

ISSN 1817-7204 (Print)

ISSN 1817-7239 (Online)

УДК 634.853:581.192.7.045:663.222-02

<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2024-62-3-224-237>

Поступила в редакцию 18.05.2023

Received 18.05.2023

**Е. В. Остроухова, И. В. Пескова, В. А. Бойко, С. В. Левченко***Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН, Ялта***ВЛИЯНИЕ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ  
НА ФОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА И АНТИОКСИДАНТНОГО КОМПЛЕКСА  
ВИНОГРАДА И ВИНА СОРТА КАБЕРНЕ СОВИньОН**

**Аннотация.** Изменение климата влияет на метаболизм виноградного растения, качество и биологическую ценность вин, что обуславливает необходимость поиска новых территорий для закладки виноградников. Цель работы – оценить воздействие агроэкологических условий (2016–2021 гг., Крым) на формирование комплекса фенольных антиоксидантов и качества винограда и вина сорта Каберне Совиньон. При проведении исследований использованы геоинформационное (SRTM-3, ASTER GDEM, Worldclim ver. 2.0) и математическое моделирование, метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), методы анализа химического состава винограда и вина, принятые в энохимии, статистический анализ. Установлены различия (Wilks  $L \leq 0,27$ ;  $\alpha < 0,00001$ ) территорий произрастания винограда по теплообеспеченности – с. Угловое < с. Вилино < г. Ялта < с. Приветное, с. Солнечная Долина < с. Морское; по влагообеспеченности – с. Солнечная Долина, с. Морское, с. Приветное < с. Вилино, с. Угловое < г. Ялта. Повышение теплообеспеченности территорий сопровождалось, с одной стороны, накоплением сахаров в винограде; легко экстрагируемых антоцианов, флавонолов, (–)-эпикатехина в семенах и кожице ягод, повышением pH; с другой – интенсификацией процессов преобразования и полимеризации фенольных компонентов при созревании винограда и его переработке, приводящей к увеличению содержания процианидинов (B2, B4), доли мальвидина и снижению доли цианидина, петунидина в ягодах; снижению концентрации моно- и димерных фенольных антиоксидантов в винах, усилению оттенков пряностей, молочных сливок в их аромате, развитию бархатисто-танинного вкуса ( $r = /0,53...0,98/$ ;  $\alpha < 0,05$ ). Повышение влагообеспеченности территорий сдерживает процесс накопления и трансформации фенольных антиоксидантов в ягодах. Вина из винограда с виноградников, расположенных в с. Угловое, с. Вилино, г. Ялта, содержали в биологически значимых количествах гидроксикоричные кислоты; с. Приветное, г. Ялта, с. Вилино – флаван-3-олы и антоцианы. Вина из с. Морское, с. Солнечная Долина содержали в среднем в 1,6 раза меньше фенольных антиоксидантов. Результаты исследований значимы для объектно-ориентированной оценки климатических условий территорий выращивания винограда.

**Ключевые слова:** виноградники, тепло- и влагообеспеченность, виноград, вино, ВЭЖХ, фенольные антиоксиданты, сенсорные характеристики

**Для цитирования:** Влияние агроклиматических факторов на формирование качества и антиоксидантного комплекса винограда и вина сорта Каберне Совиньон / Е. В. Остроухова [и др.] // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2024. – Т. 62, № 3. – С. 224–237. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2024-62-3-224-237>

**Elena V. Ostroukhova, Irina V. Peskova, Vladimir A. Boyko, Svetlana V. Levchenko***All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach”  
of the Russian Academy of Sciences, Yalta***EFFECT OF AGRO-CLIMATIC FACTORS ON FORMATION OF QUALITY  
AND ANTIOXIDANT COMPLEX OF ‘CABERNET SAUVIGNON’ GRAPES AND WINE**

**Abstract.** Climate change affects the metabolism of grape plants, quality and biological value of wine, necessitating the search for new territories to establish vineyards. The purpose of research is to assess the impact of agro-ecological conditions (2016–2021, Crimea) on the formation of a complex of phenolic antioxidants and quality of ‘Cabernet Sauvignon’ grapes and wine. The methods used are: geoinformational (SRTM-3, ASTER GDEM, Worldclim ver. 2.0) and mathematical modeling, high performance liquid chromatography method (HPLC), enochemistry appropriate practices and statistical analysis. Following differences (Wilks  $L \leq 0.27$ ;  $\alpha < 0.00001$ ) are determined in territories of grape growing in terms of heat supply – Uglovoe < Vilino < Yalta < Privetnoe, Solnechnaya Dolina < Morskoe; in terms of moisture supply – Solnechnaya Dolina, Morskoe, Privetnoe < Vilino, Uglovoe < Yalta. Increase in heat supply of territories was accompanied by the accumulation of sugars in grapes; easily extracted anthocyanins, flavonols, (–)-epicatechin in berry seeds and skins, and pH increasing, on the one hand; and on the other hand, intensification of transformation and polymerization processes in phenolic components during grape ripening and processing, leading to increase in the content of procyanidins (B2, B4), the proportion of malvidin,

and decrease in the proportion of cyanidin and petunidin in berries; decrease in the concentration of mono- and dimeric phenolic antioxidants, increase in the hints of spices and milk cream in aroma, as well as development of a velvety-tannic flavor in wine. Increase in the moisture supply of territories holds the process of accumulation and transformation of phenolic antioxidants in berries. Wine from grapes of Uglovoe, Vilino and Yalta vineyards contained a biologically significant amount of hydroxycinnamic acids; from Privetnoe, Yalta and Vilino vineyards – flavan-3-ols and anthocyanins. Wine from Morskoe and Solnechnaya Dolina vineyards contained an average of 1.6 times less phenolic antioxidants. The research results are significant for an object-oriented assessment of climatic conditions of grape growing territories.

**Keywords:** vineyards, heat and moisture supply, grapes, wine, HPLC, phenolic antioxidants, sensory characteristics

**For citation:** Ostroukhova E. V., Peskova I. V., Boyko V. A., Levchenko S. V. Effect of agro-climatic factors on formation of quality and antioxidant complex of ‘Cabernet Sauvignon’ grapes and wine. *Vesti Natsyonal'noi akademii nauk Belarusi. Seriya agrarnykh nauk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2024, vol. 62, no. 3, pp. 224–237 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2024-62-3-224-237>

**Введение.** Каберне Совиньон (*Vitis vinifera* L.) является распространенным техническим сортом винограда, который повсеместно дает вина высокого качества с широким спектром сенсорных характеристик. Виноград и вина из этого сорта обладают мощными антиоксидантными свойствами, обусловленными количественным содержанием и качественным составом фенольных компонентов [1–3]. Фенольные соединения способствуют нормализации клеточного обмена и транспорта кислорода, регуляции жирового обмена печени, укреплению стенок кровеносных сосудов, обладают кардиопротекторными свойствами и др. [4, 5]. Они играют важную роль в сложении цветовой и вкусовой гаммы вина, в том числе за счет их вовлеченности в окислительно-восстановительные процессы ферментативного и свободнорадикального характера [6, 7].

Изменение климата влияет на фенологию, агробиологию, метаболизм виноградного растения, что отражается на составе и биохимических свойствах ягод – в накоплении первичных (сахаров, органических кислот, ферментов) и вторичных (в частности, фенольных компонентов) метаболитов растительной клетки, что связано с их защитной функцией [8–11]. Последнее подтверждается широким варьированием содержания фенольных компонентов в винограде, а также активности ферментов, участвующих в их превращениях, в зависимости от природных и агротехнических условий произрастания лозы [2, 12, 10]. Дефицит влаги в почве приводит к увеличению содержания в ягодах флавоноидов; высокий уровень инсоляции и пониженные температуры воздуха – к накоплению антоцианов; высокие температуры – к аккумуляции флавонолов [13, 14]. Фенольные компоненты распределены в структурных частях ягоды неравномерно: антоцианы и флавонолы сосредоточены преимущественно в кожице ягод; мономерные флаван-3-олы – в семенах; гидроксикоричные кислоты и их соли – в мезокарпе; гидроксibenзойные кислоты, процианидины, танины – как в кожице, так и в семенах [4, 15]. Вследствие этого фенольный профиль вин не аналогичен таковому в винограде, из которого они были выработаны: степень перехода фенольных компонентов из винограда в вино зависит от технической зрелости винограда, степени гидролиза пектина и ксиланоглюкана в клеточных стенках кожицы ягод, степени полимеризации танинов семян и кожицы; активности оксидаз винограда [16, 17].

Очевидно, что повышение температуры окружающей среды, возрастание дефицита пресной воды могут привести к негативным изменениям качества и биологической ценности вин и обуславливают необходимость поиска новых территорий для закладки виноградников. Это, в свою очередь, требует раскрытия взаимосвязи природных условий возделывания винограда и количественных, качественных характеристик урожая и винопродукции. Настоящая работа является этапом комплексных исследований, включающих зонирование ампелозоологических ресурсов Крымского полуострова (с учетом сортоспецифичности), проводимых в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия “Магарач” РАН».

*Цель исследований* – оценка влияния агроэкологических условий на формирование комплекса фенольных антиоксидантов и качества винограда сорта Каберне Совиньон и полученных из него вин.

**Материалы и методы исследования.** Для исследований были выбраны виноградники, расположенные в разных природно-виноградарских регионах Крыма (рис. 1): вблизи сёл Вилино и Угловое (Крымский западно-приморский предгорный район), г. Ялта (Южный берег Крыма – ЮБК),



Рис. 1. Фрагмент цифровой карты рельефа Крымского полуострова и расположение анализируемых виноградников сорта Каберне Совиньон

Fig. 1. Tile of digital elevated map of the Crimean Peninsula with location of 'Cabernet Sauvignon' vineyards under analysis

сёл Приветное, Морское, Солнечная Долина (Горно-долинно-приморский район). Климатические параметры в точке расположения виноградников рассчитаны на основании данных сети стационарных метеостанций Крымского полуострова за 2016–2021 гг., цифровых моделей рельефа SRTM-3 и ASTER GDEM, глобальной климатической модели Worldclim ver. 2.0. Теплообеспеченность виноградников, согласно исследованиям Е. А. Рыбалко и соавт. [18, 19], оценивали по сумме активных температур выше  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $\sum T\text{ }^{\circ}\text{C}_{10}$ ) и  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $\sum T\text{ }^{\circ}\text{C}_{20}$ ) за вегетационный период, гелиотермическому индексу Хьюглина, индексу Уинклера, средней температуре в сентябре ( $t_{\text{сент}}$ ) и за вегетационный период ( $t_{\text{вег}}$ ); влагообеспеченность – по количеству осадков за год ( $P_{\text{год}}$ ), вегетационный период ( $P_{\text{вег}}$ ) и сентябрь ( $P_{\text{сент}}$ ); комплексному гидротермическому коэффициенту Селянинова (ГТК).

Отбор проб винограда осуществляли в период промышленного сбора. Вина вырабатывали в условиях микровиноделия по схеме: дробление винограда → сульфитация мезги ( $75 \pm 5\text{ мг/дм}^3$  общего  $\text{SO}_2$ ) → брожение мезги на культуре дрожжей 1-652 из ЦКП Коллекции микроорганизмов виноделия «Магарач» при температуре ( $24 \pm 2$ )  $^{\circ}\text{C}$  с плавающей шапкой при перемешивании мезги 4–5 раз в сутки до утилизации 2/3 сахаров → прессование мезги → брожение сусла до полной утилизации сахаров → самоосветление и декантация вин.

Показатель рН, содержание сахаров и титруемых кислот в винограде, фенольных компонентов в сусле сразу после дробления винограда ( $\text{ФВ}_0$ ), после 4-часового настаивания мезги при ( $20 \pm 2$ )  $^{\circ}\text{C}$  ( $\text{ФВ}_4$ ) и после термостатирования мезги при  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 30 мин (технологический запас фенольных веществ (ТЗФВ) определяли по принятым в энохимии методикам<sup>1</sup>). Общее содержание антоцианов в винограде ( $A_{\text{рН1,0}}$ ) и их легко экстрагируемой фракции ( $A_{\text{рН3,2}}$ ) оценивали по методу Glories [16]; монофенол-монооксигеназную активность сусла ( $A_{\text{МФМО}}$ ) – колориметрически по скорости окисления пирокатехина свежееотжатым суслом. Рассчитывали степень перехода фенольных компонентов в сусло при прессовании целых ягод ( $\text{ФВ}_0/\text{ТЗФВ}$ ) и после 4-часового настаивания мезги ( $\text{ФВ}_4/\text{ФВ}_0$ ), долю легко экстрагируемых антоцианов ( $E_a = A_{\text{рН3,2}}/A_{\text{рН1,0}}$ ).

Фенольный комплекс структурных частей ягоды (семена, кожица, мякоть) и вин анализировали методом ВЭЖХ. Экстрагирование компонентов осуществляли раствором подкисленного метанола ( $1\text{ см}^3\text{ HCl}$  на  $100\text{ см}^3\text{ CH}_3\text{OH}$ ); соотношение твердой и жидкой фаз при экстрагировании – 1 : 3, длительность экстрагирования – 3 мес. Для разделения фенольных соединений использовали Shimadzu LC-20 Prominence: колонка NUCLEOSIL C18 АВ длиной 250 мм, диаме-

<sup>1</sup> Методы технoхимического контроля в виноделии / под ред. В. Г. Гержиковой. 2-е изд., перераб. и доп. Симферополь: Таврида, 2009. 303 с. (Серия научно-технической литературы по виноделию).

тром 2 мм, размером пор 100 Å, детектор – спектрофотометрический с диодной матрицей. Элюирование осуществляли в градиентном режиме увеличения доли раствора Б (смесь  $\text{AcCN} : \text{MeOH} : \text{H}_2\text{O}$  в соотношении 40 : 40 : 20, pH 2,5) в смеси с раствором А (водный раствор  $\text{HClO}_4$ , pH 1,8) в течение 80 мин; детектирование проводили при длинах волн: 280 нм – для галловой кислоты, флаван-3-олов и процианидинов; 313 нм – для оксикоричных кислот; 360 нм – для кверцетина; 525 нм – для антоцианов. Идентифицировали компоненты путем сравнения их спектральных характеристик и времени удерживания со стандартами.

Объем выборки составлял 36 образцов винограда и вин; при использовании ВЭЖХ – 20. Анализы выполняли в 2–3 повторностях. Данные обрабатывали методами дисперсионного (ANOVA, F-test), дискриминантного, кластерного и корреляционного анализа (программа Statistica 10). Отличия количественных признаков в независимых подгруппах оценивали по критерию Манна – Уитни (U-test), информативность дискриминантных переменных – по Wilks L., уровень сходства – по расстоянию Евклида (Ed) для точки значимости  $\alpha < 0,05$ . В таблицах и тексте приведены средние арифметические значения показателей и стандартное отклонение (СО) единичного результата.

**Результаты и их обсуждение.** Результаты определения климатических параметров виноградников (табл. 1) показали, что географическое расположение обусловило дисперсию параметров их теплообеспеченности (за исключением индекса Хьюглина) на уровне значимости от  $\alpha < 0,00001$  до  $\alpha < 0,002$ . Наиболее значимые различия виноградников зафиксированы по показателям:  $\sum T^{\circ\text{C}}_{10}$ , индекс Уинклера и средняя температура в вегетационный период. Наибольшими значениями этих параметров характеризовались виноградники в с. Морское, наименьшими – в с. Угловое. При совокупном учете параметров теплообеспеченности виноградники значительно различались по теплоресурсам с Wilks L. = 0,012 при  $\alpha < 0,00001$  (рис. 2, а). Направление стрелок на диаграмме указывает увеличение значений агроэкологических параметров по осям. Обобщение результатов статистического анализа данных позволило расположить виноградники по повышению их теплообеспеченности в ряду: с. Угловое < с. Вилино < г. Ялта < с. Приветное, с. Солнечная Долина < с. Морское. Отмечено варьирование теплообеспеченности виноградников, расположенных вблизи г. Ялта, по годам: наибольшая наблюдалась в 2018 г., наименьшая – в 2021 г.

Таблица 1. Значения климатических параметров виноградников, расположенных в различных географических объектах

Table 1. Values of climatic parameters of vineyards located in different geographical areas

Параметр	Виноградарский район / географический объект						$\alpha^*$ , менее
	Крымский западно-приморский предгорный		ЮБК	Горно-долинно-приморский			
	с. Вилино	с. Угловое	г. Ялта	с. Приветное	с. Морское	с. Солнечная Долина	
$\sum T^{\circ\text{C}}_{10}$	3844 ± 191	3763 ± 191	4173 ± 312	4310 ± 172	4357 ± 172	4321 ± 172	0,00002
$\sum T^{\circ\text{C}}_{20}$	2246 ± 236	2173 ± 236	2414 ± 327	2647 ± 186	2661 ± 186	2630 ± 186	0,002
Индекс Хьюглина	2724 ± 130	2681 ± 130	2845 ± 107	2714 ± 165	2753 ± 165	2747 ± 165	–
Индекс Уинклера	1767 ± 106	1728 ± 106	2083 ± 126	2087 ± 156	2108 ± 156	2090 ± 156	0,00001
$t_{\text{сент}}^{\circ\text{C}}$	18,1 ± 1,4	17,6 ± 1,4	18,4 ± 1,4	20,5 ± 1,4	20,3 ± 1,4	20,6 ± 1,4	0,002
$t_{\text{вер}}^{\circ\text{C}}$	19,2 ± 0,6	19,1 ± 0,6	20,1 ± 0,6	20,8 ± 0,6	20,8 ± 0,7	20,7 ± 0,7	0,00001
ГТК	0,67 ± 0,17	0,69 ± 0,17	0,77 ± 0,17	0,57 ± 0,20	0,55 ± 0,20	0,56 ± 0,20	–
$P_{\text{год}}^{\text{мм}}$	461 ± 45	474 ± 42	624 ± 154	446 ± 96	429 ± 109	422 ± 96	0,02
$P_{\text{вер}}^{\text{мм}}$	258 ± 61	263 ± 61	308 ± 76	240 ± 71	237 ± 71	237 ± 71	–
$P_{\text{сент}}^{\text{мм}}$	32,4 ± 29,4	33,2 ± 29,4	45,1 ± 51,6	23,6 ± 16,2	22,6 ± 16,2	26,6 ± 16,2	–

\* Уровень значимости дисперсии (F-test) показателя между виноградниками.

\* Significance level of indicator dispersion (F-test) between vineyards.

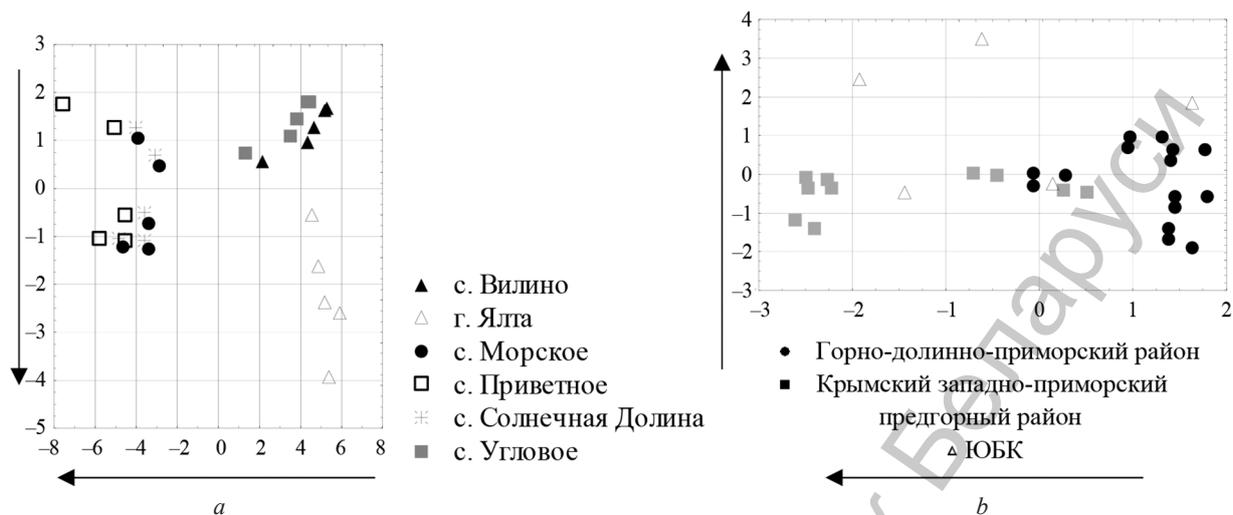


Рис. 2. Результаты дискриминантного анализа территорий произрастания винограда по теплоресурсам: *a* – по географическим объектам и влагообеспеченности; *b* – по виноградарским районам

Fig. 2. Results of discriminant analysis in grape growing areas by heat supply: *a* – by geographical objects and moisture supply resources; *b* – by viticulture regions

Виноградники в окрестностях г. Ялта характеризовались наибольшим количеством годовых осадков – от 435 до 746 мм, что в среднем на 44 % превышало таковые на виноградниках Горно-долинно-приморского района ( $\alpha < 0,04$ ) и на 29 % – Крымского западно-приморского предгорного района. Значимой разницы параметров влагообеспеченности между виноградниками, расположенными в одном виноградарском районе, не выявлено. Однако при их совокупном учете территории дискриминировались по виноградарским районам с Wilks L. = 0,27 при  $\alpha < 0,00001$  (рис. 2, *b*). По возрастанию влагообеспеченности виноградники располагаются в следующем порядке: с. Солнечная Долина, с. Морское, с. Приветное < с. Вилино, с. Угловое < г. Ялта. Высокая величина Wilks L. объясняется междугодовой дисперсией количества осадков в вегетационный период и в сентябре, ГТК.

Значимая вариативность агроэкологических ресурсов виноградников по природно-климатическим районам Крыма (в случае теплообеспеченности – по географическим объектам в границах одного района) открывает возможность для выявления их взаимосвязей с качеством, биологической ценностью урожая и вина, обусловленных комплексом фенольных антиоксидантов.

Современные представления о биосинтезе фенольных компонентов в виноградной лозе, их динамике в системе «виноград – вино» [17, 20, 21] позволяют предположить, что при оценке влияния тепло- и влагообеспеченности территорий на формирование комплекса фенольных антиоксидантов винограда и особенно вин необходимо учитывать не только их содержание в ягодах в определенном диапазоне накопления сахаров, но и перспективы их экстрагирования из твердых структур ягод и окислительной полимеризации в процессах виноделия.

На основании анализа углеводно-кислотного, фенольного и оксидантного комплексов ягод установлена значимая разница (Wilks L. = 0,027 при  $\alpha < 0,005$ ) винограда из разных мест произрастания при совокупном учете показателей, представленных в табл. 2, за исключением содержания титруемых кислот и легко экстрагируемых антоцианов. Наибольшие межтерриториальные различия (по F-test) выявлены для содержания сахаров ( $\alpha < 0,01$ ) и показателя  $E_a$  ( $\alpha < 0,015$ ). Высокое накопление сахаров (218...298 г/дм<sup>3</sup>) отмечено в винограде с территорий в окрестностях г. Ялта и с. Приветное, которое в среднем на 31 % превышало таковое в винограде из с. Вилино и на 17 % – в урожае с других территорий. Виноград из г. Ялта и с. Приветное характеризовался самой большой долей легко экстрагируемых антоцианов – 53–54 %; наименьшие значения этого показателя отмечены в урожае из с. Угловое –  $(38 \pm 5)$  %. При этом виноград из г. Ялта отличался наименьшим содержанием антоцианового комплекса, а виноград из сёл Приветное и Солнечная Долина – наибольшим. Самой низкой способностью к накоплению комплекса фенольных

антиоксидантов в сусле при 4-часовом настаивании мезги характеризовался виноград из с. Вилино (54...111 %), наибольшей – из с. Морское (87...190 %). Монофенол-монооксигеназная активность суслу варьировала от 0,040 ед. (с. Приветное) до 0,155 ед. (с. Солнечная Долина).

Таблица 2. Физико-химические и биохимические показатели винограда сорта Каберне Совиньон, полученного на различных виноградниках

Table 2. Physicochemical and biochemical indicators of 'Cabernet Sauvignon' grape variety from different vineyards

Показатель	Значения*					
	с. Вилино	с. Угловое	г. Ялта	с. Приветное	с. Морское	с. Солнечная Долина
Содержание сахаров, г/дм <sup>3</sup>	$195 \pm 26$ 172–223	$221 \pm 15$ 205–231	$253 \pm 31$ 218–270	$249 \pm 32$ 218–298	$212 \pm 23$ 172–255	$224 \pm 18$ 207–242
Содержание титруемых кислот, г/дм <sup>3</sup>	$6,6 \pm 0,3$ 6,3–6,9	$6,8 \pm 1,7$ 5,6–8,0	$6,7 \pm 0,8$ 5,9–7,4	$4,8 \pm 1,0$ 3,5–5,8	$5,9 \pm 1,6$ 3,7–8,6	$6,6 \pm 1,1$ 5,6–7,7
Активная кислотность (рН)	$3,33 \pm 0,28$ 3,10–3,64	$3,28 \pm 0,06$ 3,22–3,32	$3,47 \pm 0,12$ 3,40–3,61	$3,72 \pm 0,14$ 3,57–3,93	$3,51 \pm 0,19$ 3,22–3,83	$3,33 \pm 0,07$ 3,25–3,39
ТЗФВ, мг/дм <sup>3</sup>	$2077 \pm 301$ 1864–2290	$1616 \pm 135$ 1481–1750	$1709 \pm 723$ 1257–2543	$2069 \pm 469$ 1681–2730	$2105 \pm 431$ 1293–2880	$1860 \pm 150$ 1704–2004
A <sub>рН1,0</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	$1046 \pm 212$ 896–1196	$1049 \pm 93$ 956–1141	$637 \pm 324$ 400–1006	$1164 \pm 464$ 677–1743	$1054 \pm 218$ 679–1440	$1199 \pm 152$ 1050–1411
A <sub>рН3,2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	$438 \pm 191$ 303–573	$391 \pm 20$ 371–410	$326 \pm 116$ 236–457	$578 \pm 113$ 457–697	$472 \pm 128$ 294–695	$519 \pm 80$ 439–599
ФВ <sub>0</sub> /ТЗФВ, %	$25 \pm 15$ 14–36	$20 \pm 6$ 16–24	$19 \pm 9$ 9–25	$21 \pm 2$ 18–24	$17 \pm 5$ 11–32	$29 \pm 17$ 17–54
ФВ <sub>4</sub> /ФВ <sub>0</sub> , %	$82 \pm 41$ 54–111	$134 \pm 41$ 105–164	$107 \pm 13$ 96–121	$113 \pm 26$ 81–140	$146 \pm 35$ 87–190	$117 \pm 13$ 104–131
E <sub>а</sub> , %	$41 \pm 10$ 34–48	$38 \pm 5$ 33–43	$53 \pm 7$ 45–59	$54 \pm 14$ 34–67	$45 \pm 7$ 29–56	$43 \pm 2$ 42–45
A <sub>МФМО</sub> × 10 <sup>2</sup> , у. е.	$11,6 \pm 4,0$ 8,7–14,4	$10,0 \pm 4,9$ 5,1–14,8	$11,1 \pm 2,7$ 8,0–12,9	$8,0 \pm 3,9$ 4,0–12,5	$12,0 \pm 6,2$ 5,7–22,7	$15,5 \pm 4,3$ 10,7–18,8

\* Числитель – среднее арифметическое значение ± CO; знаменатель – диапазон.

\* Numerator – arithmetic mean value ± SD; denominator – range.

Сопоставление агроклиматических параметров виноградников и показателей урожая выявило, что увеличение теплообеспеченности виноградников по параметрам  $\sum T^{\circ}C_{10}$ ,  $\sum T^{\circ}C_{20}$ , индекс Уинклера,  $t_{\text{вег}}$  и в меньшей степени  $t_{\text{сент}}$  сопровождалось накоплением в ягодах сахаров, легко экстрагируемых антоцианов и увеличением их доли в антоциановом комплексе, повышением величины рН; обратная взаимосвязь выявлена между содержанием сахаров и количеством осадков в сентябре, легко экстрагируемых антоцианов и годовым количеством осадков ( $r = /0,53...0,87/$  при  $\alpha < 0,05$ ). Как показал кластерный анализ данных, разнонаправленное влияние тепло- и влагообеспеченности виноградников на компонентный состав виноградной ягоды привело к тому, что урожай из наиболее теплообеспеченных виноградников (сёла Солнечная Долина и Морское) и наименее теплообеспеченных (с. Угловое) характеризовался сходным углеводно-кислотным комплексом ( $Ed = 3,0...9,0$ ), а урожай из сёл Вилино и Морское – сходным ( $Ed = 79,0$ ) фенольным комплексом. Урожай с виноградников вблизи г. Ялта, характеризующихся повышенной влагообеспеченностью, в наибольшей степени отличался от урожая с других территорий по составу и свойствам как фенольного ( $Ed = 428,0...686,0$ ), так и углеводно-кислотного ( $Ed = 29,0...58,0$ ) комплексов (за исключением с. Приветное).

Антиоксидантной активностью обладают все фенольные компоненты ягоды, но мономерные и димерные формы отличаются большей биологической доступностью и легче экстрагируются в сусло/вино из твердых частей ягоды в процессах виноделия [22, 4]. Анализ мономерных

и димерных фенольных веществ в исследуемых партиях винограда (табл. 3) показал, что их наименьшее количество содержалось в мякоти винограда – 22,5...53,3 мг/кг. Исключением являлся виноград из с. Солнечная Долина, в мякоти которого содержание компонентов было на уровне  $(214,3 \pm 26,3)$  мг/кг: соотношение мономерных флаван-3-олов и процианидинов В1–В4 составляло 1,6. Близкое к этому соотношение компонентов (1,6...2,0) определено в мякоти винограда из сёл Морское и Приветное; в винограде с других территорий соотношение варьировало от 0,6 до 1,2. Отличительной чертой фенольного комплекса винограда из с. Вилино являлась высокая доля фенолоксилов – 53 % (в остальных образцах – 1...33 %); из с. Морское – наибольшее содержание флавонолов в мякоти как в количественном ( $5,8 \pm 1,1$  мг/кг), так и в доле (16 %) выражении.

Содержание мономерных и димерных фенольных антиоксидантов в семенах винограда возрастало (от 426,3 до 1137,4 мг/кг) по территориям произрастания в ряду: с. Угловое, с. Вилино < с. Морское, с. Солнечная Долина < г. Ялта, с. Приветное. Флаван-3-олы и процианидины составляли 91...96 % от идентифицированных фенольных соединений: в семенах винограда из Горно-долинно-приморского района преобладали мономерные флаван-3-олы – 59...65 %; с других территорий – доля флаван-3-олов и процианидинов составляла соответственно 43...54 % и 41...52 %. Содержание флаван-3-олов в семенах винограда из с. Приветное превышало таковое в винограде из сёл Морское и Солнечная Долина в среднем в 1,4 раза, из г. Ялта – в 1,6 раза, из сёл Угловое и Вилино – в 3,1 раза. Содержание процианидинов в семенах винограда по территориям произрастания увеличивалось в ряду: с. Угловое, с. Вилино < с. Морское, с. Приветное < с. Солнечная Долина < г. Ялта. Семена винограда из сёл Угловое, Вилино, Морское и Солнечная Долина содержали 23,7...26,3 мг/кг фенолоксилов; в винограде из г. Ялта этот показатель был в 1,7 раза ( $\alpha < 0,0008$ ), а в винограде из с. Приветное – в 3,7 раза выше. Виноград из г. Ялта характеризовался значительно большим содержанием флавонолов в семенах по сравнению с виноградом с других территорий.

Наибольшее количество моно- и димеров фенольных антиоксидантов локализовано в кожце ягоды. Содержание компонентов в винограде из г. Ялта и с. Приветное составляло 7633,0...8046,0 мг/кг, что в среднем в 1,8 раза превышало ( $\alpha < 0,0002$ ) таковое в винограде с других территорий. Антоцианы и их производные в фенольном комплексе кожцы составляли от 53 до 65 % независимо от территории произрастания винограда. Доля производных антоцианов, ацилированных уксусной кислотой, в комплексе пигментов составляла 18...32 %, *p*-кумаровой кислотой – 9...16 %. В комплексе антоцианов кожцы ягод из с. Солнечная Долина доля мальвидинов составляла 51 %; в винограде с других территорий – 68–73 %. Между долей мальвидина и петунидина (включая их производные) отмечается обратная корреляционная зависимость ( $r = -0,90$ ;  $\alpha = 0,05$ ), объяснимая тем, что в процессе биосинтеза они образуются из одного предшественника – дельфинидин-3-О- $\beta$ -D-гликозида [9]. Наибольшая доля цианидинов (4 %), петунидинов (15 %), дельфинидинов (23 %) отмечена в винограде из с. Солнечная Долина, наименьшая – из г. Ялта. Такой состав комплекса антоцианов в кожце винограда из с. Солнечная Долина свидетельствует о незавершенности его формирования [9, 21].

Таблица 3. Содержание\* фенольных антиоксидантов в кожце, семенах и мякоти ягод с различных виноградников, мг/кг

Table 3. Content\* of phenolic antioxidants in the skin, seeds and pulp of berries from different vineyards, mg/kg

Компонент	с. Вилино			с. Угловое			г. Ялта		
	Кожца	Семена	Мякоть	Кожца	Семена	Мякоть	Кожца	Семена	Мякоть
<i>Гидроксibenзойные и гидроксцинамовые кислоты</i>									
Галловая	25,7	16,6	7,8	21,3	21,7	0,6	40,5	33,8	0,7
Кафтаровая	30,7	8,1	8,4	17,9	2,5	2,0	50,4	8,5	5,1
<i>Флавонолы</i>									
Кверцетин	30,0	1,3	0,9	35,1	0,8	0,9	102,1	7,2	1,0
Кверцетин-гликозид	0,8	0,0	0,2	0,9	0,3	0,2	0,7	7,1	0,6

Окончание табл. 3

Компонент	с. Вилино			с. Угловое			г. Ялта		
	Кожица	Семена	Мякоть	Кожица	Семена	Мякоть	Кожица	Семена	Мякоть
<i>Флаван-3-олы</i>									
(+)-D-катехин	60,7	29,4	0,7	7,0	19,5	2,2	17,1	80,5	2,0
(-)-Эпикатехин	1145,9	231,6	4,4	1450,5	190,9	3,8	2344,1	391,2	5,5
<i>Процианидины</i>									
B1	32,4	27,3	1,1	29,2	35,1	6,8	21,7	50,3	2,7
B2	193,2	109,5	1,3	243,2	41,6	2,1	373,5	290,9	1,3
B3	25,4	55,9	1,2	6,7	99,0	0,7	15,7	42,9	1,4
B4	9,0	6,9	1,2	28,2	12,9	1,1	91,4	192,3	1,0
<i>Антоцианы: антоцианидин-3-O-β-D-гликозид и ацилированные производные</i>									
Дельфинидин	327,7	0,0	0,1	389,0	0,0	0,0	582,9	0,0	0,1
Цианидин	77,3	0,0	0,0	88,7	0,1	0,0	78,2	0,0	0,0
Петунидин	334,1	0,0	0,1	345,8	0,0	0,0	461,0	0,1	0,2
Пеонидин	158,7	0,0	0,3	107,5	0,3	0,2	136,8	0,3	0,2
Мальвидин	1943,7	1,1	2,4	2082,5	1,7	2,0	3317,1	2,7	1,3
Компонент	с. Приветное			с. Морское			с. Солнечная Долина		
	Кожица	Семена	Мякоть	Кожица	Семена	Мякоть	Кожица	Семена	Мякоть
Галловая	61,5	85,8	4,9	26,5	18,0	0,5	32,5	22,8	4,1
Кафтаровая	67,8	5,5	6,5	26,6	5,7	2,5	30,4	3,4	3,9
<i>Флавонолы</i>									
Кверцетин	100,9	1,3	0,5	46,3	2,0	1,0	42,8	0,8	3,1
Кверцетин-гликозид	22,0	1,1	0,2	8,2	0,7	4,8	23,8	0,5	0,3
<i>Флаван-3-олы</i>									
(+)-D-катехин	181,9	67,3	2,4	74,5	39,9	1,3	108,6	116,7	17,5
(-)-Эпикатехин	2347,4	673,5	16,0	1303,6	485,3	5,4	1413,8	427,2	76,3
<i>Процианидины</i>									
B1	19,9	38,8	3,4	25,8	88,3	1,0	15,5	58,6	9,2
B2	129,1	25,9	2,6	270,2	48,1	2,7	88,5	14,3	19,7
B3	29,0	118,8	1,3	49,1	63,4	0,2	14,2	152,9	11,1
B4	385,1	87,8	1,7	145,7	84,0	0,5	240,7	119,0	20,4
<i>Антоцианы: антоцианидин-3-O-β-D-гликозид и ацилированные производные</i>									
Дельфинидин	632,2	0,1	0,4	234,6	0,3	1,1	522,3	0,3	3,4
Цианидин	139,8	0,1	0,2	53,0	0,1	0,3	93,0	0,2	0,7
Петунидин	463,1	0,1	0,5	264,4	0,3	1,4	347,4	0,4	5,1
Пеонидин	135,4	0,7	1,5	108,2	1,2	2,2	151,0	0,8	3,4
Мальвидин	3330,9	3,6	10,0	1723,2	4,8	11,7	1137,5	8,2	36,2

\* Среднеарифметическое значение: стандартное отклонение в каждый год исследований менее 10 %; при учете многолетних данных – менее 20 %.

\* Arithmetic mean value: standard deviation in each year of research is less than 10 %; when taking into account long-term data – less than 20 %.

Соотношение концентраций кафтаровой и галловой кислот в коже ягод составляло 0,8 и 1,1; содержание фенолокислот не превышало 2 % и не различалось по территориям произрастания винограда. Доля флавонолов в фенольном комплексе кожицы винограда из сёл Вилино и Угловое была в 2 раза меньше ( $\alpha < 0,004$ ), чем в винограде с других территорий, и составляла менее 1 %.

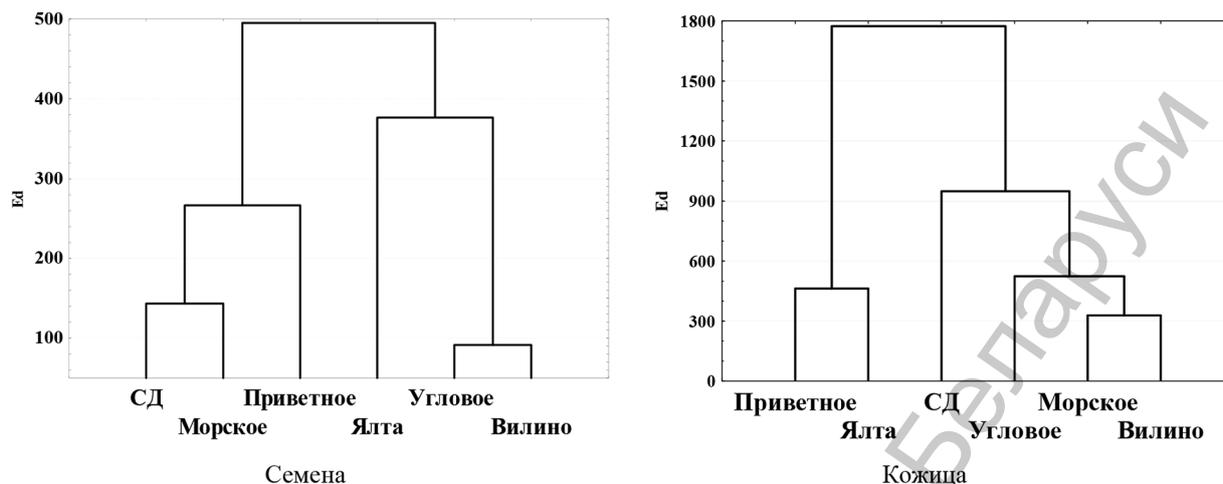


Рис. 3. Результаты кластерного анализа винограда из различных географических объектов по комплексу фенольных антиоксидантов в структурных частях ягод (СД – с. Солнечная Долина)

Fig. 3. Results of cluster analysis of grapes from different geographical objects by the complex of phenolic antioxidants in the structural parts of berries (SD – Solnechnaya Dolina village)

Доля флаван-3-олов в фенольном комплексе кожицы ягод составляла 28...36 % при превалировании (–)-эпикатехина. Содержание процианидинов в кожице винограда из г. Ялта, сёл Морское и Приветное превышало ( $\alpha < 0,003$ ) таковое в винограде с других территорий в среднем в 1,7 раза. Среди процианидинов в кожице превалировали: процианидин В2 – 74–79 % (г. Ялта, с. Вилино, с. Угловое), 52 % (с. Морское); процианидин В4 – 67–68 % (сёла Приветное и Солнечная Долина).

Корреляционный анализ данных выявил ( $r = 0,67...0,98$ ;  $\alpha < 0,05$ ) прямую зависимость содержания флавонолов, (–)-эпикатехина, процианидинов В2 и В4 в семенах винограда с показателями  $\sum T^{\circ}C_{10}$ ,  $\sum T^{\circ}C_{20}$ , индексами Хьюглина и Уинклера,  $t_{\text{сент}}$ ; обратную – с параметрами влагообеспеченности ( $P_{\text{вег}}$  и  $P_{\text{сент}}$ ). Это подтверждается и результатами иерархической классификации данных (рис. 3), отражающими, что по комплексу димерных и мономерных фенольных антиоксидантов семян наиболее близки виноград из сёл Вилино и Угловое и из сёл Морское и Солнечная Долина. Наибольшие различия отмечены между семенами винограда из сёл Приветное и Угловое. Повышение индекса Хьюглина территорий сопровождается увеличением содержания процианидина В2 и в кожице ягод. Корреляционной взаимосвязи между накоплением антоцианов в ягодах и агроклиматическими ресурсами виноградников в имеющемся массиве данных не выявлено. При этом установлено, что увеличение теплообеспеченности территорий способствует интенсификации процессов взаимопревращения компонентов антоцианового ряда в кожице винограда, а повышение влагообеспеченности, напротив, сдерживает процесс. Об этом свидетельствует наличие прямой корреляционной связи индекса Уинклера,  $\sum T^{\circ}C_{10}$ ,  $\sum T^{\circ}C_{20}$ ,  $t_{\text{сент}}$ ,  $t_{\text{вег}}$  с долей мальвидина (включая ацилированные производные) в антоциановом комплексе; обратной – с долей цианидинов и петунидинов. Обратная корреляция установлена между долей мальвидина и количеством осадков на виноградниках в течение года и вегетационного периода. В этой связи особого внимания требует факт замедления формирования комплекса антоцианов в процессе созревания винограда в с. Солнечная Долина, что, возможно, связано с особенностями агротехнологии, составом почв. По совокупности идентифицированных фенольных антиоксидантов в кожице ягод выявлено сходство винограда, произрастающего в сёлах Вилино и Морское; вблизи г. Ялта и с. Приветное; максимально различался виноград из сёл Солнечная Долина и Приветное. Взаимосвязи между накоплением моно- и димерных фенольных антиоксидантов в мякоти винограда и агроклиматическими ресурсами территорий не выявлено.

Анализ содержания мономерных и димерных фенольных антиоксидантов в винах (табл. 4) позволил проследить, сохраняются ли выявленные различия винограда в процессе виноделия.

Устаноўлена, што вина из урожая, полученного в с. Приветное и г. Ялта, наиболее близки ( $E_d = 79$ ) по концентрации фенольных антиоксидантов ( $1362,1 \dots 1377,0$  мг/дм<sup>3</sup>), соотношению мономерных (в среднем 88 %) и димерных компонентов, (–)-эпикатехина и (+)-D-катехина (8,3...9,6), доле мальвидин-3-O-β-D-гликозида и его производных в комплексе антоцианов (в среднем 85 %). Сходство комплекса моно- и димерных фенольных компонентов этих вин, по всей видимости, обусловлено близостью такового в кожице винограда с этих территорий. При этом технологический запас фенольных компонентов в винограде из с. Приветное был в 1,2 (антоцианов – в 1,8) раза выше, чем в винограде из г. Ялта, что позволяет предположить обогащенность фенольного комплекса винограда и вин из с. Приветное высоко полимеризованными танинами и антоциан-танинными комплексами. Выявленные отличия связаны с более высокой теплообеспеченностью виноградников из с. Приветное и влагообеспеченностью – из г. Ялта. Комплекс моно- и димерных фенольных антиоксидантов вин из с. Вилино близок ( $E_d = 91$ ) к таковому в винах из с. Приветное по процентному соотношению компонентов, но превышает его количественное содержание в среднем на 5 %, что объяснимо более высокой степенью экстрагируемости компонентов из твердых частей мезги в сусло (см. табл. 2). Комплексы фенольных антиоксидантов вин из сёл Морское и Солнечная Долина сходны между собой ( $E_d = 118$ ) и отличаются от таковых в винах с других территорий меньшей (в 1,6 раза) концентрацией компонентов, меньшим соотношением (–)-эпикатехина и (+)-D-катехина (5,5...7,4), высокой долей дельфинидина и петунидина (15...17 %). Сходство комплекса моно- и димерных компонентов вин из сёл Морское и Солнечная Долина, характеризующихся высокой теплообеспеченностью, обусловлено близостью такового в семенах винограда. Пониженный уровень компонентов в винах может быть объяснен окислительной полимеризацией компонентов, как на стадии созревания винограда, так и при его переработке, что связано с относительно высокой МФМО активностью винограда (см. табл. 2). Вина из с. Угловое характеризовались наименьшим содержанием моно- и димерных фенольных антиоксидантов ( $627,8 \pm 109,1$  мг/дм<sup>3</sup>), наименьшей долей антоцианов ( $32 \pm 2$  %) и флаван-3-олов ( $22 \pm 3$  %), наибольшей долей процианидинов В1–В4 ( $25 \pm 3$  %) и фенолоксидов ( $17 \pm 2$  %). Степень удаленности фенольного комплекса вин и винограда из с. Угловое от образцов с других территорий была наибольшая, что, вероятнее всего, связано с наименьшей теплообеспеченностью виноградника.

Таблица 4. Содержание\* фенольных компонентов в винах из винограда сорта Каберне Совиньон, полученного на разных виноградниках, мг/дм<sup>3</sup>

Table 4. Content\* of phenolic components in wine from 'Cabernet Sauvignon' grape variety grown at different vineyards, mg/dm<sup>3</sup>

Компонент	с. Вилино	с. Угловое	г. Ялта	с. Приветное	с. Морское	с. Солнечная Долина
<i>Фенолоксиды</i>						
Галловая	37,5	21,8	20,5	32,4	38,1	20,1
Кафтаровая	87,7	85,7	89,4	38,9	20,0	39,4
<i>Флавонолы</i>						
Кверцетин	33,9	11,7	10,8	11,1	8,3	6,1
Кверцетин-3-O-β-D-гликозид	3,3	8,6	6,4	3,4	3,0	2,8
<i>Флаван-3-олы</i>						
(+)-D-катехин	45,6	38,3	42,7	54,2	42,1	40,3
(–)-Эпикатехин	515,1	99,5	408,5	452,4	310,7	222,1
<i>Процианидины</i>						
В1: эпикатехин-4 → 8-катехин	33,7	23,0	15,6	37,3	20,6	32,4
В2: эпикатехин-4 → 8-эпикатехин	58,5	84,8	86,5	57,2	50,2	57,2
В3: катехин-4 → 8-катехин	17,7	20,7	17,8	22,9	22,8	14,6
В4: катехин-4 → 8-эпикатехин	41,7	31,2	40,8	42,4	30,2	21,2

Окончание табл. 4

Компонент	с. Вилино	с. Угловое	г. Ялта	с. Приветное	с. Морское	с. Солнечная Долина
<i>Антоцианы: антоцианидин-3-О-β-D-гликозид и ацилированные производные</i>						
Дельфинидин	28,3	26,3	26,3	30,4	29,0	26,2
Цианидин	12,6	20,4	5,7	9,8	3,6	7,2
Петунидин	28,2	16,5	45,1	39,2	39,3	26,6
Пеонидин	13,3	6,0	15,5	12,7	13,2	10,6
Мальвидин	490,0	133,4	530,7	532,8	350,8	260,5

\* Среднеарифметическое значение; стандартное отклонение в каждый год исследований менее 10 %, при учете данных разных годов – менее 20 %.

\* Arithmetic mean value; standard deviation in each year of research is less than 10 %; when taking into account long-term data – less than 20 %.

Сопоставление содержания фенольных антиоксидантов в винах с адекватным уровнем их потребления<sup>1</sup>, показало, что 100...150 см<sup>3</sup> вин с виноградников, произрастающих возле сёл Угловое, Вилино, г. Ялта, покрывают суточную потребность здорового человека в гидроксикоричных кислотах; 100...110 см<sup>3</sup> вин из г. Ялта, сёл Приветное и Вилино – в антоцианах и флаван-3-олах. Количество процианидинов, соответствующее адекватному уровню потребления, содержалось в 320...400 см<sup>3</sup> вин с разных виноградников. Галловая кислота и флавонолы присутствовали в винах в биологически незначимых количествах.

Совокупность различий компонентного состава и свойств винограда, полученного на разных территориях, привело к отличиям сенсорных характеристик молодых вин. Все образцы вин характеризовались рубиновым или темно-рубиновым цветом, сортовым ароматом и вкусом ягодного направления и были высоко оценены дегустаторами ((7,71 ± 0,08) балла по 8-балльной шкале). При этом вина из винограда, произрастающего в сёлах Вилино, Угловое, г. Ялта, отличались присутствием в аромате оттенков паслена и пряных трав; умеренно полным и танинным вкусом; из сёл Приветное, Морское и Солнечная Долина – сложным ягодно-пряным ароматом с оттенками спелой вишни, сухофруктов, молочных сливок; мягким и бархатистым вкусом.

**Выводы.** Оценено влияние агроэкологических факторов на формирование комплекса моно- и димерных фенольных антиоксидантов и качество винограда и вина сорта Каберне Совиньон. Установлено, что территории произрастания винограда различались в ряде населенных пунктов по теплоресурсам – с. Угловое < с. Вилино < г. Ялта < с. Приветное, с. Солнечная Долина < с. Морское и по влагообеспеченности – с. Солнечная Долина, с. Морское, с. Приветное < с. Вилино, с. Угловое < г. Ялта. Повышение теплообеспеченности виноградников сопровождалось как накоплением сахаров, легко экстрагируемых антоцианов в винограде, флавонолов, (–)-эпикатехина в семенах и кожце ягод, повышением рН, так и интенсификацией процессов преобразования и окислительной полимеризации фенольных компонентов при созревании винограда и его переработке ( $r = /0,53...0,98/$ ;  $\alpha < 0,05$ ). Это приводило к увеличению содержания процианидинов (B2, B4), доли мальвидина и снижению доли цианидина, петунидина в структурных элементах ягоды; способствовало снижению концентрации моно- и димерных фенольных антиоксидантов в винах. Повышение влагообеспеченности виноградников сдерживало процесс накопления и трансформации фенольных антиоксидантов в ягодах. Определены территории, позволяющие получать вина, обогащенные в биологически значимых количествах гидроксикоричными кислотами, – Крымский западно-приморский предгорный район и ЮБК; флаван-3-олами и антоцианами – вблизи г. Ялта, сёл Приветное и Вилино. Вина из сёл Морское и Солнечная Долина содержали в среднем в 1,6 раза меньше, чем другие вина, моно- и димерных фенольных антиоксидантов, что обусловлено их окислительной полимеризацией на стадии переработки винограда,

<sup>1</sup> Рекомендательные уровни потребления пищевых и биологически активных веществ: метод. рекомендации. МР 2.3.1.1915-04. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 46 с.

связанной с активностью монофенол-монооксигеназы. Увеличение теплообеспеченности виноградников способствовало усилению оттенков пряностей, сухофруктов, молочных сливок на фоне выраженного ягодного аромата вин и развитию мягкого бархатисто-танинного вкуса. Результаты исследований значимы для объектно-ориентированной оценки климатических условий территорий выращивания винограда, в частности, в аспекте формирования комплекса фенольных антиоксидантов вин и их сенсорного стиля в желаемом направлении.

**Благодарности.** Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-016-00075.

Авторы выражают благодарность сотрудникам Всероссийского национального научно-исследовательского института виноградарства и виноделия «Магарач» РАН: кандидату сельскохозяйственных наук Е. А. Рыбалко – за помощь в определении климатических параметров на виноградниках; А. В. Романову, Н. Ю. Лутковой, М. А. Вьюгиной – за помощь в проведении физико-химических анализов.

**Acknowledgments.** The study was carried out with the financial support of RFBR within the framework of scientific project No. 20-016-00075.

The authors express gratitude to the staff of the All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of the Russian Academy of Sciences: Ph. D. (Agriculture) E. A. Rybalko – for assistance in determining climatic parameters at vineyards; A. V. Romanov, N. Yu. Lutkova and M. A. Vyugina – for assistance in conducting physicochemical analyses.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Jiang, B. Comparison on phenolic compounds and antioxidant properties of Cabernet Sauvignon and Merlot wines from four wine grape-growing regions in China / B. Jiang, Z.-W. Zhang // *Molecules*. – 2012. – Vol. 17, № 8. – P. 8804–8821. <https://doi.org/10.3390/molecules17088804>
2. Polyphenols of red grape wines and alcohol-free food concentrates in rehabilitation technologies / A. Kubyskhin [et al.] // *Polyphenols* / ed. J. Wong. – London, 2018. – P. 99–120. <https://doi.org/10.5772/intechopen.76655>
3. Остроухова, Е. В. Сравнительный анализ сортов винограда как источников биологически активных соединений стильбеноидов и флавонолов / Е. В. Остроухова, И. В. Пескова, М. А. Вьюгина // *Достижения науки и техники АПК*. – 2019. – Т. 33, № 1. – С. 45–49. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10111>
4. Grapevine as a rich source of polyphenolic compounds / I. Šikuten [et al.] // *Molecules*. – 2020. – Vol. 25, № 23. – Art. 5604. <https://doi.org/10.3390/molecules25235604>
5. Tena, N. State of the art of anthocyanins: antioxidant activity, sources, bioavailability, and therapeutic effect in human health / N. Tena, J. Martín, A. G. Asuero // *Antioxidants*. – 2020. – Vol. 9, № 5. – Art. 451. <https://doi.org/10.3390/antiox9050451>
6. Oxidation mechanisms occurring in wines / C. Oliveira [et al.] // *Food Res. Int.* – 2011. – Vol. 44, № 5. – P. 1115–1126. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.050>
7. Influence of different phenolic fractions on red wine astringency based on polyphenol/protein binding / M. Ren [et al.] // *S. Afr. J. Enol. Vitic.* – 2017. – Vol. 38, № 1. – P. 118–124. <https://doi.org/10.21548/38-1-1295>
8. Dynamics of phenolic components during the ripening of grapes from sub-Mediterranean climatic zone of the Crimea: influence on the quality of red wines / S. Levchenko [et al.] // *Acta Hort.* – 2021. – № 1315. – P. 593–602. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1315.87>
9. Berry phenolics of grapevine under challenging environments / A. Teixeira [et al.] // *Int. J. Mol. Sci.* – 2013. – Vol. 14, № 9. – P. 18711–18739. <https://doi.org/10.3390/ijms140918711>
10. Physiological function of phenolic compounds in plant defense system / V. Chowdhary [et al.] // *Phenolic compounds – chemistry, synthesis, diversity, non-conventional industrial, pharmaceutical and therapeutic applications* / ed. F. A. Badria. – London, 2022. – P. 185–205. <https://doi.org/10.5772/intechopen.101131>
11. Climate change impacts on phenology and ripening of cv. Touriga Nacional in the Dão wine region, Portugal / P. Rodrigues [et al.] // *Int. J. Climatol.* – 2022. – Vol. 42, № 14. – P. 7117–7132. <https://doi.org/10.1002/joc.7633>
12. Rybalko, E. Spatial distribution of Crimean agroecological resources as a factor of variability of the main and secondary metabolites of grapes / E. Rybalko, E. Ostroukhova, S. Levchenko // *BIO Web Conf.* – 2021. – Vol. 39. – Art. 01001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213901001>
13. Chemical diversity of flavan-3-ols in grape seeds: modulating factors and quality requirements / G. F. Padilla-González [et al.] // *Plants*. – 2022. – Vol. 11, № 6. – Art. 809. <https://doi.org/10.3390/plants11060809>
14. High temperature alters anthocyanin concentration and composition in grape berries of Malbec, Merlot, and Pinot Noir in a cultivar-dependent manner / I. De Rosas [et al.] // *Plants*. – 2022. – Vol. 11, № 7. – Art. 926. <https://doi.org/10.3390/plants11070926>
15. New trends in the use of enzymes for the recovery of polyphenols in grape byproducts / T. de O. Xavier Machado // *J. Food Biochem.* – 2021. – Vol. 45. – P. e13712. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13712>
16. A comparative study of the phenolic and technological maturities of red grapes grown in Lebanon / H. N. Rajha [et al.] // *Antioxidants*. – 2017. – Vol. 6, № 1. – Art. 8. <https://doi.org/10.3390/antiox6010008>
17. Skin cell wall ripeness alters wine tannin profiles via modulating interaction with seed tannin during alcoholic fermentation / Z. Wang [et al.] // *Food Res. Int.* – 2022. – Vol. 162, pt. A. – Art. 111974. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111974>

18. Рыбалко, Е. А. Исследование динамики и составление прогноза пространственного распределения теплообеспеченности территории Крымского полуострова / Е. А. Рыбалко, Н. В. Баранова, В. Ю. Борисова // Системы контроля окружающей среды. – 2019. – № 3 (37). – С. 96–101. <https://doi.org/10.33075/2220-5861-2019-3-96-101>
19. Рыбалко, Е. А. Климатические индексы в виноградарстве / Е. А. Рыбалко // Магарач. Виноградарство и виноделие. – 2020. – Т. 22, № 1. – С. 26–28. <https://doi.org/10.35547/IM.2020.22.1.005>
20. Investigating the relationship between grape cell wall polysaccharide composition and the extractability of phenolic compounds into Shiraz wines. Part I: Vintage and ripeness effects / G. Garrido-Bañuelos [et al.] // *Food Chem.* – 2019. – Vol. 278. – P. 36–46. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.134>
21. Chemical and technological features of native grape cultivars of Crimea / E. Ostroukhova [et al.] // *Vitis products composition, health benefits and economic valorization* / ed.: R. V. Botelho, A. M. Jordão. – New York, 2021. – P. 17–55.
22. Casassa, L. F. Flavonoid phenolics in red winemaking / L. F. Casassa // *Phenolic compounds – natural sources, importance and applications* / ed.: M. Soto-Hernandez, M. Palma-Tenango, M. del R. Garcia-Mateos. – London, 2017. – P. 153–196. <https://doi.org/10.5772/67452>

## References

1. Jiang B., Zhang Z.-W. Comparison on phenolic compounds and antioxidant properties of Cabernet Sauvignon and Merlot wines from four wine grape-growing regions in China. *Molecules*, 2012, vol. 17, no. 8, pp. 8804–8821. <https://doi.org/10.3390/molecules17088804>
2. Kubyshekin A., Ogai Y., Fomochkina I., Zaitsev G., Shramko Y. Polyphenols of red grape wines and alcohol-free food concentrates in rehabilitation technologies. *Polyphenols*. London, 2018, pp. 99–120. <https://doi.org/10.5772/intechopen.76655>
3. Ostroukhova E. V., Peskova I. V., Vyugina M. A. Comparative analysis of grape cultivars as sources of biologically active compounds: stilbenoids and flavonols. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK= Achievements of Science and Technology in AIC*, 2019, vol. 33, no. 1, pp. 45–49 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10111>
4. Šikuten I., Štambuk P., Andabaka Ž., Tomaz I., Marković Z., Stupić D., Maletić E., Kontić J. K., Preiner D. Grapevine as a rich source of polyphenolic compounds. *Molecules*, 2020, vol. 25, no. 23, art. 5604. <https://doi.org/10.3390/molecules25235604>
5. Tena N., Martín J., Asuero A. G. State of the art of anthocyanins: antioxidant activity, sources, bioavailability, and therapeutic effect in human health. *Antioxidants*, 2020, vol. 9, no. 5, art. 451. <https://doi.org/10.3390/antiox9050451>
6. Oliveira C., Ferreira A., De Freitas V., Silva A. M. S. Oxidation mechanisms occurring in wines. *Food Research International*, 2011, vol. 44, no. 5, pp. 1115–1126. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.050>
7. Ren M., Wang X., Du G., Tian C., Zhang J., Song X., Zhu D. Influence of different phenolic fractions on red wine astringency based on polyphenol/protein binding. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 2017, vol. 38, no. 1, pp. 118–124. <https://doi.org/10.21548/38-1-1295>
8. Levchenko S., Ostroukhova E., Peskova I., Probeigolova P. Dynamics of phenolic components during the ripening of grapes from sub-Mediterranean climatic zone of the Crimea: influence on the quality of red wines. *Acta Horticulturae*, 2021, no. 1315, pp. 593–602. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1315.87>
9. Teixeira A., Eiras-Dias J., Castellarin S. D., Gerós H. Berry phenolics of grapevine under challenging environments. *International Journal of Molecular Sciences*, 2013, vol. 14, no. 9, pp. 18711–18739. <https://doi.org/10.3390/ijms140918711>
10. Chowdhary V., Alooparampil S., Pandya R. V., Tank J. G. Physiological function of phenolic compounds in plant defense system. *Phenolic compounds – chemistry, synthesis, diversity, non-conventional industrial, pharmaceutical and therapeutic applications*. London, 2022, pp. 185–205. <https://doi.org/10.5772/intechopen.101131>
11. Rodrigues P., Pedrosa V., Reis S., Yang C., Santos J. A. Climate change impacts on phenology and ripening of cv. Touriga Nacional in the Dão wine region, Portugal. *International Journal of Climatology*, 2022, vol. 42, no. 14, pp. 7117–7132. <https://doi.org/10.1002/joc.7633>
12. Rybalko E., Ostroukhova E., Levchenko S. Spatial distribution of Crimean agroecological resources as a factor of variability of the main and secondary metabolites of grapes. *BIO Web of Conferences*, 2021, vol. 39, art. 01001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213901001>
13. Padilla-González G. F., Grosskopf E., Sadgrove N. J., Simmonds M. S. J. Chemical diversity of flavan-3-ols in grape seeds: modulating factors and quality requirements. *Plants*, 2022, vol. 11, no. 6, art. 809. <https://doi.org/10.3390/plants11060809>
14. De Rosas I., Deis L., Baldo Y., Cavagnaro J. B., Cavagnaro P. F. High Temperature alters anthocyanin concentration and composition in grape berries of Malbec, Merlot, and Pinot Noir in a cultivar-dependent Manner. *Plants*, 2022, vol. 11, no. 7, art. 926. <https://doi.org/10.3390/plants11070926>
15. Xavier Machado T. de O., Portugal I. B. M., Padilha C. V. da S., Ferreira Padilha F., dos Santos Lima M. New trends in the use of enzymes for the recovery of polyphenols in grape byproducts. *Journal of Food Biochemistry*, 2021, vol. 45, p. e13712. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13712>
16. Rajha H. N., Darra N. E., Kantar S. E., Hobaika Z., Louka N., Maroun R. G. A comparative study of the phenolic and technological maturities of red grapes grown in Lebanon. *Antioxidants*, 2017, vol. 6, no. 1, art. 8. <https://doi.org/10.3390/antiox6010008>
17. Wang Z., Yang N., Zhang J., Yuan C. Skin cell wall ripeness alters wine tannin profiles via modulating interaction with seed tannin during alcoholic fermentation. *Food Research International*, 2022, vol. 162, pt. A, art. 111974. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111974>

18. Rybalko E. A., Baranova N. V., Borisova V. Y. Research of the dynamics and development of the spatial distribution forecast of heat supply of the Crimean Peninsula. *Sistemy kontrolya okruzhayushchei sredy = Monitoring Systems of Environment*, 2019, no. 3 (37), pp. 96–101 (in Russian). <https://doi.org/10.33075/2220-5861-2019-3-96-101>
19. Rybalko E. A. Climatic indices in viticulture. *Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie = Magarach. Viticulture and Winemaking*, 2020, vol. 22, no. 1, pp. 26–28 (in Russian). <https://doi.org/10.35547/IM.2020.22.1.005>
20. Garrido-Bañuelos G., Buica A., Schüchel J., Zietsman A. J. J., Willats W. G. T., Moore J. P., Du Toit W. J. Investigating the relationship between grape cell wall polysaccharide composition and the extractability of phenolic compounds into Shiraz wines. Part I: Vintage and ripeness effects. *Food Chemistry*, 2019, vol. 278, pp. 36–46. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.134>
21. Ostroukhova E., Levchenko S., Volynkin V., Peskova I., Likhovskoi V., Probeigolova P., Vasylyk I., Polulyakh A. Chemical and technological features of native grape cultivars of Crimea. *Vitis products composition, health benefits and economic valorization*. New York, 2021, pp. 17–55.
22. Casassa L. F. Flavonoid phenolics in red winemaking. *Phenolic compounds – natural sources, importance and applications*. London, 2017, pp. 153–196. <https://doi.org/10.5772/67452>

### Информация об авторах

*Остроухова Елена Викторовна* – доктор технических наук, главный научный сотрудник, Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН (ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН») (ул. Кирова, 31, 298600, Ялта). <https://orcid.org/0000-0002-5107-518X>. E-mail: [elenostroukh@gmail.com](mailto:elenostroukh@gmail.com)

*Пескова Ирина Валериевна* – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН» (ул. Кирова, 31, 298600, Ялта). <https://orcid.org/0000-0002-5107-518X>. E-mail: [yarinka-73@mail.ru](mailto:yarinka-73@mail.ru)

*Бойко Владимир Александрович* – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН» (ул. Кирова, 31, 298600, Ялта). <https://orcid.org/0000-0002-2401-7531>. E-mail: [vovhim@mail.ru](mailto:vovhim@mail.ru)

*Левченко Светлана Валентиновна* – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН» (ул. Кирова, 31, 298600, Ялта). <https://orcid.org/0000-0001-5423-052>. E-mail: [svelevchenko@rambler.ru](mailto:svelevchenko@rambler.ru)

### Information about the authors

*Elena V. Ostroukhova* – Dr. Sc. (Engineering), Chief Researcher, All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach” of the Russian Academy of Sciences (31, Kirov Str., 298600, Yalta). <https://orcid.org/0000-0003-0638-9187>. E-mail: [elenostroukh@gmail.com](mailto:elenostroukh@gmail.com)

*Irina V. Peskova* – Ph. D. (Engineering), Leading Researcher, All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach” of the Russian Academy of Sciences (31, Kirov Str., 298600, Yalta). <https://orcid.org/0000-0002-5107-518X>. E-mail: [yarinka-73@mail.ru](mailto:yarinka-73@mail.ru)

*Vladimir A. Boyko* – Ph. D. (Agriculture), Senior Researcher, All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach” of the Russian Academy of Sciences (31, Kirov Str., 298600, Yalta). <https://orcid.org/0000-0002-2401-7531>. E-mail: [vovhim@mail.ru](mailto:vovhim@mail.ru)

*Svetlana V. Levchenko* – Dr. Sc. (Agriculture), Chief Researcher, All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach” of the Russian Academy of Sciences (31, Kirov Str., 298600, Yalta). <https://orcid.org/0000-0001-5423-052>. E-mail: [svelevchenko@rambler.ru](mailto:svelevchenko@rambler.ru)