

Массовая концентрация метоксипиразинов в красном винограде как маркер технологической зрелости

Редька В.М.[✉], Прах А.В., Агеева Н.М.

Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, г. Краснодар, Российская Федерация

[✉]redkavitali@yandex.ru

Аннотация. Исследование посвящено изучению метоксипиразинов (МП), в частности 2-изобутил-4-метоксипиразина (ИБМП) в качестве биохимических маркеров для определения оптимальных сроков сбора красных технических сортов винограда Курчанский и Гранатовый в условиях Краснодарского края (2022–2023 гг.). Методом газожидкостной хроматографии проанализирована динамика МП в ягодах и виноматериалах на разных стадиях зрелости. Установлено доминирование ИБМП (72–80 % от общего пула МП), концентрация которого достигает максимума до начала созревания и снижается по мере накопления сахаров. У сорта Курчанский снижение ИБМП составило 43 % (2022 г.) и 54 % (2023 г.) с августа по октябрь, оптимальный срок сбора – третья декада сентября (0,005–0,007 мкг/дм³ ИБМП). Сорт Гранатовый характеризовался более поздней деградацией МП с оптимумом в первой декаде октября (0,005–0,008 мкг/дм³ ИБМП). Аномально высокая температура в 2023 г. (+30...+34 °С) ускорила снижение МП на 14–20 дней. Органолептическая оценка вин (по 10-балльной шкале) выявила максимальные баллы (7,8 у Курчанского, 8,2 у Гранатового) при минимальных концентрациях ИБМП (<0,015 мкг/дм³), исключающих появление нежелательных «зеленых» тонов. Перезревание приводило к горечи, несмотря на дальнейшее снижение МП. Концентрации второстепенных МП (ИПМП-2-изопропил-3-метоксипиразин, СБМП-2-sec-бутил-3-метоксипиразин и ЭМП-2-этил-3-метоксипиразин) оставались стабильно низкими (<0,005 мкг/дм³). ИБМП подтвержден как надежный маркер фенольной зрелости, а установленные сортоспецифичные сроки сбора критичны для баланса сенсорного профиля вина.

Ключевые слова: газожидкостная хроматография; фенольная зрелость; сроки сбора урожая; дегустационная оценка.

Для цитирования: Редька В.М., Прах А.В., Агеева Н.М. Массовая концентрация метоксипиразинов в красном винограде как маркер технологической зрелости // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2025;27(3):261-265. EDN VBODVQ.

ORIGINAL RESEARCH

Mass concentration of methoxypyrazines in red grapes as a marker of technological ripeness

Redka V.M.[✉], Prakh A.V., Ageeva N.M.

North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Winemaking, Krasnodar, Russian Federation

[✉]redkavitali@yandex.ru

Abstract. This study investigates methoxypyrazines (MPs), particularly 2-isobutyl-4-methoxypyrazine (IBMP), as biochemical markers for optimizing harvest timing in red grape varieties 'Kurchansky' and 'Granatovy' in the conditions of Krasnodar Territory (2022–2023). The dynamics of MPs was analyzed using gas-liquid chromatography in grapes and wines across different ripening stages. Results revealed IBMP as the dominant MP (72–80% of total MPs), peaking pre-véraison and declining as grapes ripened and sugars accumulated. In 'Kurchansky' variety, IBMP was decreasing by 43% (2022) and 54% (2023) from August to October, with optimal harvest time in late September (0.005–0.007 µg/dm³ IBMP). The variety 'Granatovy' exhibited delayed MP degradation, with optimal harvest time in early October (0.005–0.008 µg/dm³ IBMP). Anomalous heat in 2023 (+30–34°C) accelerated MP degradation by 14–20 days. Wine sensory analysis (10-point scale) correlated peak scores (7.8 for 'Kurchansky', 8.2 for 'Granatovy') with minimized IBMP levels (<0.015 µg/dm³), avoiding undesirable "green" notes. Over ripening was increasing bitterness despite further MP reduction. Secondary MPs (IPMP, SBMP, EMP) were remaining consistently low (<0.005 µg/dm³). The study establishes IBMP as a reliable phenolic ripeness marker, with variety-specific harvest windows critical for balancing sensory profile of wine.

Key words: gas-liquid chromatography; phenolic ripeness; harvest timing; tasting assessment.

For citation: Redka V.M., Prakh A.V., Ageeva N.M. Mass concentration of methoxypyrazines in red grapes as a marker of technological ripeness. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2025;27(3): 261-265. EDN VBODVQ (in Russian).

Введение

Техническая зрелость винограда рассматривается виноделами как один из самых важных показателей начала уборки винограда для производства вина. Помимо технической существует понятие «фенольная зрелость», при которой большинство ягод на кусте имеют необходимую окраску, прозрачность кожицы, упругость мякоти и гармоничный вкус. Время полной зрелости винограда колеблется в зависимости от погодных-климатических условий года урожая, но порядок созревания сортов остается неизменным [1]. Это подтверждает тот факт, что сроки вызревания являются биологической особенностью сорта.

Последние десятилетия виноделы и виноградари начали сосредотачиваться на концепции достижения «фенольной зрелости» красных сортов винограда, описываемой как более полная зрелость танинов и других фенольных соединений в винограде, которые вносят вклад в цвет, вкус и аромат вина [2, 3]. При этом большинство ароматических соединений образуется в ягодах в виде вторичных метаболитов, которые появляются в конце созревания и в процессе накопления сахаров [4]. Поэтому зрелый виноград, содержащий достаточное количество сахара и кислоты, может оставаться незрелым в отношении выработки танинов, ароматов и привкуса, которые характерны для сложных и качественных вин [5, 6].

В связи с этим большой интерес представляют пиперазины- азотсодержащие гетероциклы, обладаю-

шие 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 важный вклад для сенсорных профилей.

Важность метоксипиразинов в аромате вина широко изучалась с момента первого сообщения о 3-изобутил-2-метоксипиразине в винограде Каберне Совиньон в 1975 г. Доказано, что различные сорта винограда содержат различное количество этих веществ, что позволяет предположить, что эти соединения могут способствовать их сортовому различию [7].

При концентрациях 0,01–0,015 мкг/дм³ ИБМП (2-изобутил-4-метоксипиразин) придает вину тона, именуемые как «зеленый стручковый перец» и «травянистый» аромат, которые считаются желательными при сбалансированном содержании, но при более высоких концентрациях он может придать вину подавляющие «травянистые» и «растительные» ароматы [8]. 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 [9, 10].

Метоксипиразины особенно чувствительны 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 [11].

По литературным источникам известно, что эти вещества имеют следующие диапазоны обнаружения: до 0,005 мкг/дм³ для ИПМП, 0,003 мкг/дм³ для СБМП, 0,1 мкг/дм³ для ИБМП и 0,008 мкг/дм³ для ЭМП [12].

Таким образом, определение и управление содержанием пиразинов (особенно ИБМП) для конкретных сортов винограда является ключевым фактором целенаправленного формирования стилистики вина, что требует учёта как при выборе участка, так и при реализации агроприёмов на нём. [14–19].

Объекты и методы исследований

В качестве объектов исследований в нашей работе использовался виноград двух красных сортов винограда – Курчанский и Гранатовый разной степени зрелости, произрастающие в центральной зоне виноградарства Краснодарского края.

Экспериментальная часть работы проводилась авторами в лаборатории научного центра «Виноделие», цехе микровиноделия и ЦКП «Приборно-аналитический» ФГБНУ СКФНЦСВВ. Отбор проб

винограда происходил на протяжении всего процесса созревания, чтобы собрать данные для мониторинга изменений содержания пиразинов и провести соответствующий анализ [13, 14].

В процессе исследований отбирались образцы свежего винограда исследуемых сортов в разные периоды созревания и в дальнейшем перерабатывались по классической технологии красных сухих вин – сбор винограда в сроки определенной фенольной зрелости, удаление гребней и дробление ягод с получением мезги, проведение брожения мезги при 25–28°C с использованием дрожжей IOC PRESTIGE и добавлением SO₂ в течение 7 сут., прессование и снятие с дрожжевого осадка.

Полученные виноматериалы подвергались лабораторному и органолептическому анализу.

Концентрацию метоксипиразинов определяли методом газожидкостной хроматографии («Кристалл 2000М») по методике Fontana A., Bottini R., 2016 г., модифицированной автором [17–20].

В работе определялись следующие метоксипиразины: 2-изопропил-3-метоксипиразин (ИПМП); 2-этил-3-метоксипиразин (ЭМП); 2-sec-бутил-3-метоксипиразин (СБМП); 2-изобутил-4-метоксипиразин (ИБМП).

Органолептическую оценку виноматериалов проводила дегустационная комиссия ФГБНУ СКФНЦСВВ РАСХН по 10-балльной шкале в соответствии с ГОСТ 32051-2013.

Результаты и их обсуждение

Анализ содержания метоксипиразинов в винограде сорта Курчанский (рис. 1) выявил выраженную зависимость от года исследования. В 2022 г. концентрация 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). ИПМП

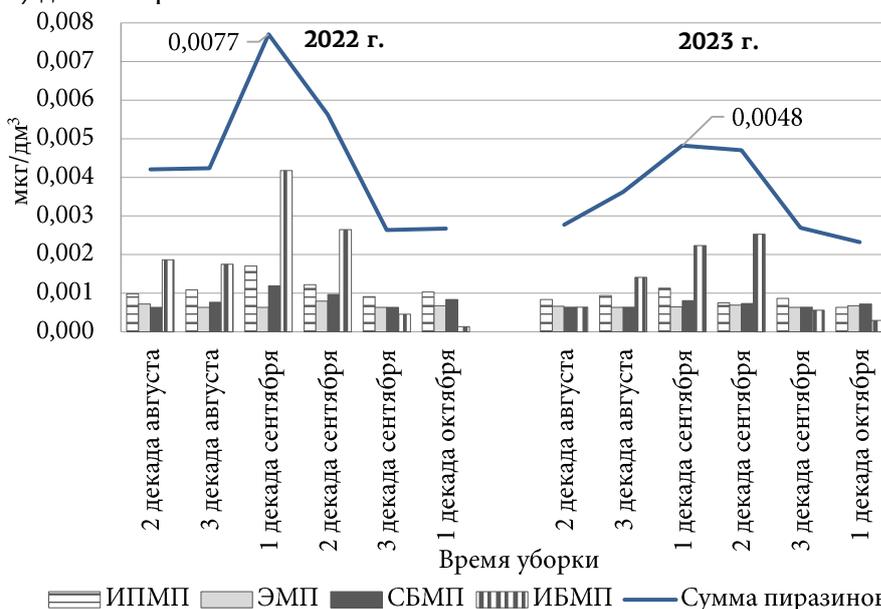


Рис. 1. Содержание метоксипиразинов в винограде сорта Курчанский, г. Краснодар, 2022–2023 гг.

Fig. 1. Methoxypyrazine content in 'Kurchansky' grapes, Krasnodar, 2022–2023

демонстрировал эту же 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 деградировал 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 деградировал 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 (рис. 2).

Следует отметить, что виноград сорта Гранатовый демонстрировал более позднее начало снижения метоксипиразинов по сравнению с сортом Курчанский в одинаковых условиях выращивания.

ИБМП является доминирующим метоксипиразином, его концентрация наиболее чувствительна к стадии зрелости и условиям года. Концентрация ИБМП в нашей работе варьировала от 0,0001 до 0,034 мкг/дм³, что превышает порог сенсорного обнаружения (0,002 мкг/дм³) для этого компонента в молодых красных виноматериалах. Что касается ИПМП, то можно также предположить влияние погодных условий на его накопление, судя по схожей с ИБМП активностью накопления.

Для виноматериалов сорта Курчанский (рис. 3) выявлена выраженная взаимосвязь между дегустационной оценкой и динамикой метоксипиразинов. В 2022 г. максимальная дегустационная оценка (7,8 баллов) соответствовала сроку уборки в 3-й декаде сентября, когда концентрация доминирующего ИБМП снизилась до 0,007 мкг/дм³. При этом в конце августа уровень ИБМП достигал 0,0123 мкг/дм³, что могло придавать вину нежелательные травянистые тона. В сентябре наблю-

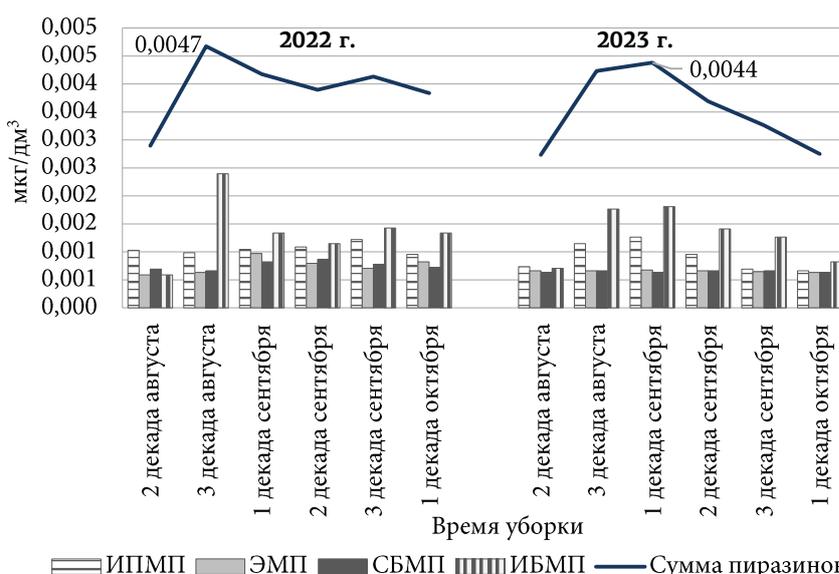


Рис. 2. Содержание метоксипиразинов в винограде сорта Гранатовый, г. Краснодар, 2022–2023 гг.

Fig. 2. Methoxypyrazine content in 'Granatovyy' grapes, Krasnodar, 2022–2023

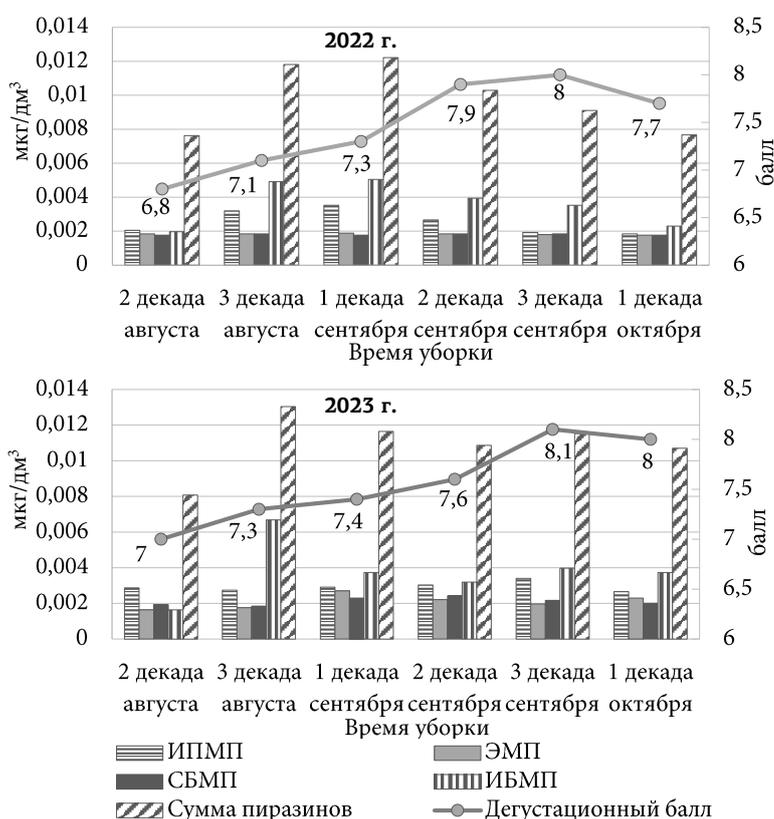


Рис. 3. Дегустационная оценка и содержание метоксипиразинов в виноматериале сорта Курчанский, г. Краснодар, 2022–2023 гг.

Fig. 3. Tasting assessment and methoxypyrazine content in 'Kurchansky' wine, Krasnodar, 2022–2023

дались 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 ок-

тября (–54 %). Аналогичная деградация отмечена для ИПМП (с 0,0086 до 0,0045 мкг/дм³, –48 %). Перезревание урожая (октябрь) сопровождалось снижением дегустационной оценки из-за появления горечи и жесткости во вкусе, несмотря на дальнейшее уменьшение содержания пиразинов – снижение проявления в аромате овощных и травянистых оттенков.

У виноматериала сорта Гранатовый (рис. 4) пик дегустационной оценки (8,2 балла) зафиксирован 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 (0,015 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 деградировал 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 изменению цветовых характеристик вина.

Оптимальные сроки сбора урожая коррелируют с минимальными концентрациями ИБМП: для Курчанского – 3-я декада сентября (0,005–0,007 мкг/дм³), для Гранатового – 1-я декада октября (0,005–0,008 мкг/дм³). Аномальная жара (2023 г.) ускорила деградацию метоксипиразинов на 14–20 дней, подтверждая их чувствительность к температурному стрессу. Максимальные дегустационные оценки совпадают со сбалансированным уровнем ИБМП, не превышающим порог сенсорного обнаружения. Гранатовый проявляет более позднее снижение пиразинов и устойчивость к перезреванию по сравнению с Курчанским.

Выводы

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать ряд заключений:

- доказана целесообразность использования концентрации ИБМП (2-изобутил-4-метоксипиразин) как биохимический маркер для уточнения оптимальной зрелости красных сортов винограда Курчанский и Гранатовый в условиях Краснодарского края;
- предложены сортоспецифичные сроки сбора: для сорта Курчанский – конец сентября (при снижении ИБМП до 0,005–0,007 мкг/дм³), для сорта Гранатовый – начало октября (0,005–0,008 мкг/дм³), обеспечивающие максимальное качество органолеп-

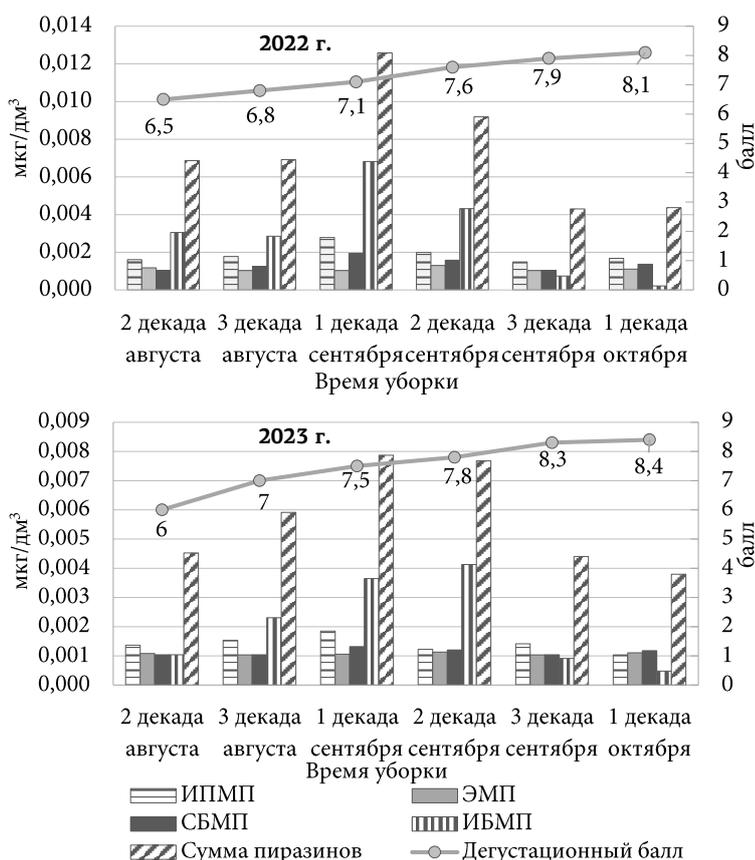


Рис. 4. Дегустационная оценка и содержание метоксипиразинов в виноматериале сорта Гранатовый, г. Краснодар, 2022–2023 гг.

Fig. 4. Tasting assessment and methoxypyrazine content in 'Granatoviy' wine, Krasnodar, 2022–2023

тических достоинств вин без формирования «зеленых» тонов;

– аномальная жара ускоряет деградацию метоксипиразинов, что подтверждается снижением характерных тонов в аромате исследуемых сортов.

Источник финансирования

Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научно-инновационного проекта № НИП-20.1/22.25.

Financing source

The study was carried out with financial support of Kuban Science Foundation in the framework of scientific and innovative project No. NIP-20.1/22.25.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы / References

1. Остроухова Е.В., Пескова И.В., Пробейголова П.А. Определение параметров зрелости винограда сорта Эким Кара для производства вин с географическим статусом // Русский виноград. 2018;7:205–216.
Ostroukhova E.V., Peskova I.V., Probeigolova P.A. Determination of maturity parameters of Ekim Kara grape variety for the production of wines with geographical status. Russian Grapes. 2018;7:205–216 (in Russian).
2. Травникова Е.Э. Исследование фенольного комплекса виноматериалов из красных технических сортов винограда // Проблемы развития АПК региона. 2017;4:148–155.

- Travnikova E.S. Study of phenolic complex of raw wine materials produced from technical red grape varieties. *Problems of the Development of the Agro-Industrial Complex of the Region*. 2017;4:148-155 (in Russian).
3. Агеева Н.М., Шелудько О.Н., Ширишова А.А., Прах А.В., Семенова М.Н. Исследование фенольного комплекса вино-материалов из сорта винограда Красностоп АЗОС // Пло-доводство и виноградарство юга России. 2025;92(2):127-137. DOI 10.30679/2219-5335-2025-2-92-127-137.
Ageeva N.M., Sheludko O.N., Shirshova A.A., Prakh A.V., Semenova M.N. Study of the phenolic complex of wine materials from the Krasnostop AZOS grape variety. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2025;92(2):127-137. DOI 10.30679/2219-5335-2025-2-92-127-137 (in Russian).
 4. Pérez-Navarro J., Izquierdo-Cañas P.M., Mena-Morales A., Martínez-Gascuña J., Chacón-Vozmediano J.L., García-Romero E., Gómez-Alonso S. 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. *Food Chemistry*. 2019;295:350-360. DOI 10.1016/j.foodchem.2019.05.137.
 5. Asproudi A., Petrozziello M., Cavalletto S., Vaudano E., Pollon M., Petrozziello M. Key norisoprenoid compounds in wines from early-harvested grapes in view of climate change. *Food Chemistry*. 2018;268:143-152. DOI 10.1016/j.foodchem.2018.06.069.
 6. Allamy L., van Leeuwen C., Pons A. Impact of harvest date on aroma compound composition of Merlot and Cabernet-Sauvignon must and wine in a context of climate change: a focus on cooked fruit molecular markers. *OENO One*. 2023;57(3):167-182. DOI 10.20870/oeno-one.2023.57.3.7458.
 7. Hashizume K., Umeda N. Methoxy-pyrazine content of Japanese red wines. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*. 1996;60(5):802-805. DOI 10.1271/bbb.60.802.
 8. Kotseridis Y.S., Anocibar Beloqui A., Bertrand A., Doazan J.P. Quantitative analysis of 3-alkyl-2-methoxy-pyrazines in juice and wine using stable isotope labelled internal standard assay. *Journal of Chromatography A*. 2008;1190(1-2):294-301. DOI 10.1016/j.chroma.2008.02.088.
 9. Sanders R.D., Boss P.K., Capone D.L., Kidman C.M., Maffei S., Jeffery D.W. Methoxy-pyrazine concentrations in the grape bunch rachis of *Vitis vinifera* L. cv Shiraz: Influence of rootstock, region and light. *Food Chemistry*. 2023;408:135234. DOI 10.1016/j.foodchem.2022.135234.
 10. Lei Y., Xie S., Guan X., Xueqiang Guan X., Song C., Zhang Z., Meng J. Methoxy-pyrazines biosynthesis and metabolism in grapes: A review. *Food Chemistry*. 2018;245:1141-1147. DOI 10.1016/j.foodchem.2017.11.056.
 11. Сапсай А.Н. «Вам с перцем или без?» <https://nashevino.ru/article/vam-s-pertcem-ili-bez> (дата обращения: 12.08.2025).
Sapsay A.N. "With or without pepper?" Access mode: <https://nashevino.ru/article/vam-s-pertcem-ili-bez> (date of access: 12.08.2025) (in Russian).
 12. Прах А.В., Толмачева Е.Н., Редька В.М. Содержание метоксипиразинов в красных технических сортах винограда Центральной зоны виноградарства Кубани // Современные векторы развития науки: сб. ст. по матер. науч.-практ. конф. преп. Краснодар, 2024:435-437.
Prakh A.V., Tolmacheva E.N., Redka V.M. Methoxy-pyrazines content in red technical grape varieties of the Central viticulture zone of Kuban. *Modern Vectors of Science Development: Collection of articles based on materials of the scientific-practical conference of teachers*. Krasnodar, 2024:435-437 (in Russian).
 13. Schmarr H.G., Ganss S., Koschinski S., Riehle C., Kinnart J., Potouridis T., Kutyrev M. Pitfalls encountered during quantitative determination of 3-alkyl-2-methoxy-pyrazines in grape must and wine using gas chromatography-mass spectrometry with stable isotope dilution analysis. *Journal of Chromatography A*. 2010;1217(43):6769-6777. DOI 10.1016/j.chroma.2010.06.049.
 14. Артеменко Я.Б., Прах А.В. Биохимические показатели и органолептический анализ вина из винограда сорта Курчачанский в зависимости от сроков уборки // Современные проблемы биологии и экологии: сб. ст. X Всерос. конф. молодых ученых. Краснодар, 2017:154-162.
Artemenko Ya.B., Prakh A.V. Biochemical parameters and organoleptic analysis of wine from the grape variety Kurchansky depending on harvest time. *Modern Problems of Biology and Ecology: Collection of Articles of the X All-Russian Conference of Young Scientists*. Krasnodar. 2017:154-162 (in Russian).
 15. Прах А.В., Якуба Ю.Ф., Васияров Г.Г., Титова Е.В., Дробь А.А., Староверов С.М. Влияние уходных операций на антоциановый комплекс вина из сорта винограда Каберне Совиньон // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И.Вернадского. Биология. Химия. 2022;8(2):154-162.
Prakh A. V., Yakuba U. F., Vasiyarov G.G., Titova E.V., Drob A.A., Staroverov S.M. The effect of nursing operations on the anthocyanin complex of wine from the cabernet sauvignon grape variety. *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*. 2022;8(2):154-162 (in Russian).
 16. Lei Y., Xie S., Chen H., Xueqiang G., Zhenwen Z. Behavior of 3-isobutyl-2-methoxy-pyrazine biosynthesis related to proposed precursor and intermediate in wine grape. *Food Chemistry*. 2019;277:609-616. DOI 10.1016/j.foodchem.2018.10.121.
 17. Tavares A., Mafra G., Carasek E., Amadeu M., Vitali L. Determination of five 3-alkyl-2-methoxy-pyrazines employing HS-SPME-GC-NPD: Application in evaluation of off-flavor of South American wines. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2022;105:104237. DOI 10.1016/j.jfca.2021.104237.
 18. Le Moigne M., Maury C., Bertrand D., Jourjon F. Sensory and instrumental characterisation of Cabernet Franc grapes according to ripening stages and growing location. *Food Quality and Preference*. 2008;19(2):220-231. DOI 10.1016/j.foodqual.2007.03.004.
 19. Prakh A.V., Yakuba Yu.F., Redka V.M., Reznichenko K.V., Prakh A.A. Determination of methoxy-pyrazines in dry wines. *BIO Web of Conferences*. 2024;108:25004. DOI 10.1051/bioconf/202410825004.

Информация об авторах

Виталий Михайлович Редька, мл. науч. сотр. научного центра «Виноделие»; e-мэйл: redkavitali@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3337-9435>;

Антон Владимирович Прах, канд. с.-х. наук, доц., науч. сотр. научного центра «Виноделие»; e-мэйл: aprakh@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4256-9898>;

Наталья Михайловна Агеева, д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотр. научного центра «Виноделие»; e-мэйл: ageyeva@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9165-6763>.

Information about the authors

Vitaly M. Redka, Junior Staff Scientist, Scientific Center "Winemaking"; e-mail: redkavitali@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3337-9435>;

Anton V. Prakh, Cand. Agric. Sci., Associate Professor, Staff Scientist, Scientific Center "Winemaking"; e-mail: aprakh@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4256-9898>;

Natalia M. Ageeva, Dr. Techn. Sci., Professor, Chief Staff Scientist, Scientific Center "Winemaking"; e-mail: ageyeva@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9165-6763>.

Статья поступила в редакцию 06.08.2025, одобрена после рецензии 20.08.2025, принята к публикации 20.08.2025.