацией суммы пиразиновых соединений 0,121-0,273 мкг/дм³. У варианта виноматериала из сорта Мерло в ходе дегустации в аромате отмечались овощные оттенки – паприки и зеленого гороха на фоне основных - ягодных и сортовых тонов.

Такая же картина отмечалась и в виноматериалах сорта Мерло из Темрюкского района, производитель ООО «Кубань-Вино». Общее содержание пиразинов для данного образца превосходило другие из этого района производства в 3,8-5,2 раза. По этим данным была проведена статистическая обработка данных для определения корреляционных зависимостей (п. 3.9, приложение Б).

Таким образом, метоксипиразины оказывают существенное влияние на аромат вина при очень низких уровнях массовой концентрации. Их массовая концентрация меняется в зависимости от района и сорта винограда. Наибольшие массовые концентрации отмечались в хозяйстве «Шато де Талю» у сорта Мерло.

Таблица 17 – Массовая концентрация метоксипиразинов в красных виноматериалах Краснодарского края, урожай 2023г, в мкг/дм³.

№	Название вина, производитель	Район Краснодарского края	ИПМП 2-изопропил-3-метоксипиразин	ЭМП 2-этил-3-метоксипиразин	СБМП 2-сек-бутил-3-метоксипиразин	ИБМП 3-изобутил-2-метоксипиразин	Сумма пиразинов
1	Гранатовый микровиноделие СКФНЦСВВ	г.Краснодар	0,032	0,021	0,011	0,002	0,066
2	Каберне Совиньон Кубань Вино	Темрюкский район	0,003	0,01	0,013	0,0036	0,0296
3	Каберне Совиньон Фанагория	Темрюкский район	0,025	0,013	0,0024	0,0005	0,0409
4	Мерло Кубань Вино	Темрюкский район	0,08	0,056	0,019	0,004	0,159
5	Каберне Совиньон ОПХ АЗОС	Анапский район	0,016	0,017	0,012	0,0027	0,0477
6	Мерло ОПХ АЗОС	Анапский район	0,02	0,014	0,0007	0,0085	0,0432
7	Каберне Совиньон Шато де Талю	г-к. Геленджик	0,061	0,046	0,01	0,004	0,121
8	Мерло Шато де Талю	г-к. Геленджик	0,091	0,072	0,03	0,08	0,273

3.7.3 Динамика метоксипиразинов в процессе созревания винограда исследуемых сортов

Метоксипиразины присутствуют по всей виноградной лозе, включая корень, побег, лист и гроздь. В виноградном корне метоксипиразины присутствуют в основном в форме ИПМП (2-изопропил-3-метоксипиразин) в массовых

концентрациях до 8 мкг/дм³. Среди надземных частей наибольшую концентрацию ИБМП содержат прикорневые листья, за которыми следуют средние листья, а затем гроздевые и верхние листья и боковые побеги. В ягодах винограда метоксипиразины существуют в виде свободных летучих соединений. Во время созревания ягод винограда доля ИБМП (2-изобутил-4-метоксипиразин) в кожце увеличивается, а в плодоножках и семенах уменьшается [97].

В данном исследовании были определены основные соединения пиразинов, отвечающие за аромат исследуемых сортов, отмечена неоднородность и «цикличность» их накопления.

Анализ содержания метоксипиразинов в винограде сорта Курчанский (рисунок 12) выявил выраженную зависимость от года исследования. В 2022 г. концентрация 2-изобутил-4-метоксипиразина (ИБМП) достигла максимума в конце августа (0,0123 мкг/дм³), после чего демонстрировала выраженные колебания в сентябре с локальным пиком 0,011 мкг/дм³ к середине месяца. К октябрю уровень снизился на 43 % (до 0,007 мкг/дм³). 2-Изопропил-3-метоксипиразин (ИПМП) повторял эту тенденцию с запаздыванием на 7–10 дней, снизившись с 0,0086 мкг/дм³ (начало сентября) до 0,005 мкг/дм³. В 2023 г. под влиянием аномально высоких температур (+30–34 °С в августе) динамика ИБМП изменилась: плавное снижение с 0,0123 мкг/дм³ (начало сентября) до 0,0056 мкг/дм³ к концу октября (–54 %). Аналогично снижался ИПМП (с 0,0086 до 0,0045 мкг/дм³, –48 %). Концентрации второстепенных метоксипиразинов (ЭМП, СБМП) оставались стабильно низкими (<0,005 мкг/дм³) в оба сезона.

Аналогичная тенденция изменения метоксипиразинов была выявлена у сорта Гранатовый с той разницей, что снижение происходило в более поздний период – с третьей декады сентября. Так в 2022 г. ИБМП сохранял высокие значения (0,010–0,012 мкг/дм³) до третьей декады сентября, после чего резко снизился на 58 % (до 0,005 мкг/дм³). ИПМП проявлял аномальную нестабильность: отсутствие в пробах от 30 августа, скачок до 0,007 мкг/дм³ в

середине сентября и последующее падение на 70 %. В 2023 г. жара подавила синтез соединений: ИБМП снизился с 0,008 мкг/дм³ (сентябрь) до 0,003 мкг/дм³ (–62 %), а ИПМП снижался на 14 дней раньше, чем в предыдущем сезоне, достигнув следовых значений (<0,001 мкг/дм³). Доля ИБМП в общем наборе метоксипиразинов оставалась доминирующей (72–80 %), подтверждая его роль ключевого ароматического маркера (рисунок 13).

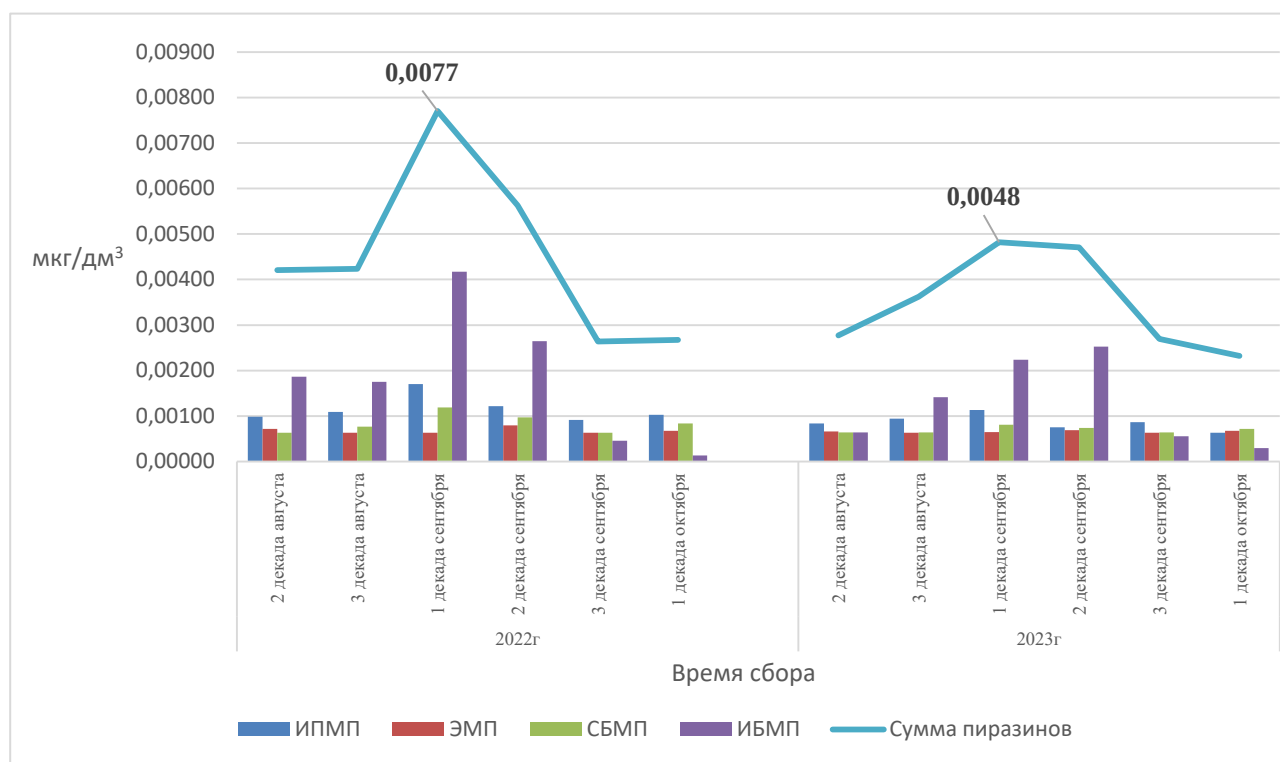


Рисунок - 12 Содержание метоксипиразинов в винограде сорта Курчанский в зависимости от срока уборки, г. Краснодар

Отмечено, что виноград сорта Гранатовый демонстрировал более позднее начало снижения метоксипиразинов по сравнению с сортом Курчанский в одинаковых условиях выращивания, что говорит о его позднем созревании.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать ряд выводов. В обоих исследуемых сортах винограда (Курчанский и Гранатовый) основным метоксипиразином является 2-изобутил-4-метоксипирозин (ИБМП), на долю которого приходится 72–80 % от суммы всех пиразинов. Именно этот компонент в первую очередь формирует нежелательные «травянистые» и «овощные» тона в вине.

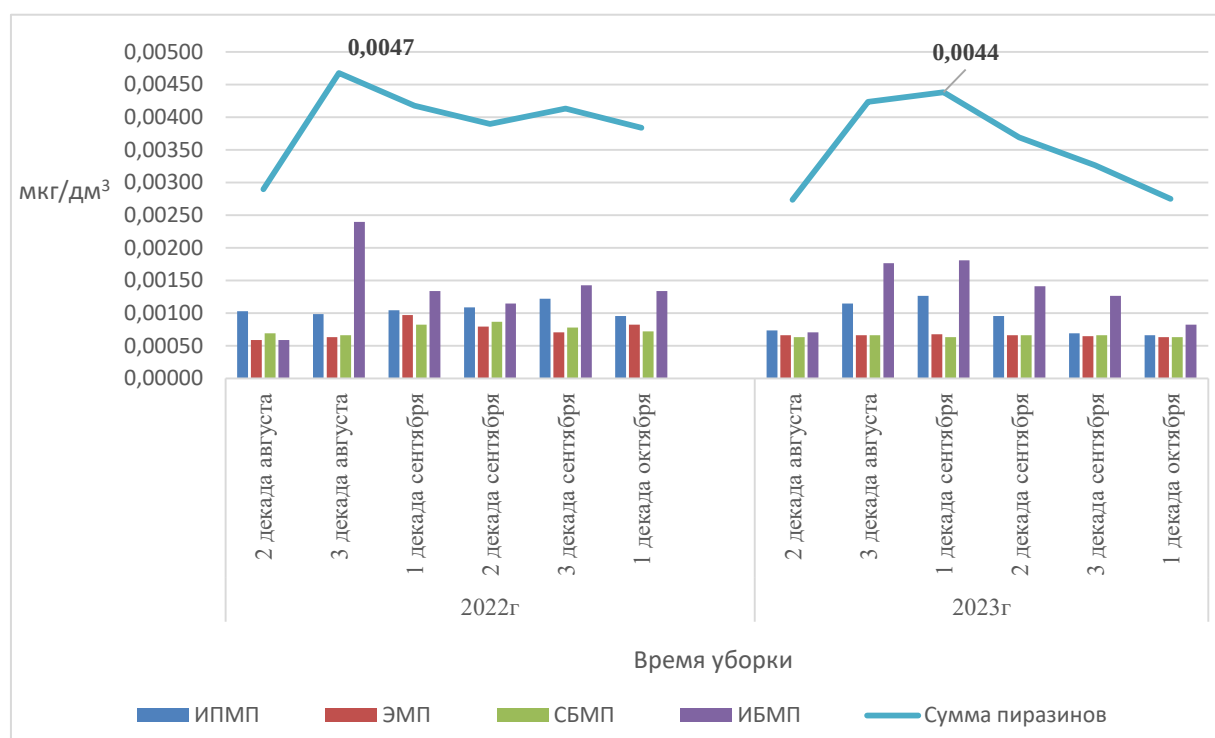


Рисунок 13 - Содержание метоксипиразинов в винограде сорта Гранатовый в зависимости от срока уборки, г. Краснодар

В жаркий и засушливый 2023 год (аномальные температуры +30...34 °С в августе) снижение концентрации ИБМП происходило более плавно и интенсивно, чем в более умеренный 2022 год. К октябрю 2023 года содержание ИБМП уменьшилось на 54–62 % от сентябрьских значений, тогда как в 2022 году снижение составило 43–58 %. Это подтверждает, что высокие температуры и дефицит влаги ускоряют деградацию метоксипиразинов в ягодах.

У сорта Курчанский максимальные концентрации ИБМП наблюдались в конце августа – начале сентября с последующим резким спадом. У сорта Гранатовый высокий уровень ИБМП сохранялся до третьей декады сентября, и активное снижение начиналось позже – в первой декаде октября. Это указывает на более позднюю фенольную и ароматическую зрелость сорта Гранатовый.

Для получения вин с минимальными «зелеными» оттенками уборку винограда сорта Курчанский следует проводить не ранее третьей декады сентября, а сорта Гранатовый – не ранее первой декады октября. Сбор в более

ранние периоды (август – первая половина сентября) приводит к избыточному содержанию пиразинов, что негативно сказывается на органолептике вина.

Концентрации 2-этил-3-метоксипиразина (ЭМП) и 2-sec-бутил-3-метоксипиразина (СБМП) в обоих сортах оставались низкими ($<0,005$ мкг/дм³) и практически не зависели от года и срока сбора, поэтому их вклад в аромат пренебрежимо мал.

Таким образом, динамика содержания метоксипиразинов, особенно ИБМП, может являться объективным биохимическим критерием для определения оптимального срока уборки красных сортов винограда и позволяет прогнозировать качество будущего вина.

3.7.4 Изменения концентраций метоксипиразинов при яблочномолочном брожении

Процесс трансформации яблочной кислоты - яблочно-молочное брожение в виноделии - заключается в превращении острой на вкус яблочной кислоты в более мягкую молочную кислоту. Это вторичная ферментация после окончания основного брожения, которая может протекать и параллельно с ним [112].

Красные вина, прошедшие яблочно-молочную ферментацию в дубовой бочке, могут обладать ароматом специй или дыма. Но исследования [19] в данном направлении позволяют понять, что ЯМБ может ослабить первичные фруктовые ароматы в красных винах и точнее определить роль МП в сложении этих тонов.

Анализируя физико-химические показатели экспериментальных виноматериалов, следует выделить образцы, полученные из первого сбора урожая винограда, а также виноматериалы из сортов Курчанский (сбор 28.09) и Гранатовый (сбор 03.10). Они характеризовались повышенной массовой

концентрацией молочной кислоты, а также снижением массовой концентрации титруемых кислот (таблица 18).

Таблица 18 – Массовые концентрации органических кислот, суммы пиразинов и дегустационная оценка красных технических сортов, г. Краснодар, урожай 2022 г.

Время уборки винограда	Массовая концентрация органических кислот, г/дм ³			Массовая концентрация пиразинов, мкг/дм ³	Дегустационная оценка, органолептические характеристики аромата
	винной	яблочной	молочной		
Курчанский					
3 декада августа	3,3	0,5	3,8	0,012	7,4 В аромате явно чествуются оттенки свежего картофеля
3 декада сентября	4,6	0,07	4,1	0,011	7,8 Оттенки овощные, слабые
2 декада октября	5,9	0,3	3,7	0,005	8,0 Появление десертных тонов, отсутствие тонов пиразинов
Гранатовый					
1 декада сентября	2,3	4,3	0,6	0,009	7,0 Явные тона овощей –перца и картофеля в аромате
3 декада сентября	5,6	2,6	0,5	0,004	7,9 Приятные, слегка заметные оттенки паприки
2 декада октября	4,1	1,7	0,3	0,004	8,1 Отсутствие тонов пиразинов

Полученные данные о наличии изучаемых пиразинов свидетельствуют об уменьшении их содержания по мере созревания винограда. В то же время в виноматериалах, произведенных из винограда в эти сроки сбора, наблюдалась общая тенденция увеличения их количества. ЯМБ проводили естественным образом (спонтанная микрофлора). В связи с этим, сложно определить на данном этапе какие-либо корреляционные зависимости между содержанием пиразинов и прохождением процесса яблочно-молочной ферментации. Возможно, низкое значение объемной доли этилового спирта в виноматериалах способствовало ее развитию.

Таким образом, установлено, что яблочно-молочное брожение не оказывало существенного влияния на снижение массовых концентраций метоксипиразинов и органолептику молодых виноматериалов из исследуемых сортов.

3.8 Влияние концентраций метоксипиразинов на органолептические показатели вин

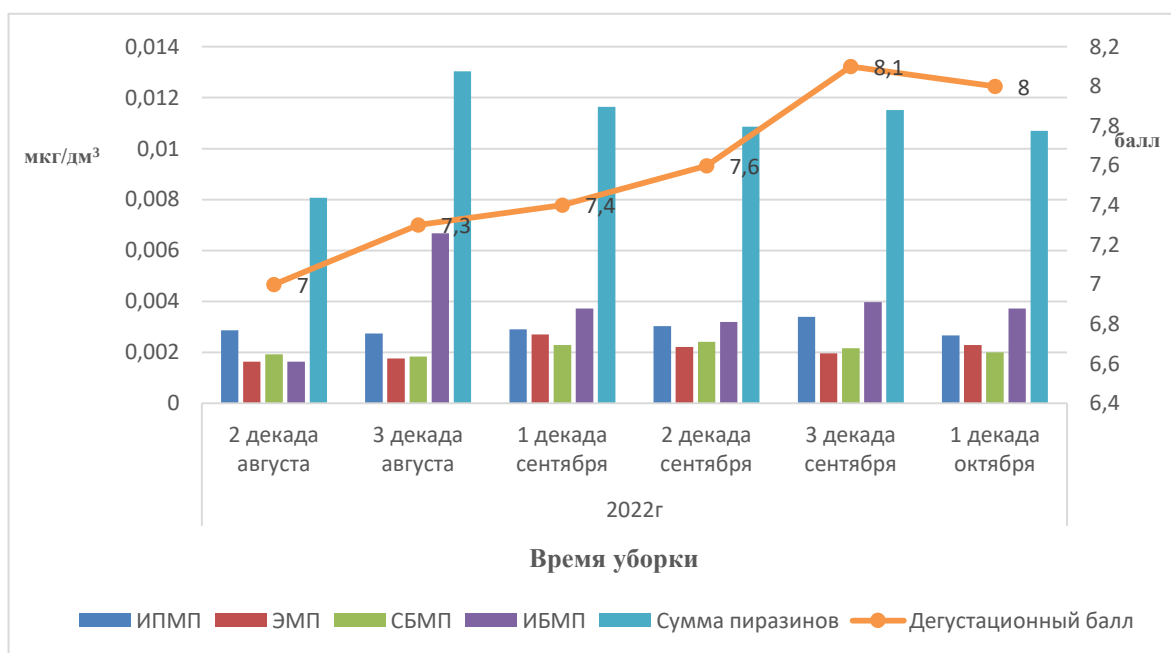
Концентрация метоксипиразинов в виноматериалах, полученных из исследуемых сортов винограда, отображены на рисунках 14-15. Содержание метоксипиразинов в винах зависит главным образом от их концентрации в винограде, из которого они изготовлены, технология виноделия лишь незначительно повлияла на их содержание. По полученным результатам исследований видно, что технология переработки увеличивает содержание пиразинов.

Для виноматериалов сорта Курчанский (рисунок 14) выявлена выраженная взаимосвязь между дегустационной оценкой и динамикой метоксипиразинов в процессе созревания. В 2022 г. максимальная дегустационная оценка (7,8 баллов) соответствовала сроку уборки в 3-й декаде сентября, когда концентрация доминирующего 2-изобутил-4-метоксипиразина (ИБМП) снизилась до 0,007 мкг/дм³.

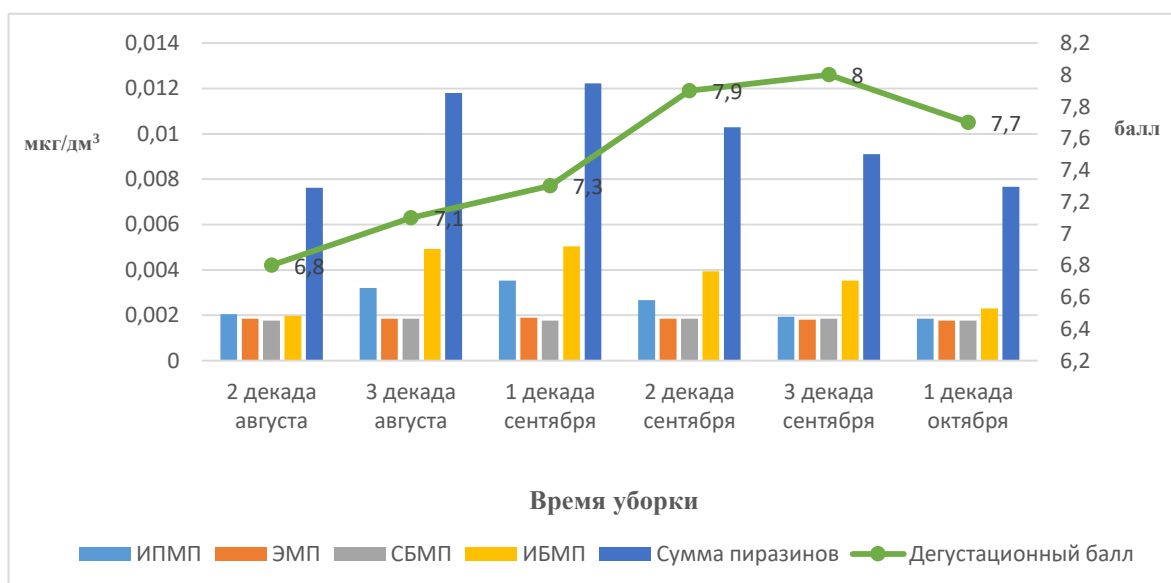
При этом в конце августа уровень ИБМП достигал 0,0123 мкг/дм³, что придавало вину нежелательные травянистые тона. В сентябре наблюдались резкие колебания ИБМП с локальным пиком 0,011 мкг/дм³ к середине месяца.

Концентрации второстепенных метоксипиразинов (ИПМП, ЭМП, СБМП) оставались стабильно низкими (<0,005 мкг/дм³). В 2023 г. под влиянием аномально высоких температур (+30–34 °С) динамика ИБМП изменилась:

плавное снижение с 0,0123 мкг/дм³ (начало сентября) до 0,0056 мкг/дм³ к концу октября (–54 %). Аналогичное снижение отмечено для ИПМП (с 0,0086 до 0,0045 мкг/дм³, –48 %).



2022 год

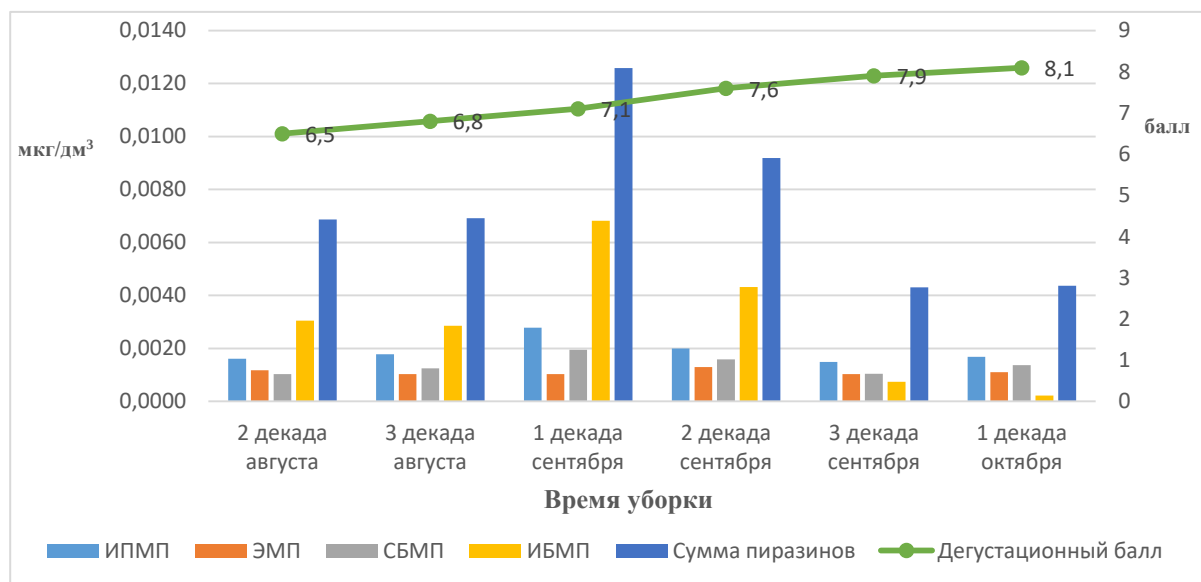


2023 год

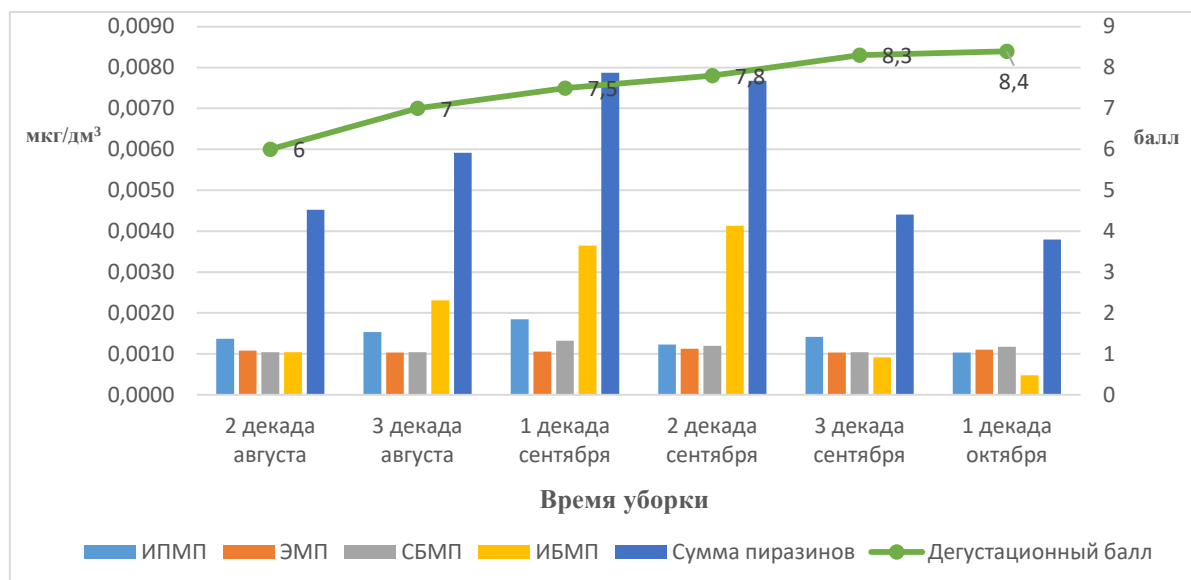
Рисунок 14 - Дегустационная оценка и содержание метоксипиразинов в винокурчанский сорт, г. Краснодар

Перезревание урожая (октябрь) сопровождалось снижением дегустационной оценки из-за появления горечи и жесткости во вкусе, несмотря на дальнейшее уменьшение содержания пиразинов.

У виноматериала сорта Гранатовый (рисунок 15) максимальная дегустационная оценка (8,2 балла) зафиксирована при сборе в 1-й декаде октября 2022 г. К этому сроку концентрация ИБМП снизилась до 0,005 мкг/дм³ после периода стабильно высоких значений (0,010–0,012 мкг/дм³ до 3-й декады сентября). ИПМП проявлял аномальную нестабильность: отсутствовал в пробах от 30 августа, достигал 0,007 мкг/дм³ к середине сентября, затем деградировал на 70 %. В отдельных сентябрьских образцах концентрация ИБМП в виноматериалах превышала порог органолептического распознавания (0,002 мкг/дм³), потенциально придавая вину выраженные овощные ноты. В 2023 г. жара подавила синтез соединений: ИБМП снизился с 0,008 мкг/дм³ (сентябрь) до 0,003 мкг/дм³ (–62 %), а ИПМП снизился на 14 дней раньше, достигнув следовых значений (<0,001 мкг/дм³). Доля ИБМП в общем наборе метоксипиразинов сохраняла доминирующую роль (72–80 %). Результаты исследований виноматериала сорта Гранатовый разных сроков уборки показали расположенность к поздним сборам, однако дальнейшее перезревание (3-я декада октября) приводило к появлению горечи и снижению интенсивности сортовых тонов.



2022 год



2023 год

Рисунок 15 - Дегустационная оценка и содержание метоксипиразинов в вине сорта Гранатовый, г. Краснодар

Представленные данные показали, что содержание МП в приготовленных винах зависит от сроков уборки и подтверждает степень зрелости. Поэтому количественная оценка метоксипиразинов в винограде вместе с дополнительными знаниями о динамике их перехода в вино может использоваться для определения зрелости винограда в технологиях высококачественных вин.

3.9 Статистическая обработка экспериментальных данных исследования пиразинного комплекса

На основании проведённого статистического анализа установлено наличие значимых корреляционных взаимосвязей между содержанием пиразинов в виноматериалах и такими факторами, как год урожая, сорт винограда и дата сбора (Таблица 19). Суммарное содержание пиразинов 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, $r = 0,60$), сек-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 ($r = 0,54$) (таблица 19).

Таблица 19– Результаты корреляционного анализа

Переменная	Год урожая	Сорт винограда	Дата сбора
ИБМП, мкг/дм ³	0,02	0,20	0,27
ИПМП, мкг/дм ³	0,03	0,60*	0,41*
СБМП, мкг/дм ³	0,02	0,74*	0,18
ЭМП, мкг/дм ³	0,03	0,71*	0,54*
сумма, мкг/дм ³	0,58*	0,32*	0,06

* - Отмеченные корреляции значимы на уровне $p < 0,05$

На рисунке 16 по результатам многофакторного дисперсионного анализа приведены эффекты, выступающие как факторы влияния на формирование уровня пиразинов. При этом, сорт винограда играет наибольшую роль в накоплении пиразинов с наибольшим значением F-критерия. Кроме того, выявлено значимое совместное влияние факторов «сорт – дата сбора».

Таблица всех эффектов: Таблица пиразины за 3 года

Сигма-ограниченная параметризация
Декомпозиция гипотезы

Эффект	Уилкса...	F	Эффе...	Ошибка ...	p
Сорт винограда	,005	1242,	5	32,0	0,00*
Дата сбора	,000	118,	25	120,4	0,00*
Сорт винограда*Дата сбора	,000	114,	25	120,4	0,00*

На рисунках 17-18 приведена графическая интерпретация результатов дисперсионного анализа, демонстрирующая уровень накопления пирaziнов для анализируемых сортов винограда.

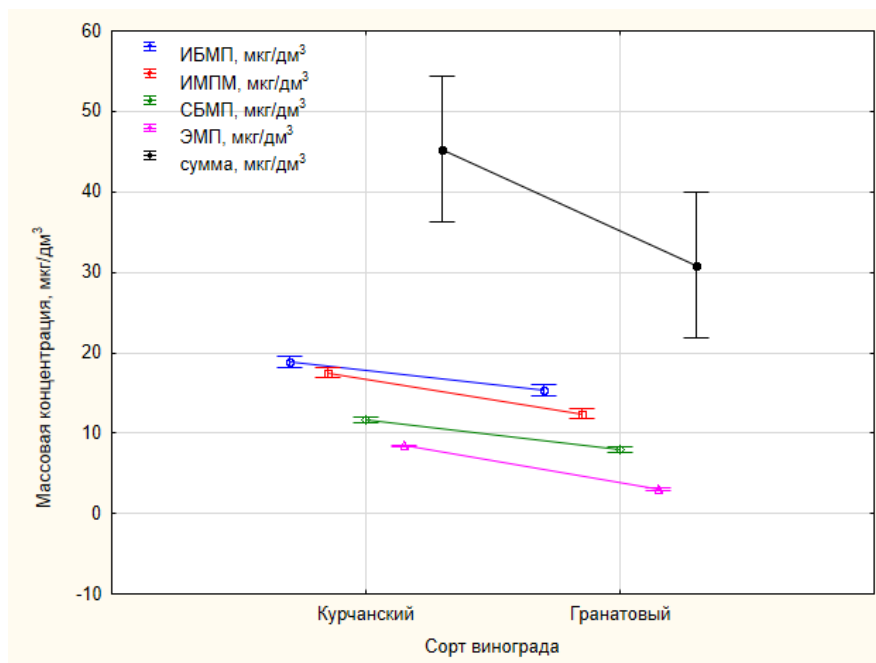


Рисунок 17 – Распределение содержания пирaziнов относительно фактора «Сорт винограда»

У сорта Гранатовый накопление МП за все рассматриваемые годы, в том числе суммы ниже, чем у сорта Курчанского. По компонентам наибольшая массовая концентрация отмечена для 2-изобутил-4-метоксипиразин (ИБМП), в тоже время 2-изопропил-3-метоксипиразин (ИМПМ) был вторым по массовой концентрации согласно представленному рисунку 17. Таким образом сорт Курчанский характеризовался наибольшим накоплением метоксипиразинов в сравнении с сортом Гранатовый.

Анализ динамики накопления МП показал, что максимальное суммарное его содержание наблюдалось в сентябре с последующим снижением после 20 сентября. Сорт Гранатовый характеризовался более низкими средними значениями и меньшим разбросом концентраций по сравнению с сортом Курчанский (рисунок 18).

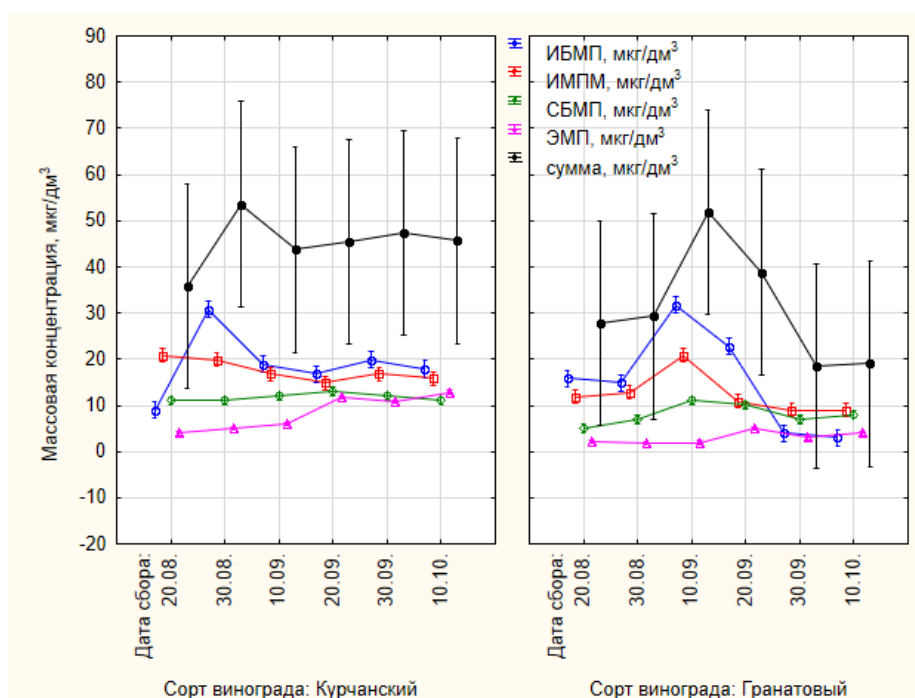


Рисунок 18 – Распределение содержания пиразинов относительно фактора «Дата сбора» для сортов Курчанский и Гранатовый

Данные, представленные на рисунке 18, показывают темп накопления пиразинов во времени. Показана динамика массовых концентраций относительно даты сбора винограда для каждого сорта. Установлено, что максимум накопления суммы МП приходится для сорта Курчанский на конец августа, а для Гранатового на сентябрь месяц. Снижение массовой концентрации МП для сорта Курчанский начинается после 10 сентября, для сорта Гранатовый – после 20 сентября. Метоксипиразины, кроме ИБМП, накапливались в винограде ламинарно, причем разброс массовых концентраций относительно среднего значения был незначительный. Полученные данные подтверждают, для этих 2-х сортов уборка в период с 30.08 по 20.09 является нежелательной в связи с вероятностью нарушения органолептических показателей будущих вин.

На основе полученных данных сделан практический вывод о целесообразности начала сбора винограда исследованных сортов не ранее 20 сентября, что позволит минимизировать негативное влияние пиразинов на органолептические свойства готовой продукции.

4 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КРАСНЫХ СУХИХ ВИН С УЧЕТОМ СТЕПЕНИ ЗРЕЛОСТИ СЫРЬЯ

4.1 Разработка технологии производства красных сухих вин с учетом пиразинового комплекса сырья

Переработку винограда проводили в промышленных условиях по следующим современным технологиям:

1 вариант (контроль) - дробление винограда, **брожение мезги** с использованием активных сухих дрожжей IOC PRESTIGE, продолжительность брожения до 7 сут.;

2 вариант – **углекислотная мацерация целых гроздей** винограда в течение 3 сут. с предварительной их сульфитацией до 100 мг/дм³ общего диоксида серы, дробление гроздей, брожение мезги (дрожжи IOC PRESTIGE) до 7 сут.;

3 вариант – дробление винограда, **нагревание мезги до 40 °С**, после самоостывания сбраживание с использованием активных сухих дрожжей IOC PRESTIGE;

4 вариант - дробление винограда, **ферментация мезги** препаратами Тренолин Супер ДФ ("ERBSLOEH Geisenheim AG", Германия) и SanSuper 240L, («Novo Nordisk», Дания) в течение 2 часов, дальнейшее сбраживание активными сухими дрожжами IOC PRESTIGE.

5 вариант - дробление винограда, **брожение мезги** использованием активных сухих дрожжей IOC PRESTIGE, продолжительность брожения до 7 сут., выдержка в течение 6 месяцев в бутылке [52]. Результаты испытаний на примере сорта Гранатовый приведены в таблице 20.

Результаты исследований показали, что наибольшее содержание таких пиразинов, как 3-изобутил-2-метоксипиразин (ИБМП) и 2-изопропил-3-метоксипиразин (ИПМП) было в варианте №1 (контроль). Причем во всех вариантах опыта они были примерно равными. Из этого можно сделать вывод, что остальные режимы переработки в той или иной степени способствуют снижению содержания пиразинов. Для 2-этил-3-метоксипиразин (ЭМП) и 2-сек-бутил-3-метоксипиразин (СБМП) были зафиксированы наименьшие концентрации у всех вариантов технологий.

Таблица 20 - Массовая концентрация пиразинов в виноматериалах в зависимости от технологических приемов, сорт Гранатовый, мкг/дм³

№ варианта	ИПМП 2-изопропил-3-метоксипиразин	ЭМП 2-этил-3-метоксипиразин	СБМП 2-сек-бутил-3-метоксипиразин	ИБМП 3-изобутил-2-метоксипиразин	Сумма пиразинов
1	0,022	0,001	0,0011	0,025	0,049
2	0,0042	0,0007	0,000105	0,00385	0,009
3	0,0054	0,0009	0,000135	0,00495	0,011
4	0,00708	0,00718	0,000177	0,00649	0,021
5	0,012	0,002	0,0003	0,011	0,025

Дегустация, проведенная совместно специалистами-экспертами ФГБНУ СКФНЦСВВ и производителями, показала, что различные технологии переработки винограда способствуют изменению ароматического профиля. Так, в варианте №1 отмечались оттенки овощей и болгарского перца, несмотря на основные, сортовые ароматы тона, а также получению мягких, гармоничных красных сухих вин. Наибольшую дегустационную оценку получил вариант 3, в котором проводили термовинификацию при температуре 40 °С и дальнейшее брожение мезги (рисунок 19).

Массовая концентрация пиразинов в вариантах переработки винограда изменялась от 0,004 (вариант с термообработкой) до 0,0675 (контроль) мкг/дм³ (рисунок 20). Установлено, что дополнительные технологические приемы, примененные к основному процессу брожения, снижают массовую концентрацию метоксипиразинов.

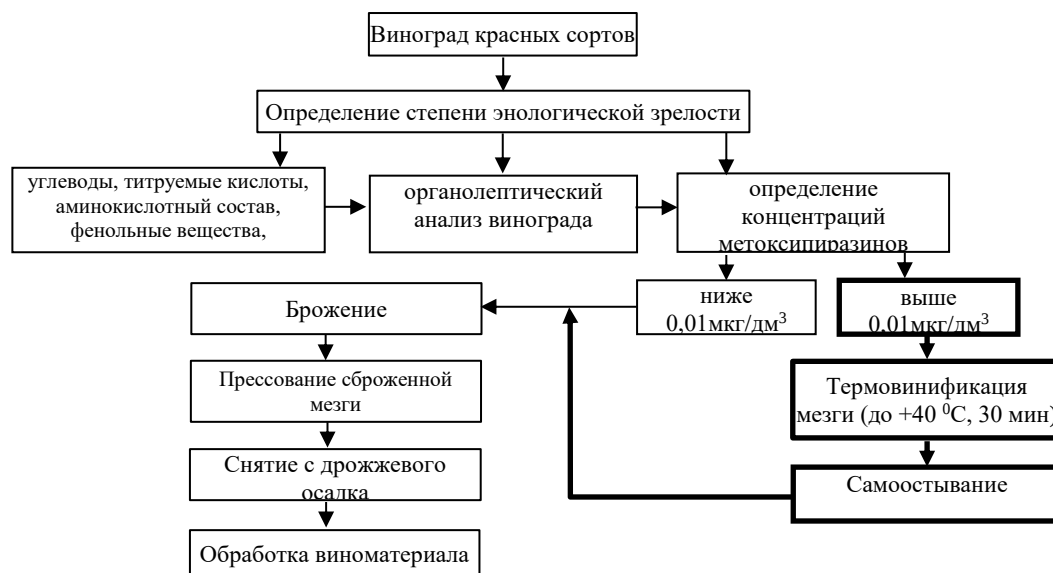


Рисунок 19 – Предлагаемая технологическая схема переработки винограда красных сортов



Рисунок 20 - Массовая концентрация суммы метоксипиразинов и технологические приемы переработки винограда на примере сорта Гранатовый

Анализ данных подтверждает, что технология переработки существенно влияет на содержание МП в вине. Наибольшее их количество наблюдается при использовании традиционного метода брожения мезги (вариант 1), что коррелирует с появлением в аромате вина, выраженных овощных и перечных тонов. Напротив, такие методы, как углекислотная мацерация (вариант 2) и особенно термовинификация с нагревом мезги до 40 °С (вариант 3), приводят к значительному снижению массовой концентрации

этих соединений. Это снижение напрямую связано с улучшением органолептических свойств вина, что подтверждается самой высокой дегустационной оценкой, полученной для варианта 3.

На основании полученных результатов исследований предложена технология при которой виноград, с высокими концентрациями метоксипиразинов, сначала дробится с гребнеотделением, затем отбирается сусло-самотек, которое в дальнейшем нагревается до температуры 35-40 °С и возвращается в стекшую мезгу, далее выдерживается при этой температуре в течении 3-4 часов, после чего проводится самоостывание. Далее переработка идет по принятой технологии.

Таким образом, для получения качественных красных вин с гармоничным ароматом, лишённым избыточных «зелёных» нот, целесообразно применять технологии, минимизирующие экстракцию метоксипиразинов, такие как кратковременная углекислотная мацерация или термовинификация.

4.2 Влияние степени зрелости винограда на стабильность виноматериалов, приготовленных из него

В промышленных партиях красных сухих виноматериалов сортов Курчанский и Гранатовый, произведенных по технологиям, приведенным в разделе 3.8 (5 вариантов), определяли физико-химические показатели в соответствии с ГОСТ 32030-2013 «Вина столовые и виноматериалы столовые. Общие технические условия». Проведённые исследования показали, что все образцы продукции, в том числе приготовленные по разработанной технологии, по физико-химическим показателям соответствуют требованиям

межгосударственного стандарта и по показателям безопасности – требованиям технического регламента таможенного союза ТР ТС 021/2010.

Проведенные сравнительные испытания показали близость результатов по определению склонности вин к помутнениям (таблица 21).

При оценке вин на склонность к различным видам помутнений использовались следующие обозначения:

Коллоидные помутнения: +++ - выраженное помутнение: в коллоидных помутнениях идентифицированы белки, полифенолы, полисахариды; ++ - менее выражены коллоидные помутнения, идентифицируются только при добавлении танина, без танина - осадок не образуется; + - небольшое помутнение без образования выраженного осадка

Кристаллические помутнения – тест со спиртом более жесткий и более точный. При выдержке при температуре, близкой к точке замерзания видимые признаки (+) появляются на 3-4-е сутки. При добавлении спирта уже на следующий день видны кристаллы.

Проведенные сравнительные испытания показали близость результатов по определению склонности вин к помутнениям.

Динамика склонности к обратимым коллоидным помутнениям: в винах обоих сортов, приготовленных из недозрелого винограда (срок сбора с 20.08 по 1.09), идентифицировались хорошо выраженные обратимые коллоидные помутнения. При выдержке на холоде в течение 24 ч. появлялась муть, исчезнувшая после естественного прогревания до комнатной температуры. Различие: в винах из сорта Курчанский помутнение было более интенсивным, а сформировавшийся на холоде осадок имел сизую окраску.

Это свидетельствует о том, что в виноматериалах из сорта Курчанский содержится большее количество высокомолекулярных соединений, способных участвовать в образовании обратимых коллоидных помутнений (белки, полисахариды, их комплексы).

Необратимые коллоидные помутнения связаны с наличием в виноматериале комплексов полифенол-белок-полисахарид, которые, как правило, формируются с участием поливалентных катионов металлов. В их составе обычно присутствуют катионы Ca, Mg, Al, Zn, Fe, Cu. Полученные данные

свидетельствуют о том, что по мере созревания винограда наибольшая вероятность формирования коллоидных необратимых помутнений выявлена в виноматериалах, произведенных из недозревшего винограда. По мере повышения массовой концентрации сахаров винограда состав и концентрация высокомолекулярных соединений изменяется, особенно полифенолов и полисахаридов. Начиная с массовой концентрации сахаров винограда порядка 19-12 г/100 см³, вероятность образования коллоидных помутнений вин незначительно снижается.

Таблица 21 – Розливостойкость полученных виноматериалов

Дата сбора	Помутнения				
	коллоидные		Кристаллические, тест		оксидазные
	обратимые	необратимые	холод	спирт	
Курчанский					
20.08	+++	+++	+	++	+++
30.08	+++	+++	++	++	+++
01.09	+++	+++	++	++	+++
10.09	++	++	+++	+++	+++
20.09	+	++	+++	+++	+++
30.09	+	+	+++	+++	++
10.10	-	+	+++	+++	+
27.10	-	++	+++	+++	+
15.11	-	++	+++	+++	+
Гранатовый					
20.08	+++	+++	+	++	+++
30.08	+++	+++	++	++	+++
01.09.	+++	+++	++	++	+++
10.09	++	++	+++	+++	++
20.09	+	+	+++	+++	+
30.09	-	+	+++	+++	+
10.10	-	+	+++	+++	+
27.10	-	++	+++	+++	+
15.11	-	++	+++	+++	+

Однако при дальнейшем увеличении массовой концентрации сахаров до 24 г/100 см³ и выше вероятность коллоидных помутнений вин снова возросла. Скорее всего, это связано с увеличением массовой концентрации полифенолов, в том числе лабильной (неустойчивой) фракции.

Оксидазные помутнения обусловлены наличием в вине окислительно-восстановительных систем, активность которых обусловлена присутствием окислительных ферментов – ортодифенолоксидазы, пероксида и др. [67]. Полученные результаты показали, что по мере созревания обоих сортов винограда активность окислительных ферментов в виноматериалах снижается, благодаря чему уменьшается вероятность оксидазного касса. Выявлено небольшое различие между сортами: в виноматериалах из винограда сорта Курчанский более продолжительный период времени (собранного до 20.09. включительно) при окислении образовывались осадки. В виноматериалах из винограда сорта Курчанский, собранного в более поздний период времени, при окислении наблюдалось лишь небольшое изменение цвета. Виноматериалы из винограда сорта Гранатовый были менее склонны к оксидазному кассу: в виноматериалах, приготовленных из винограда, собранного 10.09 и позже, осадки не выявлены, отмечено небольшое (легкое) изменение цвета: появились бурые оттенки. Возможно, что после технологических обработок, особенно бентонитом, виноматериалы будут стойкими к оксидазному кассу.

Кристаллические помутнения. Все исследуемые образцы виноматериалов были склонны к кристаллическим помутнениям. Отмечена закономерность: с увеличением степени созревания вероятность кристаллических помутнений возрастала, что полностью коррелирует с изменением концентрации катионов калия.

4.3 Экономическое обоснование эффективности разработанной технологии

Внедрение усовершенствованной технологии производства красных сухих вин, ключевым элементом которой является оптимизация сроков уборки винограда, 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. Расчет экономической эффективности, представленный в таблице 22, позволяет всесторонне оценить целесообразность перехода от традиционной схемы (ранняя уборка) к разработанной технологии (оптимальные сроки).

Анализ структуры себестоимости. Как следует из представленных данных, полная себестоимость продукции при использовании новой технологии возрастает на **154,1 руб./дал**, что составляет около 11,3 % по сравнению с базовым вариантом. Данное увеличение обусловлено несколькими факторами:

1. **Стоимость сырья:** Основной рост затрат (+92,1 руб./дал) связан с использованием винограда, убранного в фазу технологической зрелости. Такой виноград обладает более высоким содержанием сахаров и фенольных соединений, что напрямую влияет на качество будущего вина. Кроме того, сбор урожая в оптимальный срок может быть сопряжен с увеличением трудозатрат или использованием более квалифицированного ручного труда для отбора лучших гроздей.

2. **Прочие затраты:** Увеличение статьи «прочие затраты» на 55,7 руб./дал может включать расходы на более тщательный входной контроль сырья, использование специализированных ферментов или проведение дополнительных анализов в процессе винификации для контроля параметров экстракции цвета и танинов.

Важно отметить, что новая технология способствует оптимизации некоторых статей расходов. В частности, наблюдается снижение затрат на энергоносители (-0,7 руб./дал). Это может быть связано с тем, что брожение сусле с оптимальным сахаристостью протекает более предсказуемо и контролируемо, требуя меньшего вмешательства для терморегуляции.

Оценка финансовых результатов и рентабельности: несмотря на рост себестоимости, экономическая эффективность проекта не только не снижается, но и существенно возрастает. Ключевым фактором здесь выступает оптовая цена реализации готовой продукции, которая увеличивается на **321,6 руб./дал.** Такое значительное повышение отпускной цены объясняется существенным улучшением органолептических характеристик вина: обогащением ароматического профиля, формированием более сложного вкуса и повышением стабильности окраски. Рынок готов платить премию за продукт стабильно высокого качества, что и отражается в цене.

Прямым следствием роста выручки и управляемого увеличения затрат является двукратный рост прибыли от продаж. Прибыль увеличивается с 325,4 до 492,9 руб./дал, а абсолютный прирост составил 167,5 руб./дал. Наиболее показательным индикатором эффективности является уровень рентабельности продукции, который вырос с 23,8% до 32,4%, обеспечив положительный сдвиг в 8,6 процентных пункта. Это означает, что каждый рубль, вложенный в производство по новой технологии, приносит на 8,6 копеек больше чистой прибыли, чем при традиционном подходе.

Таким образом, внедрение данной технологии обеспечивает комплексный экономический эффект, выражающийся в:

- Улучшении органолептических показателей, в частности, ароматической составляющей и стабильности цвета.
- Повышении рыночной стоимости конечного продукта, позволяющем компенсировать возросшие издержки.

- Снижении коммерческих рисков за счет уменьшения количества забраковок и возврата продукции из торговой сети, вызванных нарушением товарного вида (например, окислацией или выпадением красящих веществ).
- Укреплении конкурентоспособности предприятия на рынке премиальных винодельческих продуктов.

Таблица 22 – Эффективность производства винопродукции в зависимости от сроков уборки винограда

Показатель	Молодое вино, ранняя уборка	Сухие вина, оптимальные сроки уборки	Отклонение, +/-
Затраты на основное сырье и материалы, руб./дал	546,9	639,0	92,1
Вспомогательные материалы, руб./дал	37,2	40,4	3,2
Затраты на энергоносители, руб./дал	3,3	2,7	-0,7
Расходы на эксплуатацию оборудования, руб./дал	27,3	27,3	0,0
Прочие затраты, руб./дал	718,3	774,0	55,7
Производственная себестоимость, руб./дал	1333,1	1483,3	150,2
Внепроизводственные расходы, руб./дал	34,2	38,0	3,9
Полная себестоимость, руб./дал	1367,3	1521,4	154,1
Оптовая цена реализации винопродукции, руб./дал	1692,7	2014,3	321,6
Прибыль от продаж, руб./дал	325,4	492,9	167,5
Рентабельность продукции, %	23,8	32,4	8,6

Проведенные расчеты убедительно доказывают, что переход на оптимальные сроки уборки винограда является экономически оправданным управленческим решением, которое ведет к росту прибыльности и рентабельности производства.

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. Углекислотная мацерация также снижает содержание пиразинов, но в меньшей степени (в 1,5–2 раза).

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, собранного в оптимальные сроки, обеспечивает повышение рентабельности продукции на 8,6 % за счет увеличения оптовой цены реализации и роста прибыли от продаж.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Валина, А. Как получается вино? / А. Валина. - Текст : электронный // Научно-популярный конкурс «Био/мол/текст»-2023/2024. Свободная тема. -2024. - URL : <https://biomolecula.ru/articles/kak-poluchaetsia-vino> (дата обращения: 12.09.2024).
2. Winemaker's Academy : сайт. - 2013. - URL : <http://winemakersacademy.com/sur-lie-aging-explained> (дата обращения: 09.02.2021). -Текст : электронный.
3. Российская система качества «Роскачество» : официальный сайт. - 2024. -URL : <https://roskachestvo.gov.ru/news/rekordnyy-uroven-kachestva-eksperty-vinnogo-gida-rossii-nazvali-desyatku-luchshikh-krasnykh-i-belykh/halal/certification-products/> (дата обращения: 09.01.2025). -Текст : электронный.
4. Что изменилось в виноделии и мире вина за 20 лет? / vintage-m. -Текст : электронный // Vintage-m : [сайт]. -2021. -URL : https://www.vintage-m.ru/blog/whats_changed_20_years_wine/ (дата обращения: 12.09.2024).
5. Suter, B. Adapting wine grape ripening to global change requires a multi-trait approach / B. Suter, A. Destrac-Irvine, M. Gowdy, Z. Dai. -DOI 10.3389/fpls.2021.624867. -Текст : электронный // Frontiers in Plant Science. -2021. - Vol. 12. -P. 624-867. -URL : <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2021.624867/full> (дата обращения: 05.11.2024).
6. Kyzas, G. Z. Chemistry of Wines / G. Z. Kyzas, F. Papageorgiou. - DOI 10.1007/978-3-031-85531-3_2. - Текст : электронный // Oenology in Practice. - New York : Springer-Verlag, 2025. - P. 17-68. -ISBN 978-3-031-85531-3. - URL : https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-85531-3_2 (дата обращения: 05.11.2025). - Режим доступа : Электронная библиотечная система SpringerLink.
7. Lei, Y. Methoxypyrazines biosynthesis and metabolism in grape: A review / Y. Lei, S. Xie, X. Guan. -DOI 10.1016/j.foodchem.2017.11.056. - Текст : электронный // Food Chemistry. -2018. - Vol. 245. -P. 1141-1147. - URL :

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814617318757> (дата обращения: 08.02.2022).

8. Sanders, R. D. Methoxypyrazine concentrations in the grape bunch rachis of *Vitis vinifera* L. Cv Shiraz: Influence of rootstock, region and light / R. D. Sanders, P. Boss, D. Capone. - DOI 10.1016/j.foodchem.2022.135234. - Текст : электронный // Food Chemistry. - 2023. - Vol. 408. - P. 135-234. - URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36599227> (дата обращения: 22.03.2023).

9. Lei, Y. Behavior of 3-isobutyl-2-methoxypyrazine biosynthesis related to proposed precursor and intermediate in wine grape / Y. Lei, S. Xie, H. Chen. - DOI 10.1016/j.foodchem.2018.10.121. - Текст : электронный // Food Chemistry. - 2019. - Vol. 277. - P. 609-616. - URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30502193> (дата обращения: 27.04.2021).

10. Geffroy, O. 3-Isobutyl-2-methoxypyrazine is neutrally perceived by consumers at usual concentrations in French Sauvignon and Fer wines from the Gaillac area / O. Geffroy, M. Armario, A. Fontaine. - DOI 10.20870/oeno-one.2020.54.4.4492. - Текст : электронный // OENO One. -2020. -Vol. 54, No. 4. - URL : <https://oeno-one.eu/article/view/4492> (дата обращения: 27.04.2021).

11. Leeuwen, C. An operational model for capturing grape ripening dynamics to support harvest decisions / C. Leeuwen, A. Destrac-Irvine, M. Gowdy. - DOI 10.20870/oeno-one.2023.57.2.7399. - Текст : электронный // OENO One. -2023. - Vol. 57, No. 2. - URL : <https://oeno-one.eu/article/view/7399> (дата обращения: 27.04.2021).

12. Коваль, Н. М. Настольная книга виноградаря : учебное пособие / Н. М. Коваль, Е. С. Комарова. -Киев : Урожай, 1964. -293 с. - Текст : непосредственный.

13. Зармаев, А. А. Агротехнология виноградарства с основами ампелографии : учебник для вузов / А. А. Зармаев. -3-е изд. - Москва : Юрайт, 2022. - 224 с. —

ISBN 978-5-534-20258-8. - Текст : непосредственный.

14. Назаров, М. Виноград в Средней полосе России / М. Назаров. - [Б. м.] : Паратайп, 2025. -464 с. - ISBN 978-5-0065-4173-3. -Текст : непосредственный.
15. Рибери-Гайон, Ж. Теория и практика виноделия. Способы производства вин. Превращения в винах : учебное пособие / Ж. Рибери-Гайон [и др.]. - Москва : Пищевая промышленность, 1980. - Т. 3. - 462 с. - Текст : непосредственный.
16. Рибери-Гайон, Ж. Теория и практика виноделия. Характеристика вин. Созревание винограда. Дрожжи и бактерии : учебное пособие / Ж. Рибери-Гайон [и др.] ; под редакцией Г. Г. Валуйко. - Москва : Пищевая промышленность, 1980. - Т. 2. -352 с. - Текст : непосредственный.
17. Васюкова, А. Т. Химия вина : учебник для вузов / А. Т. Васюкова. - Москва : Юрайт, 2025. -59 с. - ISBN 978-5-534-19517-0. - Текст : непосредственный.
18. Shimazu, J. Relationship Between Organic Acids and Quality of Wines / J. Shimazu. -Текст : электронный // Nippon jozokyokai zasshi. Journal of the Brewing Society of Japan. -1982. -Vol. 47, No. 9. -P. 623-627. (дата обращения: 14.01.2021).
19. Capozzi, V. Biodiversity of Oenological Lactic Acid Bacteria: Species - and Strain-Dependent Plus/Minus Effects on Wine Quality and Safety / V. Capozzi, M. Tufariello, N. Simone. - DOI 10.3390/fermentation7010024. - Текст : электронный // Fermentation. -2021. - Vol. 7, No. 1. -P. 24. - URL : <https://www.mdpi.com/2311-5637/7/1/24/pdf> (дата обращения: 21.09.2022).
20. Требования к штаммам молочнокислых бактерий для производства жемчужных красных вин / С. А. Кишковская, Т. Н. Танашук, Е. В. Иванова, О. Г. Печерица. - Текст : непосредственный // «Магарах». Виноградарство и виноделие. -2012. -№ 4. - С. 19-21.
21. Дурмишидзе, С. В. Физиологические свойства дубильных и красящих веществ винограда / С. В. Дурмишидзе, Н. Н. Нуцубидзе. - Текст : непосредственный // Доклады АН СССР. - 1951. - Т. 74, № 5. - С. 703.
22. Червяк, С. Н. Изучение взаимосвязей физико-химических и биохимических показателей винограда технических сортов / С. Н. Червяк. - УДК

634.85:631.524.5/.6:577.151. - Текст : электронный // Научные труды КубГТУ : электронный сетевой политематический журнал. - 2018. - Т. 1. - С. 1-10. - URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=32788670> (дата обращения: 05.04.2022). - Режим доступа : Научная электронная библиотека eLibrary.ru.

23. Остроухова, Е. В. Новый подход к технологической оценке сортов винограда / Е. В. Остроухова, И. В. Пескова, В. Г. Гержикова [и др.]. - Текст : электронный // Виноградарство и виноделие. - 2009. - № 39. - С. 61-66. - URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=25408173> (дата обращения: 17.06.2021). - Режим доступа : Научная электронная библиотека eLibrary.ru.

24. Zang, X. Impact of combined grape maturity and selected *Saccharomyces cerevisiae* on flavor profiles of young 'Cabernet Sauvignon' wines / X. Zang, Q. Du, J. Jiang. - DOI 10.1016/j.fochx.2024.102066. - Текст : электронный // Food Chemistry: X. - 2025. - Vol. 25. - URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590157524009544> (дата обращения: 15.10.2025).

25. Яланецкий, А. Я. Фенольный комплекс виноматериалов из интродуцированных клонов винограда / А. Я. Яланецкий, Н. А. Шмигельская, В. А. Загоруйко. - Текст : электронный // «Магарач». Виноградарство и виноделие. - 2013. - № 1. - С. 26-30. - URL : https://magarach-institut.ru/wp-content/uploads/2020/09/mvv-1_2013.pdf (дата обращения: 21.08.2020).

26. Гугучкина, Т. И. Фермерское виноделие: научно-практические рекомендации / Т. И. Гугучкина. - Краснодар : ФГБНУ СКЗНИИСиВ, 2016. – 173 с. - ISBN 978-5-98272-109-9. - Текст : непосредственный.

27. Маркосов, В. А. Красящие и дубильные вещества в процессе созревания и переработки винограда / В. А. Маркосов. - Текст : непосредственный // Виноградарство и виноделие. - 2010. - № 2. - С. 13-14.

28. Lasanta, C. The influence of ripeness grade on the composition of musts and wines from *Vitis vinifera* cv. Tempranillo grown in a warm climate / C. Lasanta, I. Caro, J. Gómez, L. Pérez. - DOI 10.1016/j.foodres.2014.07.039. - Текст : электронный

// Food Research International. - 2014. - Vol. 64. - P. 432-438. - URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30011672/> (дата обращения: 21.09.2022).

29. Lohitnavy, N. Berry sensory attributes correlate with compositional changes under different viticultural management of Semillon (*Vitis vinifera* L.) / N. Lohitnavy, S. Bastian, C. Collins. - DOI 10.1016/j.foodqual.2010.05.015. - Текст : электронный // Food Quality and Preference. - 2010. - Vol. 21, No. 7. - P. 711-719. - URL : https://www.researchgate.net/publication/229147509_Berry_sensory_attributes_correlate_with_compositional_changes_under_different_viticultural_management_of_Semillon_Vitis_vinifera_L (дата обращения: 11.06.2022).

30. Rousseau, J. Présentation d'une methode d'analyse sensorielle des baies de raisin. Principe, méthode, interprétation / J. Rousseau, D. Delteil. - Текст : электронный // Revue française d'Œnologie. - 2000. - Vol. 183. - P. 10-13. (дата обращения: 11.06.2022).

31. Бедарев, С. В. Особенности фенольного состава виноматериалов из перспективных сортов винограда селекции АЗОСВиВ / С. В. Бедарев. - Текст : непосредственный // Виноделие и виноградарство. - 2010. - № 2. - С. 10-11.

32. Reynolds, A. G. Managing Wine Quality / A. G. Reynolds. - 2nd ed. - Duxford : Woodhead Publishing, 2021. - 822 p. - ISBN 9780081020685. - URL : https://www.google.ru/books/edition/Managing_Wine_Quality/rglQEAAAQBAJ (дата обращения: 08.09.2023). - Режим доступа : Google Книги. - Текст : электронный.

33. Белякова, Е. А. Определение массовой концентрации фенольных веществ / Е. А. Белякова, А. В. Прах, В. М. Редька [и др.]. - Текст : непосредственный // Методическое и аналитическое обеспечение организации и проведения исследований по технологии производства винограда : учебное пособие. - Краснодар, 2010. - С. 82-86.

34. Pérez-Navarro, J. Phenolic compounds profile of different berry parts from novel *Vitis vinifera* L. red grape genotypes and Tempranillo using HPLC-DAD-ESI-MS/MS: A varietal differentiation tool / J. Pérez-Navarro, P. M. Izquierdo-Cañas, A. Mena-Morales. - DOI 10.1016/j.foodchem.2019.05.137. - Текст : электронный // Food

Chemistry. - 2019. - Vol. 295. - P. 350-360. - URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31174768/> (дата обращения: 14.05.2021).

35. Niimi, J. Objective measures of grape quality: From Cabernet Sauvignon grape composition to wine sensory characteristics / J. Niimi, O. Tomic, T. Næs. - DOI 10.1016/j.lwt.2020.109105. - Текст : электронный // LWT - Food Science and Technology. - 2020. - Vol. 123. - URL : <https://sci-hub.ru/10.1016/j.lwt.2020.109105> (дата обращения: 19.04.2023).

36. Родопуло, А. К. Биохимия виноделия : учебное пособие / А. К. Родопуло. - Москва : Пищевая промышленность, 1971. -373 с. - Текст : непосредственный.

37. Верновский, Э. А. Технология возделывания и использования винограда : учебник / Э. А. Верновский, С. Ю. Дженеев, В. Ф. Пономарев, Е. П. Шольц. -Москва : Агропромиздат, 1990. -303 с. - Текст : непосредственный.

38. Родопуло, А. К. Основы биохимии виноделия / А. К. Родопуло. - Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1983. -240 с. - Текст : непосредственный.

39. Агеева, Н. М. Исследование состава фенольного комплекса красных сортов винограда, произрастающего в Республике Крым и в Краснодарском крае /

Н. М. Агеева, Л. Э. Чемисова, В. А. Маркосов. - Текст : электронный // Плодоводство и виноградарство Юга России. -2016. - № 37. -С. 161-170. - URL : <https://elibrary.ru/vhxfzn> (дата обращения: 28.11.2020). - Режим доступа : Научная электронная библиотека eLibrary.ru.

40. Scharfetter, J. Evaluation of ripening indicators for harvest-time decision making in cold climate grape production / J. Scharfetter, A. Nelson, B. A. Workmaster. - DOI 10.5344/ajev.2020.20022. - Текст : электронный // American Journal of Enology and Viticulture (AJEV). -2020. -Vol. 71, No. 4. - P. 306-315. - URL : <https://sci-hub.ru/10.5344/ajev.2020.20022> (дата обращения: 10.08.2022).

41. Asproudi, A. Key norisoprenoid compounds in wines from early-harvested grapes in view of climate change / A. Asproudi, A. Ferrandino, F. Bonello. - DOI 10.1016/j.foodchem.2018.06.069. - Текст : электронный // Food Chemistry. - 2018. -

Vol. 268. - P. 143-152. - URL :
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814618310422> (дата обращения: 10.08.2022).

42. Bindon, K. Relationships between harvest time and wine composition in *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. 1. Grape and wine chemistry / K. Bindon, C. Varela, J. Kennedy. - DOI 10.1016/j.foodchem.2012.09.146. - Текст : электронный // Food Chemistry. - 2013. - Vol. 138, No. 2-3. - P. 1696-1705. - URL :
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814612016391> (дата обращения: 03.11.2021).

43. Хозяйственно-биологическая оценка коллекционных образцов винограда. -Текст : электронный // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса : материалы конференции (Соленое Займище, 10 - 12 августа 2021 года) / редколлегия: Х. М. Хасанов, А. Ш. Арзуманов,

С. Х. Абдумухторов. - Ташкент : НИИ генетических ресурсов растений, 2021. - С. 552-556. - URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47454681> (дата обращения: 21.07.2023). - Режим доступа : Научная электронная библиотека eLibrary.ru.

44. Особенности состава органических кислот в виноматериалах южного берега Крыма / А. С. Макаров, А. Я. Яланецкий, И. П. Лутков [и др.]. - Текст : непосредственный // «Магарач». Виноградарство и виноделие. - 2018. -№ 1. – С. 36-40.

45. Temerdashev, Z. A. Comparative assessment of amino acids and volatile compounds role in the formation of wines sensor properties by means of covariation analysis / Z. A. Temerdashev, A. A. Khalafyan, Y. F. Yakuba. - DOI 10.1016/j.heliyon.2019.e02626. - Текст : электронный // Heliyon. - 2019. - Vol. 5,
No. 10. - URL :
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844019362863> (дата обращения: 15.05.2022).

46. Соболев, Э. М. Технология натуральных и специальных вин : учебное пособие / Э. М. Соболев. - Майкоп : ГУРИПП «Адыгея», 2004. - 400 с. - ISBN 5-7992-0274-0. - Текст : непосредственный.

47. Poni, S. Effects of early leaf removal on cluster morphology, shoot efficiency and grape quality in two *Vitis vinifera* cultivars / S. Poni, F. Bernizzoni, G. Briola, A. Cenni. - DOI 10.17660/ActaHortic.2005.689.24. - Текст : электронный //

VII International Symposium on Grapevine Physiology and Biotechnology : Acta Horticulturae. -2005. - No. 689. - P. 217-226. - URL : https://www.actahort.org/books/689/689_24.htm (дата обращения: 15.05.2022).

48. Zoecklein, B. W. Effects of fruit zone leaf removal on yield, fruit composition, and fruit rot incidence of Chardonnay and White Riesling (*Vitis vinifera* L.) grapes / B. W. Zoecklein, T. K. Wolf, S. E. Duncan. - Текст : электронный // American Journal of Enology and Viticulture. - 1992. - Vol. 43, No. 2. - P. 139-148. - URL : <https://www.ajevonline.org/content/43/2/139> (дата обращения: 15.05.2022).

49. Влияние технологических приемов на формирование аромата красных столовых виноматериалов из винограда сорта Саперави северный / И. В. Пескова, И. В. Остроухова, П. А. Пробейголова, Г. Н. Верик. - Текст : непосредственный // «Магарач». Виноградарство и виноделие. - 2009. -№ 1. - С. 27-29.

50. Сравнительная агробиологическая и хозяйственная оценка технических сортов винограда для производства сухих вин в условиях Крымского района Краснодарского края / Н. В. Матузок, Л. П. Трошин, Р. В. Кравченко,

П. П. Радчевский. - Текст : непосредственный // «Магарач». Виноградарство и виноделие. - 2017. -№ 4. - С. 14-16.

51. ГОСТ 32051-2013. Продукция винодельческая. Методы органолептического анализа : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 августа 2013 г. № 58-П : дата введения 2015-07-01 / разработан ГНУ ВНИИПБиВП Россельхозакадемии. - Москва : Стандартинформ, 2013. -18 с. -URL : <https://internet-law.ru/gosts/gost/55728.pdf> (дата обращения: 10.02.2021). - Текст : электронный.

52. Влияние степени зрелости винограда на качество виноматериалов для игристых вин / А. С. Макаров [и др.]. - Текст : непосредственный // «Магараж». Виноградарство и виноделие. - 2021. - Т. 23, № 2. - С. 182-189.

53. Теоретические подходы к созданию новых технологий красных вин / Н. М. Агеева, В. А. Маркосов, Р. А. Неборский, Р. В. Гублия. - Текст : непосредственный // Виноделие и виноградарство. - 2009. - № 2. - С. 5-7.

54. Формирование качества столовых красных вин при обработке мезги ферментными препаратами / Е. В. Кушнерева, Т. И. Гугучкина, Ю. Ф. Якуба [и др.]. - Текст : непосредственный // Виноделие и виноградарство. - 2013. - № 6. - С. 25-29.

55. Гугучкина, Т. И. Мое виноделие : монография / Т. И. Гугучкина. - Краснодар : Просвещение-Юг, 2012. - 179 с. - ISBN 978-5-93491-447-4. - Текст : непосредственный.

56. Дробь, А. А. Влияние технологии переработки винограда на содержание антоцианов в красном вине / А. А. Дробь, С. М. Староверов, Г. Г. Васяров. - DOI 10.30679/2219-5335-2021-5-71-313-325. - Текст : электронный // Плодоводство и виноградарство Юга России. - 2021. - № 71. - С. 313-325. - URL : <http://journalkubansad.ru/pdf/21/05/24.pdf> (дата обращения: 22.06.2022).

57. Риберо-Гайон, Ж. Теория и практика виноделия. Осветление и стабилизация вин. Оборудование и аппаратура : учебное пособие / Ж. Риберо-Гайон, Э. Пейно, П. Риберо-Гайон, П. Сюдро ; перевод с французского ; под редакцией

Г. Г. Валуйко. - Москва : Пищевая промышленность, 1981. - Т. 4. - 415 с. - Текст : непосредственный.

58. Влияние обработки суслу ферментным препаратом на физико-химический состав и пенистые свойства виноматериалов для игристых вин / Н. Г. Таран, И. Н. Пономарева, Е. В. Солдатенко, И. Н. Троцкий. - Текст : непосредственный // «Магараж». Виноградарство и виноделие. - 2011. - № 4. - С. 24-26.

59. Ruiz-Rodríguez, A. Influence of Temperature during Pre-Fermentative Maceration and Alcoholic Fermentation on the Phenolic Composition of 'Cabernet Sauvignon' Wines / A. Ruiz-Rodríguez, M. Palma, C. G. Barroso. - DOI 10.3390/foods10051053. - Текст : электронный // Foods. - 2021. - Vol. 10, No. 5. –

P. 1053. - URL : <https://sci-hub.ru/10.3390/foods10051053> (дата обращения: 11.12.2022).

60. Фенольный состав винограда сорта Каберне Совиньон республики Крым / Г. П. Зайцев, В. Е. Мосолкова, Ю. В. Гришин, Ю. А. Огай. - Текст : непосредственный // «Магарах». Виноградарство и виноделие. - 2014. - № 4. –

С. 28-31.

61. Чаплыгин, А. В. Фенольные соединения натуральных сухих вин в зависимости от технологии производства / А. В. Чаплыгин, Н. М. Агеева,

В. Я. Одарченко. - Текст : непосредственный // Виноделие и виноградарство. - 2006. - № 2. - С. 31-32.

62. Влияние почвенно-климатических условий на качество красных столовых вин из винограда сорта Каберне Совиньон (республики Дагестан и Крым) / Э. А. Халилова, С. Ц. Котенко, Э. А. Исламмагомедова, А. А. Абакарова. - Текст : непосредственный // «Магарах». Виноградарство и виноделие. - 2019. - № 4. –

С. 333-338.

63. Edler, J. Technology sovereignty as an emerging frame for innovation policy. Defining rationales, ends and means / J. Edler, K. Blind, H. Kroll. - DOI 10.1016/j.respol.2023.104765. - Текст : электронный // Research Policy. - 2023. - Vol.

52, No. 6. - URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733323000673> (дата обращения: 11.12.2022).

64. Неборский, Р. А. Изменение фенольного комплекса винограда Каберне Совиньон при углекислотной мацерации / Р. А. Неборский, Н. М. Агеева. - Текст : непосредственный // Виноделие и виноградарство. - 2008. - № 1. - С. 16-17.

65. Маркосов, В. А. Исследование процесса ферментации мезги при производстве красных вин типа кагор / В. А. Маркосов, Н. М. Агеева,

А. П. Бирюков. - Текст : непосредственный // «Магараж». Виноградарство и виноделие. - 2013. - № 1. - С. 33-35.

66. Виноградов, В. А. Сравнительная оценка влияния нагревания и охлаждения мезги на показатели красных сухих виноматериалов / В. А. Виноградов,

А. Ю. Макагонов. - Текст : непосредственный // «Магараж». Виноградарство и виноделие. - 2014. - № 3. - С. 26-28.

67. Роль и значение ферментов в виноделии - The role and importance of enzymes in winemaking. - Текст : электронный // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : сборник статей по материалам 77-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2021 год / ответственный за выпуск А. Г. Кощачев. - Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, 2022. - С. 909. - URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=tnfwnd> (дата обращения: 21.08.2024). - Режим доступа : Научная электронная библиотека eLibrary.ru.

68. Гонтарева, Е. Н. Влияние различных способов винификации красных сортов винограда на качество вина / Е. Н. Гонтарева, Н. М. Агеева, А. В. Прах, В. М. Редька. - Текст : электронный // Научные труды Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства. - 2016. –

Т. 9. - С. 273-278. - URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=26184254> (дата обращения: 28.09.2022). - Режим доступа : Научная электронная библиотека eLibrary.ru.

69. Валуйко, Г. Г. Стабилизация виноградных вин : учебное пособие / Г. Г. Валуйко, В. И. Зинченко, Н. А. Мехузла. - 3-е изд., доп. - Симферополь : Таврида, 2002. - 208 с. - ISBN 966-584-099-1. - Текст : непосредственный.

70. Кишковский, З. Н. Технология вина : учебник / З. Н. Кишковский,

А. А. Мержаниан. - Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1984. -504 с. -Текст : непосредственный.

71. Какое воздействие на лозу вызывает появление в вине аромата зелени? -Текст : электронный // Vinograd.info : сайт. - 2019. - URL : <https://vinograd.info/stati/vino/kakoe-vozdeystvie-na-lozu-vyzyvaet-poyavlenie-v-vine-aromata-zeleni.html> (дата обращения: 09.09.2021).

72. Blackford, C. L. Exploring the influence of grape tissues on the concentration of wine volatile compounds / C. L. Blackford, R. D. Trengove, P. K. Boss. - DOI 10.1111/ajgw.12524. - Текст : электронный // Australian Journal of Grape and Wine Research. - 2022. - Vol. 28, No. 2. - P. 218-231. - URL : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ajgw.12524> (дата обращения: 25.05.2023).

73. Динамика ароматобразующих компонентов в ходе настаивания мезги / Е. В. Остроухова, И. В. Пескова, П. А. Пробейголова [и др.]. - Текст : непосредственный // «Магарач». Виноградарство и виноделие. - 2012. - № 1. – С. 27-30.

74. Обработка холодом в технологии стабилизации вин и пути оптимизации энергозатрат / А. В. Сильвестров, Н. Б. Чаплыгина, Т. И. Ведерникова [и др.]. -Текст : непосредственный // «Магарач». Виноградарство и виноделие. - 2019. - № 2. - С. 174-179.

75. Lukić, I. Wine proteome after partial clarification during fermentation reveals differential efficiency of various bentonite types / I. Lukić, I. Horvat, S. Radeka. - DOI 10.1016/j.jfca.2023.105889. - Текст : электронный // Journal of Food Composition and Analysis. - 2023. - Vol. 126. - P. 105889. - URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0889157523007639> (дата обращения: 23.08.2024).

76. Виноградов, В. А. Интенсификация экстракции фенольных и красящих веществ из кожицы винограда с помощью низкочастотного вибрационного воздействия / В. А. Виноградов, В. А. Загоруйко, А. Ю.

Макагонов. - Текст: непосредственный // Сборник научных трудов НИВиВ «Магарач». - Ялта, 2008. - Т. 38. - С. 28-31.

77. Запрометов, М. Н. Фенольные соединения: монография / М. Н. Запрометов. - Москва: Наука, 1993. - 345 с. - ISBN 5-02-004141-6. - Текст: непосредственный.

78. Гнетько, Л. В. Исследование влияния условий брожения на содержание биологически активных веществ фенольного комплекса в молодых красных винах / Л. В. Гнетько, Л. П. Неровных. - DOI 10.47370/2072-0920-2023-19-1-35-41. - Текст : непосредственный // Новые технологии = New technologies. - 2023. - Т. 19, № 1. - С. 35-41.

79. Валуйко, Г. Г. Особенности производства и экспертизы красных натуральных вин / Г. Г. Валуйко, С. В. Родина. - Текст : непосредственный // Виноделие и виноградарство. - 2003. - № 6. - С. 16-19.

80. Агеева, Н. М. Физико-химические и биотехнологические основы повышения устойчивости вин к физико-химическим помутнениям: специальность 05.18.01 «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства» : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Агеева Наталья Михайловна ; Кубанский государственный технологический университет. - Краснодар, 2003. - 50 с. - Текст : непосредственный.

81. Hashizume, K. Methoxypyrazine content of Japanese red wines / K. Hashizume, N. Umeda. - DOI 10.1271/bbb.60.802. - Текст : электронный // Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry. - 1996. - Vol. 60, No. 5. - P. 802-805. - URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27281141/> (дата обращения: 16.06.2022).

82. Kotseridis, Y. S. Quantitative analysis of 3-alkyl-2-methoxypyrazines in juice and wine using stable isotope labelled internal standard assay / Y. S. Kotseridis, M. Spink, I. D. Brindle. - DOI 10.1016/j.chroma.2008.02.088. - Текст : электронный // Journal of Chromatography A. - 2008. - Vol. 1190, No. 1-2. - P. 294-301. - URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18377916/> (дата обращения: 09.11.2022).

83. Letaief, H. Grape skin and seeds hardness assessment by texture analysis /

Н. Letaief, L. Rolle, G. Zeppa. - DOI 10.1051/IUFoST:20060337. - Текст : электронный // 13th World Congress of Food Science & Technology 2006. - 2006. - P. 1847-1856. - URL : <https://iufost.edpsciences.org/articles/iufost/pdf/2006/01/iufost06000337.pdf> (дата обращения: 05.10.2021).

84. Lasanta, C. The influence of ripeness grade on the composition of musts and wines from *Vitis vinifera* cv. Tempranillo grown in a warm climate / C. Lasanta,

I. Caro, J. Gómez, L. Pérez. - DOI 10.1016/j.foodres.2014.07.039. - Текст : электронный // Food Research International. - 2014. - Vol. 64. - P. 432-438. - URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30011672/> (дата обращения: 18.12.2021).

85. Вам с перцем или без? - Текст : электронный // Nashevino.ru : сайт. - 2015. - URL : <https://nashevino.ru/azbuka-vinodela-i-vinogradarya/vam-s-percem-ili-bez> (дата обращения: 19.03.2021).

86. Sidhu, D. Methoxypyrazine analysis and influence of viticultural and enological procedures on their levels in grapes, musts, and wines / D. Sidhu, J. Lund,

Y. Kotseridis. - DOI 10.1080/10408398.2012.658587. - Текст : электронный // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. - 2015. - Vol. 55, No. 4. - P. 485-502. - URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24915378/> (дата обращения: 12.03.2022).

87. Sherri, L. Claypoole Quantitation of 3-alkyl-2-methoxypyrazines in Grape Juice and Wine via SPME-GC/MS / L. Sherri. - Youngstown : Youngstown State University, 2010. - Текст : непосредственный.

88. Hjelmeland, A. K. A comparison of sorptive extraction techniques coupled to a new quantitative, sensitive, high throughput GC-MS/MS method for methoxypyrazine analysis in wine / A. K. Hjelmeland, P. L. Wylie, S. E. Ebeler. - DOI 10.1016/j.talanta.2015.10.086. - Текст : электронный // Talanta. - 2016. - Vol. 148. - P. 336-345. - URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26653458/> (дата обращения: 12.04.2023).

89. Barbe, J. The Sensory Space of Wines: From Concept to Evaluation and Description. A Review / J. Barbe, J. Garbay, S. Tempère. - DOI 10.3390/foods10061424. - Текст : электронный // Foods. - 2021. - Vol. 10, No. 6. –

Р. 1424. - URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34205350/> (дата обращения: 19.01.2023).

90. McKay, M. Investigating the effects of two volatile phenols on aroma perception of four red wine cultivars using Projective Mapping / M. McKay, F. F. Bauer, V. Panzeri. - DOI 10.1111/joss.12616. - Текст : электронный // Journal of Sensory Studies. - 2021. - Vol. 36, No. 1. - P. e12616. - URL : https://www.researchgate.net/publication/344338778_Investigating_the_effects_of_two_volatile_phenols_on_aroma_perception_of_four_red_wine_cultivars_using_Projective_Mapping (дата обращения: 13.11.2022).

91. Falcão, L. D. A survey of seasonal temperatures and vineyard altitude influences on 2-methoxy-3-isobutylpyrazine, C13-norisoprenoids, and the sensory profile of Brazilian Cabernet Sauvignon wines / L. D. Falcão, G. de Revel, M. C. Perello. - DOI 10.1021/jf070185u. - Текст : электронный // Journal of Agricultural and Food Chemistry. - 2007. - Vol. 55, No. 9. - P. 3605-3612. - URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17394344/> (дата обращения: 17.07.2022).

92. Buttery, R. G. Characterization of some volatile constituents of bell peppers / R. G. Buttery, R. M. Seifert, D. G. Guadagni, L. C. Ling. - DOI 10.1021/jf60166a061. - Текст : электронный // Journal of Agricultural and Food Chemistry. - 1969. - Vol. 17, No. 6. - P. 1322-1327. - URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23167241/> (дата обращения: 02.09.2021).

93. Murray, K. E. 2-methoxypyrazines and the flavour of green peas (*Pisum sativum*) / K. E. Murray, J. Shipton, F. B. Whitfield. - Текст : электронный // Chemistry and Industry. - 1970. - P. 193-210. - URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5428022/> (дата обращения: 12.03.2022).

94. Murray, K. E. The occurrence of 3-alkyl-2-methoxypyrazines in raw vegetables / K. E. Murray, F. B. Whitfield. - Текст : электронный // Journal of the Science of Food and Agriculture. - 1975. - Vol. 26, No. 7. - P. 973-986. - URL : <https://www.semanticscholar.org/paper/The-occurrence-of-3-alkyl-2-methoxypyrazines-in-raw-Murray-Whitfield/b7c48281ea3a9618bffcce0403f2540e9ec7ee57> (дата обращения: 16.05.2022).

95. Maga, J. A. Pyrazines in foods / J. A. Maga, C. E. Sizer. - DOI 10.1080/10408397309527174. - Текст : электронный // CRC Critical Reviews in Food Technology. - 1973. - Vol. 4, No. 1. - P. 39-115. - URL : <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408397309527174> (дата обращения: 10.09.2021).

96. Legrum, C. Quantitative analysis of 3-alkyl-2-methoxypyrazines in German Sauvignon blanc wines by MDGC--MS or MDGC--MS/MS for viticultural and enological studies / C. Legrum, E. Gracia-Moreno, R. Lopez. -DOI 10.1007/s00217-014-2250-8. - Текст : электронный // European Food Research and Technology. - 2014. - Vol. 239, No. 4. - P. 549-558. - URL : https://www.researchgate.net/publication/262723382_Quantitative_analysis_of_3-alkyl-2-methoxypyrazines_in_German_Sauvignon_blanс_wines_by_MDGC-MS_or_MDGC-MSMS_for_viticultural_and_enological_studies (дата обращения: 10.09.2021).

97. Roujou de Boubée, D. Research on 2-methoxy-3-isobutylpyrazine in grapes and wines / D. Roujou de Boubée. - Текст : электронный // Academie Amorim : [сайт]. -Paris, 2003. - P. 1-21. - URL : https://www.researchgate.net/publication/267939261_Research_on_2-methoxy-3-isobutylpyrazine_in_grapes_and_wines (дата обращения: 17.12.2021).

98. Ryona, I. Correlation of 3-isobutyl-2-methoxypyrazine to 3-isobutyl-2-hydroxypyrazine during maturation of bell pepper (*Capsicum annuum*) and wine grapes (*Vitis vinifera*) / I. Ryona, S. Leclerc, G. L. Sacks. -DOI 10.1021/jf102072w. - Текст : электронный // Journal of Agricultural and Food Chemistry. - 2010. - Vol. 58, No. 17. - P. 9723-9730. - URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20707309/> (дата обращения: 11.05.2022).

99. McIver, R. L. Synthesis of alkyl pyrazines by *Pseudomonas perolens* / R. L. McIver, G. A. Reineccius. - Текст : электронный // Biogenesis of Aroma / edited by T. Parliment. - Washington, D.C. : American Chemical Society, 1986. - P. 266-274. –

URL : <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/bk-1986-0317.ch025> (дата обращения: 11.10.2021).

100. Koch, A. 2-Methoxy-3-isobutylpyrazine in grape berries and its dependence on genotype / A. Koch, C. L. Doyle, M. A. Matthews. - DOI 10.1016/j.phytochem.2010.09.006. - Текст : электронный // *Phytochemistry*. -2010. - Vol. 71, No. 17-18. - P. 2190-2198. - URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20965529/> (дата обращения: 08.02.2023).

101. Nursten, H. E. Volatile flavour components of cooked potato / H. E. Nursten, M. R. Sheen. - DOI 10.1002/jsfa.2740240916. - Текст : электронный // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. - 1974. - Vol. 25, No. 6. - P. 643-663. - URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4846224/> (дата обращения: 08.06.2021).

102. Cheng, T. B. Biosynthesis of 2-methoxy-3-isopropylpyrazine in *Pseudomonas perolens* / T. B. Cheng, G. A. Reineccius, J. A. Bjorklund, E. Leete. - DOI 10.1021/jf00005a029. - Текст : электронный // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. - 1991. - Vol. 39, No. 5. - P. 1009-1012. - URL : <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf00005a029> (дата обращения: 09.10.2021).

103. MacDonald, J. C. Biosynthesis of pulcherriminic acid / J. C. MacDonald. - DOI 10.1042/bj0960533. - Текст : электронный // *Biochemical Journal*. - 1965. - Vol. 96, No. 2. - P. 533-538. - URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5837792/> (дата обращения: 18.04.2022).

104. Hashizume, K. S-Adenosyl-L-methionine-dependent O-methylation of 2-hydroxy-3-alkylpyrazine in wine grapes: a putative final step of methoxypyrazine biosynthesis / K. Hashizume, K. Tozawa, M. Endo. - DOI 10.1271/bbb.65.795. - Текст : электронный // *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. - 2001. - Vol. 65, No. 4. - P. 795-801. - URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11388455/> (дата обращения: 22.07.2021).

105. Dunlevy, J. D. A methyltransferase essential for the methoxypyrazine-derived flavour of wine / J. D. Dunlevy, E. G. Dennis, K. L. Soole. - DOI 10.1111/trj.12224. -Текст : электронный // *The Plant Journal*. - 2013. - Vol. 75, No. 4. - P. 606-617. –

URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23627620/> (дата обращения: 06.08.2022).

106. Guillaumie, S. Genetic analysis of the biosynthesis of 2-methoxy-3-isobutylpyrazine, a major grape-derived aroma compound impacting wine quality /

S. Guillaumie, A. Ilg, S. Réty. - DOI 10.1104/pp.113.218313. - Текст : электронный // Plant Physiology. - 2013. - Vol. 162, No. 2. - P. 604-615. - URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23606597/> (дата обращения: 06.02.2023).

107. Harris, S. A. Behavior of 3-isobutyl-2-hydroxypyrazine (IBHP), a key intermediate in 3-isobutyl-2-methoxypyrazine (IBMP) metabolism, in ripening wine grapes / S. A. Harris, I. Ryona, G. L. Sacks. - DOI 10.1021/jf302990m. - Текст : электронный // Journal of Agricultural and Food Chemistry. - 2012. - Vol. 60, No. 48. - P. 11901-11908. - URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23163527/> (дата обращения: 24.10.2021).

108. Belancic, A. Methoxypyrazines in grapes and wines of *Vitis vinifera* cv. Carmenere / A. Belancic, E. Agosin. - DOI 10.5344/ajev.2007.58.4.462. - Текст : электронный // American Journal of Enology and Viticulture. - 2007. - Vol. 58, No. 4. - P. 462-469. - URL : <https://www.ajevonline.org/content/58/4/462> (дата обращения: 20.05.2022).

109. de Boubée, D. R. Location of 2-methoxy-3-isobutylpyrazine in Cabernet Sauvignon grape bunches and its extractability during vinification / D. R. de Boubée, A. M. Cumsille. - DOI 10.5344/ajev.2002.53.1.1. - Текст : электронный // American Journal of Enology and Viticulture. - 2002. - Vol. 53, No. 1. - P. 1-5. - URL : <https://www.ajevonline.org/content/53/1/1> (дата обращения: 01.03.2023).

110. Wimalasiri, P. M. Timing of leaf removal modulates tannin composition and the level of anthocyanins and methoxypyrazines in 'Pinot noir' grapes and wines /

P. M. Wimalasiri, R. Harrison, I. Donaldson. - DOI 10.1016/j.foodres.2024.114003. - Текст : электронный // Food Research International. - 2024. - Vol. 178. - P. 114003. - URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996924000735> (дата обращения: 21.12.2024).

111. Garde-Cerdán, T. Towards the definition of optimal grape harvest time in Grenache grapevines: Nitrogenous maturity / T. Garde-Cerdán, G. Gutiérrez-Gamboa. -

DOI 10.1016/j.scienta.2018.05.014. - Текст : электронный // Scientia Horticulturae. - 2018. - Vol. 239. - P. 9-16. - URL : https://www.researchgate.net/publication/325069635_Towards_the_definition_of_optimal_grape_harvest_time_in_Grenache_grapevines_Nitrogenous_maturity (дата обращения: 17.10.2021).

112. Belancic, A. Methoxypyrazines in grapes and wines of *Vitis vinifera* cv. Carmenere / A. Belancic, E. Agosin. - DOI 10.5344/ajev.2007.58.4.462. - Текст : электронный // American Journal of Enology and Viticulture. - 2007. - Vol. 58, No. 4. - P. 462-469. - URL : <https://www.ajevonline.org/content/58/4/462> (дата обращения: 13.06.2022).

113. Cheng, X. Reduction of methoxypyrazines with 'vegetable-like' odors in grapes by foliar nitrogen application / X. Cheng, P. Wang, X. Zhang. - DOI 10.1016/j.scienta.2022.111106. - Текст : электронный // Scientia Horticulturae. - 2022. - Vol. 301. - P. 111106. - URL : https://www.researchgate.net/publication/359934325_Reduction_of_methoxypyrazines_with_'vegetable-like'_odors_in_grapes_by_foliar_nitrogen_application (дата обращения: 16.08.2023).

114. Fontana, A. R. QuEChERS Method for the Determination of 3-Alkyl-2-Methoxypyrazines in Wines by Gas Chromatography-Mass Spectrometry / A. R. Fontana, R. Bottini. - DOI 10.1007/s12161-016-0532-4. - Текст : электронный // Food Analytical Methods. - 2016. - Vol. 9. - P. 3352-3359. - URL : <https://link.springer.com/article/10.1007/s12161-016-0532-4> (дата обращения: 17.09.2021).

115. Prakh, A. V. Determination of methoxypyrazines in dry wines / A. V. Prakh, Y. F. Yakuba, V. M. Redka. - DOI 10.1051/bioconf/202410825004. - Текст : электронный // BIO Web of Conferences. - 2024. - Vol. 108. - P. 25004. - URL : https://www.bioconferences.org/articles/bioconf/abs/2024/27/bioconf_idsisa2024_25004/bioconf_idsisa2024_25004.html (дата обращения: 17.12.2024).

116. López, R. Development of a mixed-mode solid phase extraction method and further gas chromatography mass spectrometry for the analysis of 3-alkyl-2-

methoxypyrazines in wine / R. López, E. Gracia-Moreno, J. Cacho. - DOI 10.1016/j.chroma.2010.12.048. - Текст : электронный // Journal of Chromatography A. - 2011. - Vol. 1218, No. 6. - P. 842-848. - URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021967310017401> (дата обращения: 10.04.2022).

117. Ju, Y. Effects of winemaking techniques on the phenolics, organic acids, and volatile compounds of Muscat wines / Y. Ju, X. Xu, Y. Yu. - DOI 10.1016/j.fbio.2023.102937. - Текст : электронный // Food Bioscience. - 2023. - Vol. 54. - P. 102937. - URL : https://www.researchgate.net/publication/372816461_Effects_of_winemaking_techniques_on_the_phenolics_organic_acids_and_volatile_compounds_of_Muscat_wines (дата обращения: 14.05.2024).

118. Rejczak, T. A review of recent developments and trends in the QuEChERS sample preparation approach / T. Rejczak, T. Tuzimski. - DOI 10.1515/chem-2015-0109. - Текст : электронный // Open Chemistry. - 2015. - Vol. 13, No. 1. - P. 980-1010. - URL : <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/chem-2015-0109/html> (дата обращения: 19.09.2022).

119. Anastassiades, M. Fast and Easy Multiresidue Method Employing Acetonitrile Extraction/Partitioning and "Dispersive Solid-Phase Extraction" for the Determination of Pesticide Residues in Produce / M. Anastassiades, S. J. Lehotay, D. Štajnbaher, F. J. Schenck. - DOI 10.1093/jaoac/86.2.412. - Текст : электронный // Journal of AOAC International. - 2003. - Vol. 86, No. 2. - P. 412-431. - URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12723926/> (дата обращения: 19.09.2022).

120. Dmitrienko, S. G. Recent advances in sample preparation techniques and methods of sulfonamides detection - a review / S. G. Dmitrienko, E. V. Kochuk, V. V. Apyari, V. V. Tolmacheva, Y. A. Zolotov. - DOI 10.1016/j.aca.2014.08.023. - Текст : электронный // Analytica Chimica Acta. - 2014. - Vol. 850. - P. 6-25. - URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25441155/> (дата обращения: 23.10.2021).

121. Fontana, A. R. QuEChERS Method for the Determination of 3-Alkyl-2-Methoxypyrazines in Wines by Gas Chromatography-Mass Spectrometry /

A. R. Fontana, R. Bottini. - DOI 10.1007/s12161-016-0532-4. - Текст : электронный // Food Analytical Methods. - 2016. - Vol. 9, No. 12. - P. 3352-3359. - URL : <https://link.springer.com/article/10.1007/s12161-016-0532-4> (дата обращения: 11.04.2021).

122. Liang, C. Chemical and sensory evaluation of magnetic polymers as a remedial treatment for elevated concentrations of 3-isobutyl-2-methoxypyrazine in Cabernet Sauvignon grape must and wine / C. Liang, R. Ristic, V. Jiranek, D. W. Jeffery. - DOI 10.1021/acs.jafc.8b01397. - Текст : электронный // Journal of Agricultural and Food Chemistry. - 2018. - Vol. 66, No. 27. - P. 7121-7130. - URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29896953/> (дата обращения: 11.04.2021).

123. Geffroy, O. Changes in analytical and volatile compositions of red wines induced by pre-fermentation heat treatment of grapes / O. Geffroy, R. Lopez, E. Serrano. - DOI 10.1016/j.foodchem.2015.04.105. - Текст : электронный // Food Chemistry. - 2015. - Vol. 187. - P. 243-253. - URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25977023/> (дата обращения: 04.07.2022).

124. Schelezki, O. J. Comparison of consecutive harvests versus blending treatments to produce lower alcohol wines from Cabernet Sauvignon grapes: Impact on wine volatile composition and sensory properties / O. J. Schelezki, K. Šuklje, P. K. Boss, D. W. Jeffery. - DOI 10.1016/j.foodchem.2018.03.118. - Текст : электронный // Food Chemistry. - 2018. - Vol. 259. - P. 196-206. - URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29680044/> (дата обращения: 02.09.2021).

125. Schneider, K. Evidence of 2-methoxypyrazine reduction in Cabernet Sauvignon wines via spontaneous fermentation / K. Schneider, W. Taybar Assumpção. - DOI 10.1007/s00217-024-04518-8. - Текст : электронный // European Food Research and Technology. - 2024. - Vol. 250, No. 6. - P. 1815-1821. - URL : <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-024-04518-8> (дата обращения: 21.12.2024).

126. Ткаченко, О. Б. Влияние агрометеорологических условий вегетационного периода на технологические свойства винограда / О. Б. Ткаченко, О. В. Тринкаль, О. И. Пашковский. - DOI 10.15587/2312-8372.2015.44024. - Текст :

электронный // Технологический аудит и резервы производства. - 2015. - Т. 3, № 3 (23). - С. 18-21. - URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-agrometeorologicheskikh-usloviy-vegetatsionnogo-perioda-na-tehnologicheskie-svoystva-vinograda> (дата обращения: 09.06.2021).

127. Рыбалко, Е. А. Оценка виноградо - винодельческих районов Крыма по климатическим факторам, а также их влияния на качественные характеристики винограда / Е. А. Рыбалко, С. Н. Червяк, М. В. Ермихина. - DOI 10.12731/2658-6649-2023-15-5-936. - Текст : электронный // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. - 2023. - Vol. 15, No. 5. - URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vinogrado-vinodelcheskikh-rayonov-kryma-po-klimaticheskim-faktoram-a-takzhe-ih-vliyaniya-na-kachestvennye-harakteristiki> (дата обращения: 05.02.2024).

128. ГОСТ Р 57618-2017. Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Метод определения объемной доли этилового спирта = The alcohol production and raw material for it producing. Method of ethyl alcohol determination : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 июня 2013 г. N 247-ст : дата введения 2014-07-01 / разработан ГНУ ВНИИПБиВП Россельхозакадемии. - Москва : Стандартинформ, 2014. - 6 с. - URL : <http://docs.cntd.ru/document/1200103862> (дата обращения: 15.04.2023). - Текст : электронный.

129. ГОСТ 13192-73. Вина, виноматериалы и коньяки. Метод определения сахаров = Wines, wine materials and cognacs. Method of sugar determination : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 26.09.73 N 2205 : дата введения 1975-01-01 / разработан Минпищепромом СССР. - Москва : Стандартинформ, 2014. -14 с. - URL : <http://docs.cntd.ru/document/1200023069> (дата обращения: 15.04.2023). - Текст : электронный.

130. ГОСТ 32114-2013. Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Методы определения массовой концентрации титруемых кислот =

The alcohol production and raw material for it producing. Methods for determination of titrating acids : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 июня 2013 г. N 249-ст : дата введения 2014-07-01 / разработан ГНУ ВНИИПБиВП Россельхозакадемии. - Москва : Стандартинформ, 2014. -8 с. -URL : <http://docs.cntd.ru/document/1200103864> (дата обращения: 15.04.2023). -Текст : электронный.

131. ГОСТ 32001-2012. Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Метод определения массовой концентрации летучих кислот = The alcohol production and raw material for it producing. Method of volatile acids determination : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 июня 2013 г. N 250-ст : дата введения 2014-07-01 / разработан ГНУ ВНИИПБиВП Россельхозакадемии. - Москва : Стандартинформ, 2014. -8 с. -URL : <http://docs.cntd.ru/document/1200104688> (дата обращения: 15.04.2023). -Текст : электронный.

132. ГОСТ 32115-2013. Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Метод определения массовой концентрации свободного и общего диоксида серы : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 июня 2013 г. № 252-ст : дата введения 2014-07-01 / разработан ГНУ ВНИИПБиВП Россельхозакадемии. - Москва : Стандартинформ, 2014. -9 с. - URL : <https://internet-law.ru/gosts/gost/55232.pdf> (дата обращения: 09.02.2023). - Текст : электронный.

133. ГОСТ 32030-2013. Вина столовые и виноматериалы столовые. Общие технические условия : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 июня 2013 г. № 343-ст : дата введения 2014-07-01 / разработан ГНУ ВНИИПБиВП Россельхозакадемии. - Москва : Стандартинформ, 2013. -12 с. -

URL : <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293776/4293776991.pdf> (дата обращения: 09.02.2023). - Текст : электронный.

134. Гержикова, В. Г. Методы технохимического контроля в виноделии : методическое пособие / В. Г. Гержикова. - Симферополь : Таврия, 2009. - 260 с. - Текст : непосредственный.

135. Аникина, Н. С. Определение мономерных антоцианов в виноградных виноматериалах и винах / Н. С. Аникина, Д. Ю. Погорелов, Л. А. Михеева. - Текст : непосредственный // «Магарах». Виноградарство и виноделие. -2017. -№ 1. - С. 40-44.

136. Применение капиллярного электрофореза в виноделии. - Текст : непосредственный // Садоводство и виноградарство XXI века : материалы международной научно-практической конференции (Краснодар, 07-10 сентября 1999 года). - Краснодар, 1999. - Т. 5. - С. 148-150.

137. Содержание метоксипиразинов в красных технических сортах винограда Центральной зоны виноградарства Кубани / А. В. Прах, Е. Н. Толмачева, В. М. Редька. - Текст : непосредственный // Современные векторы развития науки : сборник статей по материалам ежегодной научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2023 г. - Краснодар : КубГАУ, 2024. - С. 435-437. - ISBN 978-5-907668-43-0.

138. Schmarr, H. G. Pitfalls encountered during quantitative determination of 3-alkyl-2-methoxypyrazines in grape must and wine using gas chromatography-mass spectrometry with stable isotope dilution analysis. Comprehensive two-dimensional gas chromatography-mass spectrometry and on-line liquid chromatography-multidimensional gas chromatography-mass spectrometry as potential loopholes /

H. G. Schmarr, S. Ganss, S. Koschinski. - DOI 10.1016/j.chroma.2010.06.049. - Текст : электронный // Journal of Chromatography A. - 2010. - Vol. 1217, No. 43. - P. 6769-6777. - URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20637469/> (дата обращения: 20.06.2023).

139. Godelmann, R. Implementation of headspace solid-phase-microextraction-GC-MS/MS methodology for determination of 3-alkyl-2-methoxypyrazines in wine /

R. Godelmann, S. Limmert, T. Kuballa. - DOI 10.1007/s00217-007-0741-6. - Текст : электронный // European Food Research and Technology. - 2008. - Vol. 227. - P. 449-461. - URL : <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-007-0741-6> (дата обращения: 08.02.2021).

140. Gutiérrez-Gamboa, G. An overview about the impacts of agricultural practices on grape nitrogen composition: Current research approaches / G. Gutiérrez-Gamboa, N. Alañón-Sánchez, R. Mateluna-Cuadra, T. Garde-Cerdán. - DOI 10.1016/j.foodres.2020.109477. - Текст : электронный // Food Research International. - 2020. - Vol. 136. - P. 109477. - URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996920305020> (дата обращения: 18.06.2022).

141. Favre, G. New acylated flavonols identified in *Vitis vinifera* grapes and wines / G. Favre, G. González-Neves, D. Piccardo. - DOI 10.1016/j.foodres.2018.06.019. - Текст : электронный // Food Research International. - 2018. - Vol. 112. - P. 98-107. - URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996918304642> (дата обращения: 18.08.2023).

142. Petretto, G. L. Grape and wine composition in *Vitis vinifera* L. cv. Cannonau explored by GC-MS and sensory analysis / G. L. Petretto, L. Mercenaro, P. P. Urgghe. - DOI 10.3390/foods10010101. - Текст : электронный // Foods. - 2021. - Vol. 10, No. 1. - P. 101. - URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33418947/> (дата обращения: 12.12.2022).

143. Niimi, J. Objective measures of grape quality: From Cabernet Sauvignon grape composition to wine sensory characteristics / J. Niimi, O. Tomic, T. Næs. - DOI 10.1016/j.lwt.2020.109105. - Текст : электронный // LWT. - 2020. - Vol. 123. - P. 109105. - URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643820301718> (дата обращения: 16.11.2022).

144. Бурлака, С. Д. Оценка и изучение основных органолептических показателей столовых и игристых вин / С. Д. Бурлака, Г. Ф. Музыченко, Н. И.

Шушпанов. -Текст : непосредственный // Международный журнал экспериментального образования. - 2017. - № 3-1. - С. 88.

145. Алиев, А. А. Экономика производства винограда / А. А. Алиев, М. В. Карнаухова, П. В. Растринин, И. А. Стоюшкин ; под редакцией М. В. Карнауховой. - Москва : Колос, 1980. -176 с. - Текст : непосредственный.

146. Матчина, И. Г. Экономика виноделия / И. Г. Матчина, А. Н. Бузни. - Симферополь : Таврия, 2003. -256 с. - Текст : непосредственный.

147. А.А. Халафян. STATISTIC A 6. Статистический анализ данных. 3-е изд. Учебник – М: ООО «Бином-Пресс», 2007 г. – 512 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Технологические инструкции

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
"Северо-Кавказский федеральный научный центр
садоводства, виноградарства, виноделия"
(ФГБНУ СКФНЦСВВ)



ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ по производству вина сухого красного «Курчанский»

ТИ 11.02.12.111-195-00668034-2024

Дата введения « 30 » октября 2024 г.

РАЗРАБОТАНО:

М.н.с. лаборатории виноделия

Редька В.М. Редька
С.н.с. лаборатории виноделия,
зав. лабораторно-производственным
подразделением «Микровиноделие»,
канд. с.х. наук

Прах А.В. Прах
Г.н.с. научного центра «Виноделие»,
д-р техн. наук, профессор

Агеева Н.М. Агеева
С.н.с. лаборатории виноделия
Ширшова А.А. Ширшова
« 30 » октября 2024 г.

Краснодар 2024

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Графическая интерпретация взаимосвязи дегустационной оценки от физико-химических показателей вин

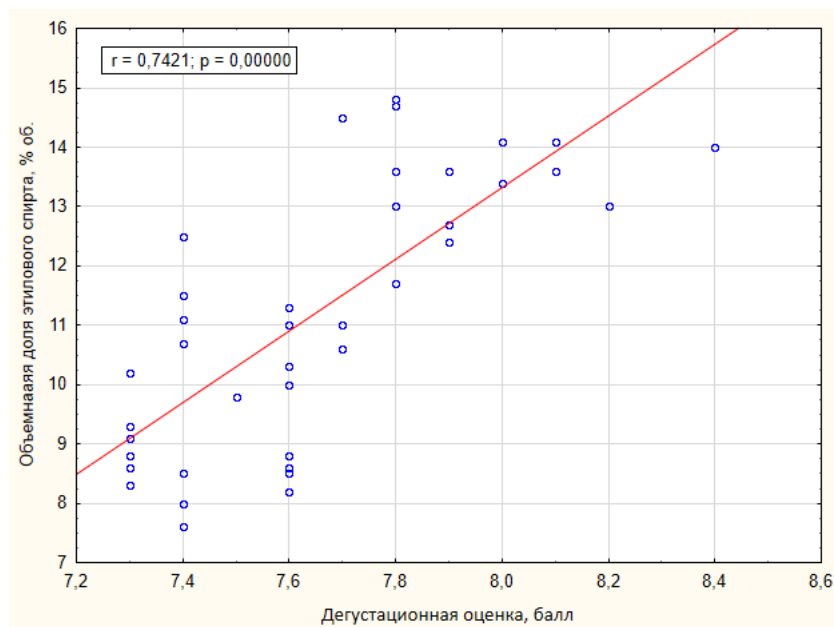


Рисунок Б.1 – Связь дегустационной оценки и содержания объемной доли этилового спирта

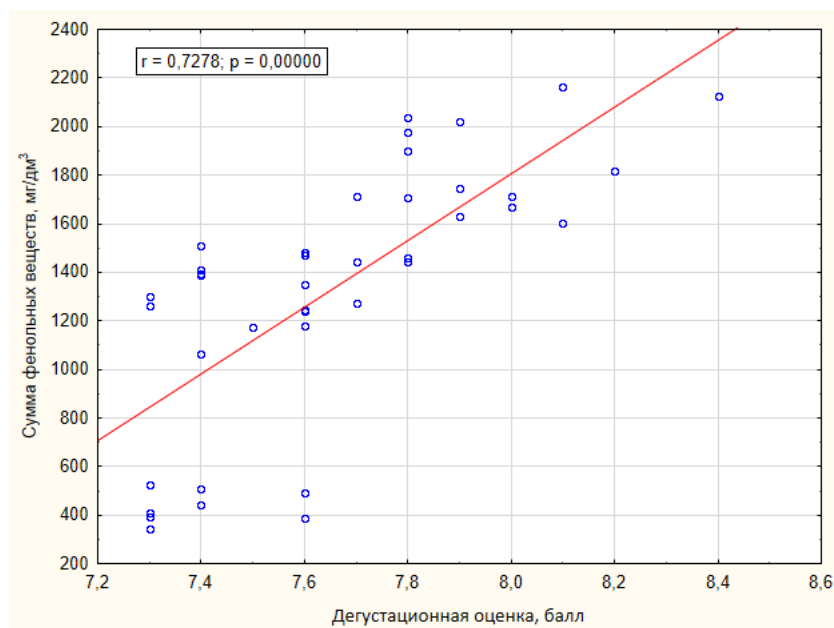


Рисунок Б.2 – Связь дегустационной оценки и содержания суммы фенольных веществ

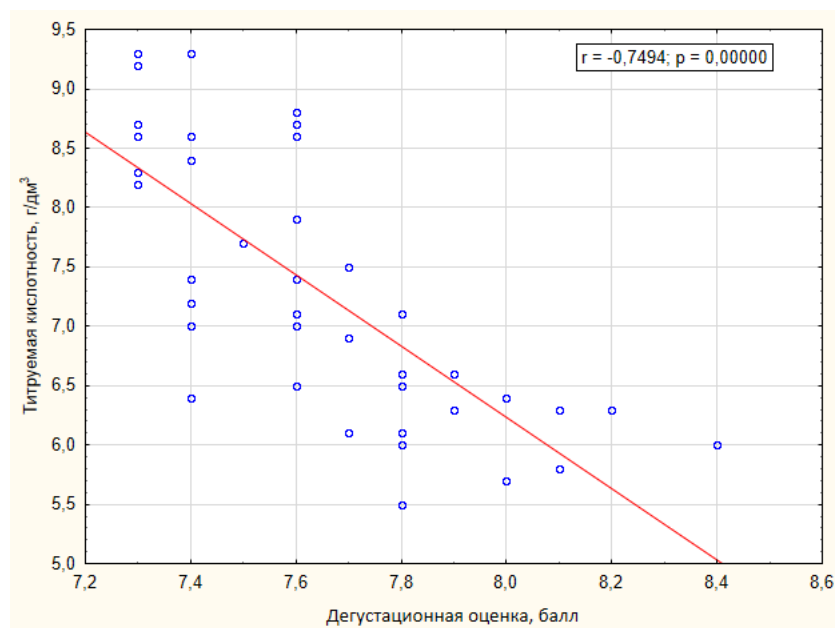


Рисунок Б.3 – Связь дегустационной оценки и содержания титруемых кислот

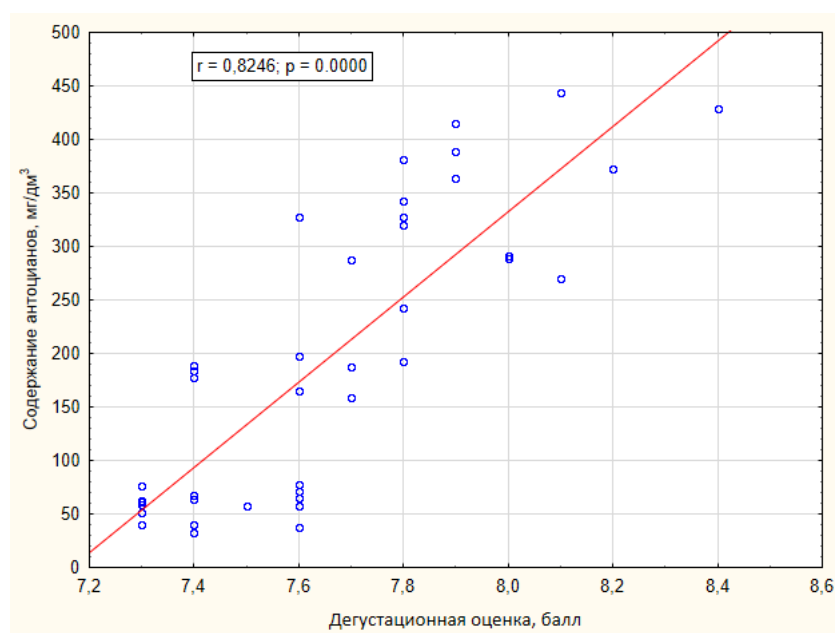


Рисунок Б.4 – Связь дегустационной оценки и содержания антоцианов

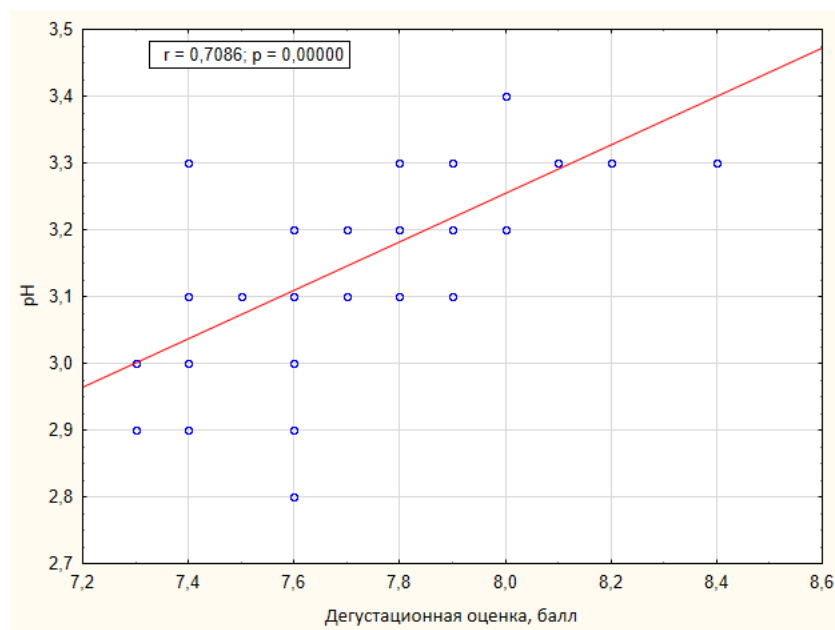


Рисунок Б.5 – Связь дегустационной оценки и величины рН

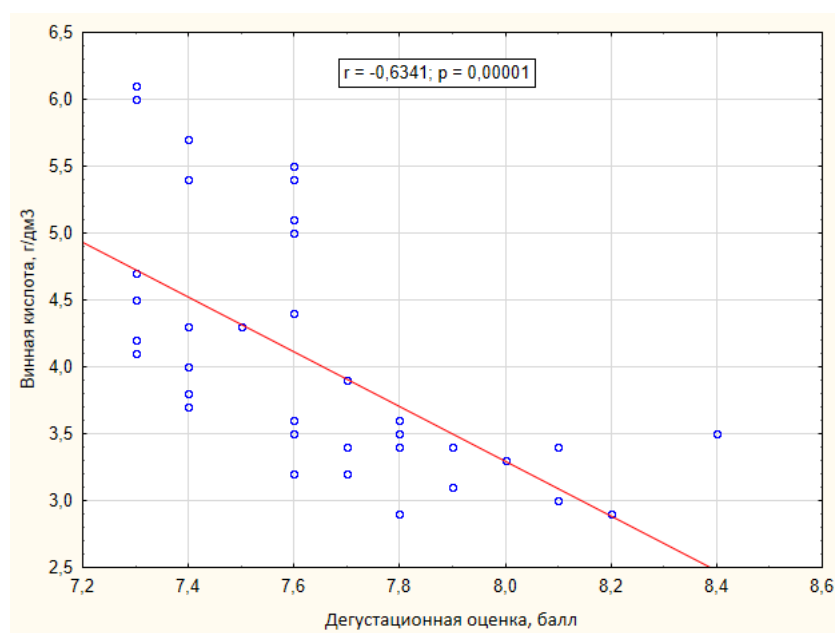


Рисунок Б.6 – Связь дегустационной оценки и содержания винной кислоты

ПРИЛОЖЕНИЕ В

СОГЛАСОВАНО



И.о. директора ФГБНУ
СКФНЦСВВ

Руссо Д.Э.

«12» марта 2026 г.

М.П.

УТВЕРЖДАЮ

Глава КФХ «Щербина М.П.»



Щербина М.П.

«13» марта 2026 г.

М.П.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия.

Заказчик КФХ «Щербина М.П.», Россия, Краснодарский край, г. Краснодар ул. Юности, 13, микрорайон Отделение № 1 ОПХ Колос.

Настоящим актом подтверждается, что результаты диссертационной работы: «Усовершенствовать технологию красных сухих сортовых вин на основе биохимических показателей винограда в зависимости от степени зрелости», выполненной научным центром «Виноделие» выполняемый в срок с июля 2023г. по март 2026 г.
внедрены в цехе виноматериалов КФХ «Щербина М.П.»

(наименование подразделений предприятия, где проходило внедрение)

Вид внедренных результатов Разработанная технология сортовых красных вин с учетом критериев качества винограда. Способ определения степени зрелости красного винограда сорта Гранатовый.

Форма внедрения: технология, способ

1. Объем внедрения 10 тыс. л
2. Технологический эффект: Определены оптимальные сроки уборки винограда на основе органолептического и комплексного биохимического анализов в том числе, метоксипиразинового профиля.

(охрана окружающей среды, повышение качества урожая)

От ФНЦ

Исполнители

Главный научный сотрудник

Агеева Н.М.

Старший научный сотрудник

Прах А.В.

Младший научный сотрудник

Редька В.М.

от предприятия

Глава КФХ

Щербина М.П.

СОГЛАСОВАНО

И. о. директора ФГБНУ



Руссо Д.Э.

2026 г.

УТВЕРЖДАЮ

Глава КФХ «Скорик И.И.»



Скорик И.И.

2026 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия.

Заказчик КФХ «Скорик И.И.», Россия, Краснодарский край, Динской район, ст. Пластуновская, ул. Крайняя д.1

Настоящим актом подтверждается, что результаты диссертационной работы: «Усовершенствовать технологию красных сухих сортовых вин на основе биохимических показателей винограда в зависимости от степени зрелости», выполненной научным центром «Виноделие»

выполняемый в срок с января 2023г. по март 2026 г.

внедрены в цехе виноматериалов КФХ «Скорик И.И.»

(наименование подразделений предприятия, где происходило внедрение)

Вид внедренных результатов: Разработанная технология сортовых красных вин с учетом критериев качества винограда.

Форма внедрения: технология

1. Объем внедрения 10 тыс. л
2. Технологический эффект: Определены оптимальные сроки уборки винограда на основе комплексного анализа фенольного, азотистого и метоксипиразинового профилей, установлено влияние технологических приемов переработки винограда на качество виноматериалов.

(охрана окружающей среды, повышение качества урожая)

От ФНЦ

Исполнители

Главный научный сотрудник

Агеева Н.М.

Старший научный сотрудник

Прах А.В.

Младший научный сотрудник

Редька В.М.

от предприятия

Глава КФХ

Скорик И.И.

СОГЛАСОВАНО

И. о. директора ФГБНУ

СКФНЦСВВ

Русов Д.В.

«17» ноября 2025 г.

М.П.



УТВЕРЖДАЮ

Заведующий НЦ «Виноделие»

ФГБНУ СКФНЦСВВ

Шелудько О.Н.

«17» ноября 2025 г.

М.П.



АКТ АПРОБАЦИИ

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия.

Настоящим актом подтверждается, что результаты диссертационной работы и тему: «Усовершенствовать технологию красных сухих вин на основе биохимических показателей винограда в зависимости от степени зрелости» апробированы в цехе микровиноделия научного центра «Виноделие» ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия». Работы проводились с июля 2023г. по ноябрь 2025г. В результате проведенных испытаний разработана технология красных вин, учитывающая сроки созревания винограда и критерии его качества.

Вид испытаний: Апробация разработанной технология сортовых красных вин с учетом критериев качества винограда.

Форма апробации: технология.

1. Объем внедрения: 3 тыс. л.
2. Технологический эффект: На основе органолептического (по разработанной авторской методике) и комплексного биохимического анализов винограда, в том числе метоксипиразинового профиля, определены оптимальные сроки уборки винограда. Установлено влияние технологии переработки винограда (с учетом степени его зрелости) на качество молодых красных сухих виноматериалов на примере сорта винограда Гранатовый.

Заведующая НЦ «Виноделие»

Главный научный сотрудник НЦ «Виноделие»

Старший научный сотрудник НЦ «Виноделие»

Младший научный сотрудник НЦ «Виноделие»

Шелудько О.Н.

Агеева Н.М.

Прах А.В.

Редька В.М.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2857777

Способ оценки зрелости ягод винограда

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия" (RU)*

Авторы: *Прах Антон Владимирович (RU), Редька Виталий Михайлович (RU), Шелудько Ольга Николаевна (RU), Агеева Наталья Михайловна (RU), Прах Андрей Антонович (RU)*

Заявка № 2024120933

Приоритет изобретения 16 июля 2024 г.

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 06 марта 2026 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 16 июля 2044 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 00a570a48f7c430d531b4b8818a75129506
Владелец **Зубов Юлий Сергеевич**
Документ создан с 04/07/2025 по 28.11.2025

Ю.С. Зубов

