

УДК 663.252.1

DOI 10.30679/2219-5335-2023-4-82-254-277

**СИСТЕМА ПАРАМЕТРОВ ОТБОРА
СОРТОВ И ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА
ВИНОГРАДА ДЛЯ ВИНОДЕЛИЯ
С ПОНИЖЕННЫМ
СОДЕРЖАНИЕМ SO₂**

Остроухова Елена Викторовна
д-р техн. наук
главный научный сотрудник
лаборатории тихих вин
e-mail: elenostroukh@gmail.com
https://orcid.org/0000-0003-0638-9187

Пескова Ирина Валериевна
канд. техн. наук
ведущий научный сотрудник
лаборатории тихих вин
e-mail: bioxim2012@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-5107-518X

*Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
«Всероссийский национальный
научно-исследовательский институт
виноградарства и виноделия
«Магарач» РАН»,
Ялта, Республика Крым, Россия*

Одной из актуальных задач современного виноделия является снижение доз диоксида серы и при этом сохранение качества вина. Особое внимание в этом аспекте должно быть уделено разработке подходов к выбору сортов винограда и оценке качества урожая. Целью работы являлось обоснование системы параметров отбора сортов винограда для производства вин с пониженным содержанием диоксида серы. Объект исследований – база данных по компонентному составу, биохимическим свойствам, физико-химическим и органолептическим показателям винограда белых и красных технических сортов из различных районов Крыма, полученного в разных системах земледелия, и виноматериалов, созданная в период 2016-2022 годов, включающая 376 партий винограда и 609 партий виноматериалов. Экспериментальные

UDC 663.252.1

DOI 10.30679/2219-5335-2023-4-82-254-277

**SYSTEM OF PARAMETERS
TO SELECT THE VARIETIES
AND ASSESS THE QUALITY
OF GRAPES FOR WINEMAKING
WITH THE REDUCED SO₂ LOAD**

Ostroukhova Elena Victorovna
Dr. Sci.Tech.
Chief Research Associate
of Still Wines Laboratory
e-mail: elenostroukh@gmail.com
https://orcid.org/0000-0003-0638-9187

Peskova Irina Valerievna
Cand. Tech. Sci
Leading Research Associate
of Still Wines Laboratory
e-mail: bioxim2012@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-5107-518X

*Federal State Budget
Scientific Institution
«All-Russian National
Research Institute
of Viticulture and Winemaking
«Magarach» of the RAS»,
Yalta, Republic of Crimea, Russia*

One of the urgent tasks of modern winemaking is to reduce the doses of sulfur dioxide while preserving the quality of wine. Special attention in this aspect should be given to the development of approaches to select grape varieties and assess crop quality. The aim of the work was to substantiate the system of parameters for selecting grape varieties to produce wines with a low content of sulfur dioxide. The object of research was a database of component composition, biochemical properties, physicochemical and organoleptic characteristics of white and red wine grape varieties from different regions of Crimea, obtained in different systems of farming, and base wines. It was created in the period 2016-2022, and includes 376 batches of grapes and 609 batches of base wines.

данные получены с использованием стандартизированных и модифицированных инструментальных методов, основанных на принципах колориметрии, потенциометрии и титриметрии. Исследована динамика концентраций компонентов SO₂-связывающего комплекса, сульфитов в процессе созревания винограда, показана ее взаимосвязь с углеводно-кислотной зрелостью и климатическими условиями; показателя рН, кетокилот и ацетальдегида в системе «виноград-виноматериал». Обоснована и статистически подтверждена система показателей и диапазоны их значений для отбора сортов и оценки качества винограда для вин с пониженным содержанием диоксида серы, включающая содержание в винограде сахаров, титруемых кислот, альдегидов, кетокилот, сернистой кислоты; технологический запас фенольных веществ, потенциальное количество антоцианов и долю легкоэкстрагируемых антоцианов (для красных сортов); рН, монофенолмонооксигеназную активность. Испытание разработанной системы показателей позволило установить перспективные для производства вин с пониженным содержанием диоксида серы сорта винограда с указанием территорий их произрастания (в пределах полуострова Крым).

Ключевые слова: ВИНА С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ДИОКСИДА СЕРЫ, СОРТ ВИНОГРАДА, КАЧЕСТВО ВИНОГРАДА, СИСТЕМА ПАРАМЕТРОВ

Experimental data were obtained using standardized and modified instrumental procedures based on the principles of colorimetry, potentiometry and titrimetry. The dynamics of component concentrations of SO₂-binding complex, sulfites in the process of grape ripening was studied, its relationship with carbohydrate-acid maturity and climatic conditions was shown; as well as the dynamics of pH, keto acids and acetaldehyde in the system «grapes-base wine». The system of indicators (and their value ranges) for selecting the varieties and assessing the quality of grapes for wines with a low content of sulfur dioxide, including the content of sugars, titratable acids, aldehydes, keto acids, sulfurous acid in grapes, technological stock of phenolic substances, potential amount of anthocyanins, and proportion of easily extractable anthocyanins (for red varieties); pH, PPO activity was substantiated and statistically confirmed. Testing of the developed system of indicators made it possible to establish promising for wine production grape varieties with a low content of sulfur dioxide, pointing the protected geographical indication of their growth (within the Crimean Peninsula).

Key words: WINES WITH REDUCED SULFUR DIOXIDE CONTENT, GRAPE VARIETY, GRAPE QUALITY, SYSTEM OF PARAMETERS

Введение. По оценкам экспертов Центра макроэкономического анализа и регионального прогнозирования Россельхозбанка к 2030 году около 10 % всех земель, занятых под виноградарство, будут использоваться для выращивания органического винограда, а объем выпуска российского сертифицированного органического вина составит более 2 млн бутылок в год; мировой рынок органического вина к этому времени достигнет 30 млрд долларов. По прогнозам уже в 2023 году мировое потребление ор-

ганических вин может составлять 1 млрд бутылок в год, что на 30 % больше, чем в 2020 году [1]. Причиной выбора потребителями органической продукции и, в частности, вина является стремление большого количества людей вести здоровый образ жизни и пропагандирование бережного отношения к окружающей среде, а также сформировавшееся в последние годы представление о том, что органические вина более ценны, чем традиционные. Это представление базируется на требованиях к производству органической продукции – отсутствию в винограде и вине пестицидов, удобрений или других синтетических материалов, используемых в интенсивном сельском хозяйстве и устоявшихся практиках виноделия, негативно влияющих на здоровье человека. Вместе с этим необходимо осознавать, что производство органической продукции наиболее вероятно в секторе малых фермерских хозяйств. Переход крупных производителей на выпуск органического вина маловероятен, так как связан с большими рисками.

Важнейшим аспектом производства органических вин является снижение (в странах ЕС) или исключения (Россия, США) использования диоксида серы в технологическом цикле и при хранении готовой продукции с сохранением ее качества [2-4]. В связи с этим большое количество исследований направлено на поиск альтернатив диоксиду серы [5-7]. Одним из подходов, согласно Резолюции OIV-OENO [8], является научно-обоснованный выбор сорта винограда.

Несмотря на то, что интерес к органической продукции растет, какие-либо требования к сортам винограда для производства вин с нулевым или пониженным содержанием диоксида серы в научно-технической литературе не описаны. Большинство исследований касаются оценки сортов винограда с позиций органического виноградарства: их устойчивости к болезням и вредителям в условиях ограничения или исключения химических средств защиты растений (ХСЗР), а также влияния органической системы земледелия на качество готовой продукции. Одни производители ориентируются на

производство вин из аборигенных сортов винограда, считая, что именно эти сорта адаптированы к локальным климатическим условиям местности, и чаще всего обладающие большей наследственной устойчивостью к основным патогенам и вредителям региона; другие – на использовании межвидовых гибридов, устойчивых к болезням [9]. Устойчивость виноградного растения к заболеваниям значительно снижает потребность в использовании пестицидов, что является благоприятным фактором для получения сырья для органического виноделия [10]. Исследования влияния устойчивых красных сортов винограда на качество получаемых из него вин, проводимые рядом ученых, выявили характерную для этих сортов высокую концентрацию дигликозилированных и ацетилированных антоцианов; дельфинидин-3-О-глюкозида и петунидин-3-О-глюкозида, которые могут придавать винам пурпурно-голубой цвет [11]. Кроме этого, рядом исследователей отмечается обогащенность вин из устойчивых сортов винограда антоцианами и низким содержанием танинов [11, 12]. Плохую экстрагируемость танинов исследователи связывают с высокой концентрацией белка (связанного с патогенозом) в устойчивых сортах винограда, который способствует осаждению танинов в процессе виноделия [13]. Кроме этого, белки, синтезируемые виноградным растением в ответ на биотические стрессы и являющиеся основными белками вин из винограда *V. vinifera*, устойчивы к действию протеаз и к низким значениям pH, что затрудняет их удаление или денатурацию [14]. Концентрация этих белков зависит от степени развития болезни. Для решения проблемы удержания танинов в винах из устойчивых сортов винограда проводят обработку сока или вина бентонитом для осаждения белков, а затем добавляют экзогенные танины [13].

Органическая система виноградарства, в том числе с использованием разрешенных биологических и органо-минеральных препаратов, по сравнению с применением ХСЗР, приводит к изменению содержания в винограде сахаров, титруемых кислот, фенольных веществ, включая антоциа-

ны, и их экстрагируемости в процессах виноделия, кетокислот и ацетальдегида, оксидазной активности и величины рН – направленность и степень этих изменений зависит от сорта винограда, географии его произрастания, уровня повреждения ягод болезнями [15-18]. Перечисленные компоненты и свойства винограда являются значимыми факторами качества вин и в той или иной степени обуславливают необходимые дозы диоксида серы для предохранения вин от окисления и микробиологической порчи в технологическом цикле и при хранении [19, 20]. Это предопределяет необходимость разработки системы показателей (с установлением диапазонов их значений) винограда как сырья для производства органических вин и вин с пониженным содержанием диоксида серы.

Целью настоящей работы являлось обоснование системы параметров отбора сортов и оценки качества винограда для производства вин с пониженным содержанием диоксида серы.

Объекты и методы исследования. Объектом экспериментальных исследований являлась база данных по компонентному составу, биохимическим свойствам, физико-химическим и органолептическим показателям винограда белых и красных технических сортов из разных природных районов Крыма, выращиваемого в разных системах земледелия; виноматериалов, полученных при варьировании технологических приемов их производства (доза диоксида серы, условий осветления и брожения и др.), созданная в период с 2016 по 2022 года, включающая 416 (красные – 275, белые – 141) партий винограда и 609 (красные – 330, белые – 279) образцов виноматериалов. В соответствии с ГОСТ 31782 в базе данных учтены партии винограда (и произведенные из него виноматериалы) с содержанием сахаров не менее 160 г/дм³ для белых сортов и не менее 170 г/дм³ – для красных.

В связи с тем, что Федеральным законом «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [2] и ГОСТ 33980 [4] использование диоксида серы при производстве органических вин не допускается, а Регламенты ЕС [3] устанавливают содержание диоксида серы в белых сухих винах с экостатусом – не более 100 мг/дм³, красных – не более 150 мг/дм³, в настоящих исследованиях при выработке опытных виноматериалов мы варьировали дозу диоксида серы в диапазоне 0-75 мг/дм³, а содержание SO₂ в виноматериалах при хранении – в диапазоне 0-100 мг/дм³.

За базовую методику оценки сорта и качества винограда была взята ранее разработанная методика, включающая комплексную оценку винограда по показателям, обуславливающим формирование качества вин: содержание сахаров, титруемых кислот, технологический запас фенольных веществ, антоцианов и их экстрагируемость, монофенолмонооксигеназную (МФМО) активность – и устанавливающая диапазоны значений показателей для белых и красных вин [21]. В соответствии с целью работы предстояло апробировать эти параметры и расширить их перечень, для обеспечения возможности снижения SO₂-нагрузки в технологическом цикле и в готовой продукции без ущерба для ее качества.

При анализе объектов в цепочке «виноград – сусло – виноматериал» руководствовались стандартизированными методами (содержание сахаров, титруемых кислот, альдегидов, свободной и связанной формы SO₂, величина рН) и методами, принятыми в энологической практике [22]. Концентрацию пировиноградной (ПВК) и α-кетоглутаровой (α-КГК) определяли колориметрическим методом, основанном на измерении интенсивности окрашивания пигментов желто-оранжевого цвета, образующихся при взаимодействии кетокислот с 2,4-динитрофенилгидразином в щелочной среде [23]; технологический запас фенольных веществ – колориметрическим методом [22]; потенциальное количество антоцианов и долю их легко экс-

трагируемой фракции – колориметрическим методом по методике Glories [24]; монофенолмонооксигеназную ($\times 10^2$, у.ед.) активность сусла – колориметрическим методом, основанном на измерении скорости окисления пирокатехина с образования окрашенного продукта [23].

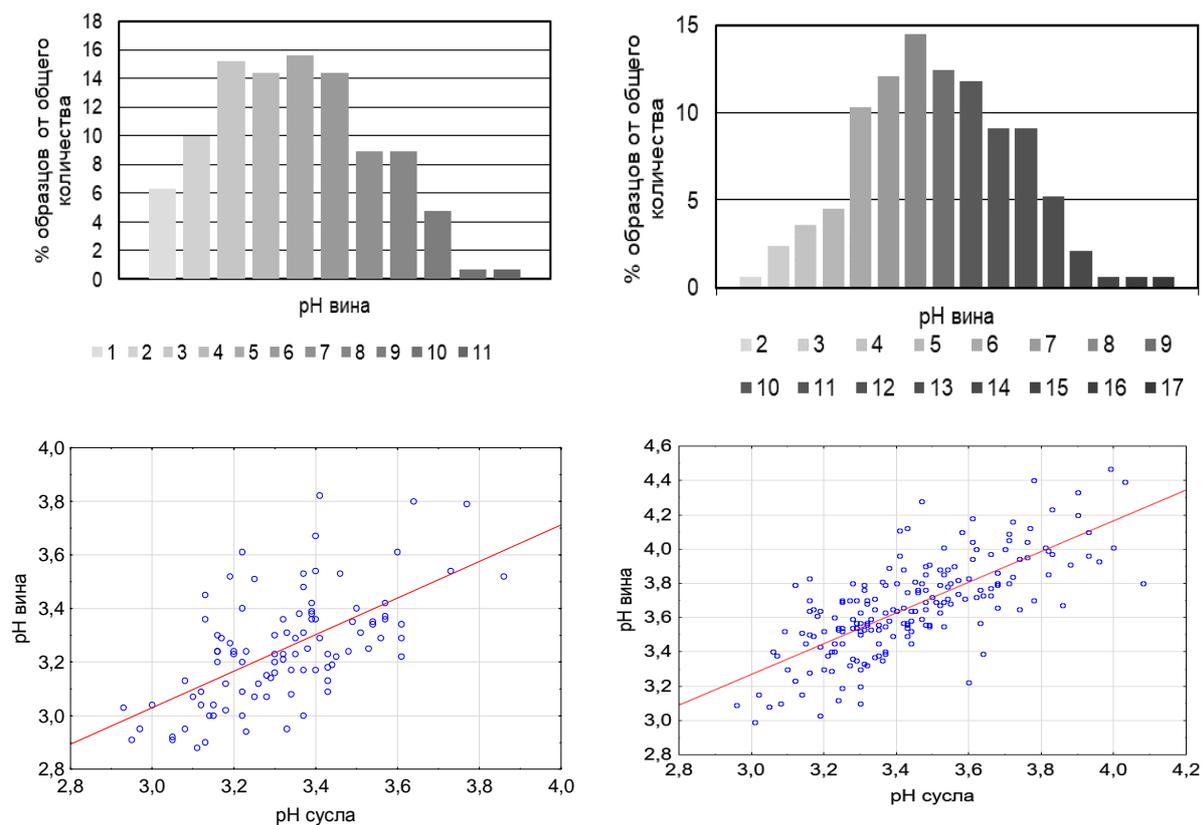
Обсуждение результатов. Исходными предпосылками для обоснования параметров отбора сортов винограда и качества урожая для производства вин с пониженным содержанием диоксида серы являлись теоретические и практические положения о том, что антисептическое, антиоксидантное и антиокислительное действие SO_2 связано с его свободными формами: молекулярной, бисульфит и сульфит ионами. При этом антисептическим эффектом обладает только молекулярная форма, которая в концентрациях не менее $0,6 \text{ мг/дм}^3$ гарантировано обеспечивает микробиологическую стабильность сухих вин [25]. Антиоксидантный и антиокислительный эффект обеспечивают бисульфит (преимущественно) и сульфит-ионы. Считается, что для предотвращения окисления вин массовая концентрация свободных форм диоксида серы должна составлять от 20 до 40 мг/дм^3 в зависимости от стиля вина, условий выдержки и желаемого срока годности [25].

Соотношение свободных форм сернистой кислоты в сусле/виноматериале зависит от pH: с увеличением величины pH от 3,0 до 3,8 доля молекулярной формы сернистой кислоты снижается с 6 % до 1%, а бисульфит-иона – увеличивается с 94 % до 99 % [26]. Кроме того, активная кислотность является одним из факторов, влияющих на протекание процессов ферментативного и неферментативного окисления сусла/вина [27, 28]. Это явилось основанием для апробации величины pH сусла в качестве оценочного показателя винограда для производства вин с пониженным содержанием SO_2 .

Обоснование диапазона величины pH винограда базировалось на закономерностях процесса диссоциации сернистой кислоты и концентрации свободной формы диоксида серы, необходимой для обеспечения антисеп-

тического эффекта в винах: которая при рН вина 2,9-3,3 составляет 10-15 мг/дм³, при рН 3,40-3,50 – 20-25 мг/дм³, при рН 3,6-3,8 – 30-45 мг/дм³ [25, 26]. Статистический анализ данных (рис.1) показал, что величина активной кислотности не более 3,3 характерна для 62 % образцов белых вин и только для 11 % – красных вин; а величину рН свыше 3,3 и до 3,5 включительно белые и красные вина имели в 23 % случаев. Это означает, что снижение содержания диоксида серы в винах с обеспечением антисептического действия путем увеличения доли молекулярной формы сернистой кислоты среди ее свободных форм за счет снижения рН имеет наибольшие перспективы для белых вин. С другой стороны, наличие этилового спирта в винах существенно подавляет диссоциацию сульфитной кислоты: при рН = 3,4 и 3,6 доля молекулярной формы сернистой кислоты в сусле составляет 2,1 и 1,4 %, соответственно, а в вине с содержанием спирта 12,5 % об – 3,7 и 2,3 % [25, 29], то есть асептический эффект одного и того же содержания свободной сульфитной кислоты увеличивается в среднем в 1,7 раза. В имеющемся массиве данных 64 % образцов красных винома-териалов характеризовались содержанием спирта от 11,5 до 15,5 % об. Представленные сведения означают, что для снижения содержания свободных форм сульфитной кислоты до 15 мг/дм³ в белых винах и до 20 мг/дм³ в красных, необходимо ограничить величину активной кислотности в белых винах на уровне 3,2-3,3; в красных – 3,4-3,5.

Установлена линейная взаимосвязь величины рН в системе «виноград-виноматериал» ($r=0,61-0,73$; $\alpha<0,00001$). Выявлено, что при выработке белых вин в 60 % случаев величина активной кислотности уменьшается (в среднем, на 0,1 единицу) или остается на уровне таковой в винограде, а в 17 % случаев – увеличивается не более чем на 0,1 единицы. В исследуемой выборке только 19 % образцов красных винома-териалов имели величину рН на уровне или ниже таковой в винограде, и только в 34 % образцов рН вин превышали значения показателя в винограде не более чем на 0,2 ед.



Белые сорта

- 1 – $2,8 < \text{pH} \leq 2,9$; 2 – $2,9 < \text{pH} \leq 3,0$; 3 – $3,0 < \text{pH} \leq 3,1$; 4 – $3,1 < \text{pH} \leq 3,2$; 5 – $3,2 < \text{pH} \leq 3,3$;
 6 – $3,3 < \text{pH} \leq 3,4$; 7 – $3,4 < \text{pH} \leq 3,5$; 8 – $3,5 < \text{pH} \leq 3,6$; 9 – $3,6 < \text{pH} \leq 3,7$;
 10 – $3,7 < \text{pH} \leq 3,8$; 11 – $3,8 < \text{pH} \leq 3,9$; 12 – $3,9 < \text{pH} \leq 4,0$; 13 – $4,0 < \text{pH} \leq 4,1$;
 14 – $4,1 < \text{pH} \leq 4,2$; 15 – $4,2 < \text{pH} \leq 4,3$; 16 – $4,3 < \text{pH} \leq 4,4$; 17 – $4,4 < \text{pH} \leq 4,5$

Красные сорта

Рис. 1. Динамика показателя pH в системе «виноград–вино», распределение исследуемых партий виноматериалов по данному показателю

Обобщая вышеизложенное, в винограде как белых, так и красных сортов, предназначенном для производства вин с пониженным содержанием диоксида серы, необходимо ограничить величину pH – не более 3,3. В то же время, учитывая большую склонность к окислению белых вин и роль активной кислотности, как сдерживающего фактора процесса [30], считаем целесообразным ограничить величину pH в винограде белых сортов – не более 3,2. Способность сорта винограда сохранять в стадии технической зрелости величину pH на указанном уровне позволяет рассматривать активную кислотность также в качестве критерия отбора сортов для органи-

ческого виноделия и виноделия с пониженной SO_2 -нагрузкой. Результаты исследований показали, что в стадии технической зрелости таким значениям pH соответствовало 52 % винограда белых сортов и 30 % – винограда красных сортов, произрастающего в Крыму.

Второй путь снижения SO_2 -нагрузки в процессах виноделия и хранения вин – повышение эффективности вносимых доз диоксида серы за счет снижение доли связанных форм, не обладающих антисептическим, антиоксидантным и антиоксидантным действием. Наиболее устойчивые соединения с диоксидом серы образуют ацетальдегид ($K=1,5 \times 10^{-6}$), пировиноградная ($K= 3,0 \times 10^{-4}$) и α -кетоглутаровая ($K= 4,9 \times 10^{-4}$) кислоты, на долю которых приходится, соответственно, 55-72 %, 12-17 % и 8-23 % связанных форм сернистой кислоты в вине [31]. Содержание ацетальдегида, пировиноградной и α -кетоглутаровой кислот в винограде белых сортов варьировало соответственно в диапазоне 7,0-38,7; 1,9-57,9 и 6,1-85,3 мг/дм³; красных сортов – 6,2-49,3; 1,7-100,1 и 4,9-97,9 мг/дм³. Ранее проведенные исследования показали, что значимыми факторами дисперсии содержания ацетальдегида и кетокислот в винограде являются сорт и условия его произрастания [15]. При этом в 66-74 % случаев концентрация ацетальдегида и пировиноградной кислоты в винограде как белых, так и красных сортов не превышала 20 мг/дм³; α -кетоглутаровой кислоты в 82 % винограда белых сортов не превышала 30 мг/дм³, а в 59 % винограда красных сортов – 35 мг/дм³ (рис. 2).

Динамика содержания кетокислот и ацетальдегида в системе «виноград-виноматериал» в значительной мере зависит от состава сусла, обусловленного сортом винограда, режимов и параметров технологических операций, среди которых преобладающее значение имеют доза сульфитации мезги/сусла и культура дрожжей [16, 32, 33].

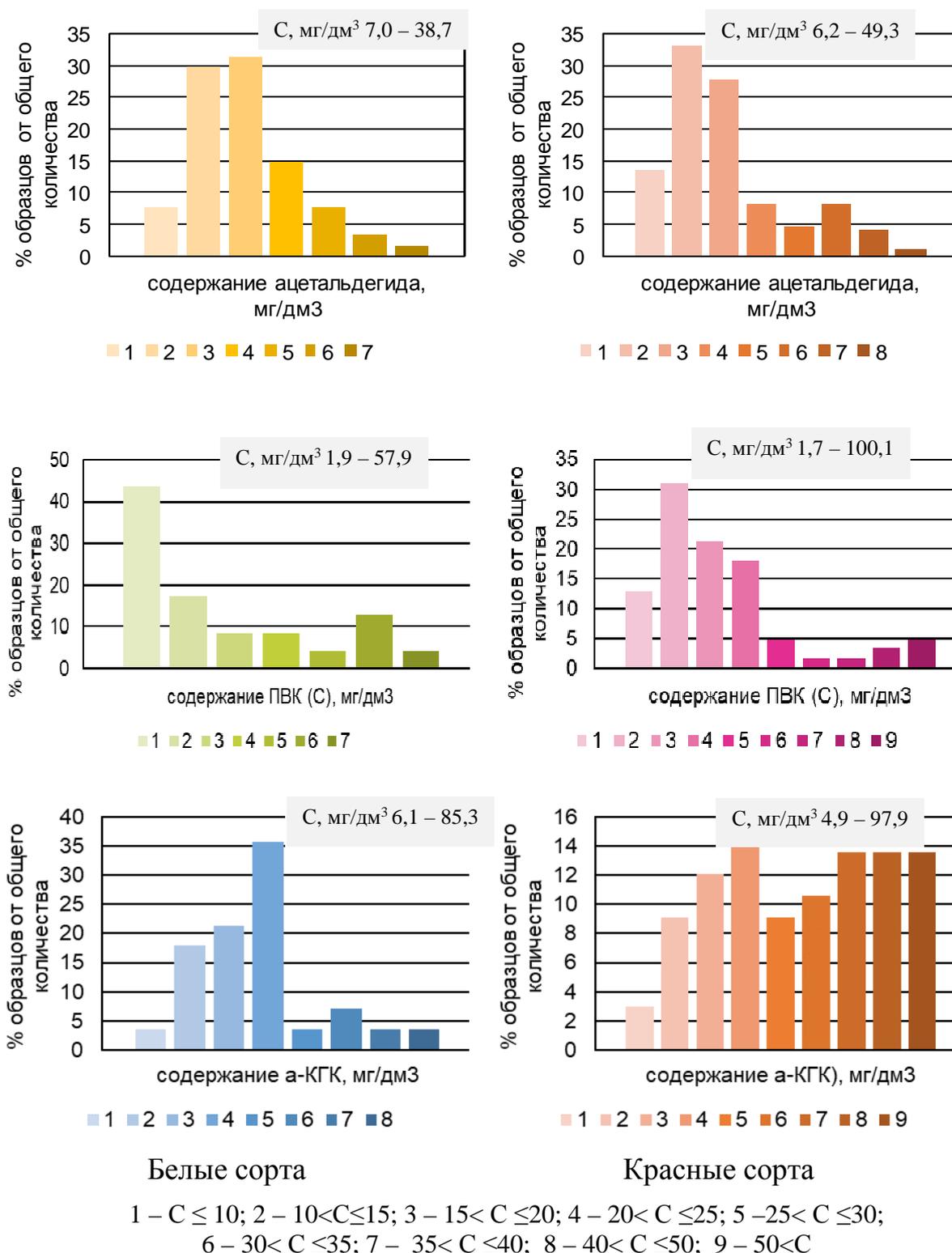


Рис. 2. Распределение исследуемых партий винограда по содержанию (C , мг/дм³) компонентов SO_2 -связывающего комплекса

В ходе настоящих исследований показано статистически значимое ($\alpha < 0,05$) увеличение концентрации кетокислот от винограда до виномате-

риалов: пировиноградной кислоты – в среднем в 3,8 раза, α -кетоглутаровой кислоты – в 4,4 раза. В результате концентрация пировиноградной кислоты в белых виноматериалах составляла от 15,5 до 92,0 мг/дм³, в красных – от 22,0 до 88,3 мг/дм³; α -кетоглутаровой кислоты – 20,4-120,0 мг/дм³ и 44,2-245,4 мг/дм³ соответственно. При этом в 78-80 % случаев концентрация пировиноградной кислоты в виноматериалах не превышала 50 мг/дм³, α -кетоглутаровой кислоты – в белых виноматериалах 70 мг/дм³; в 68 % красных виноматериалов уровень α -кетоглутаровой кислоты не превышал 150 мг/дм³. Содержание ацетальдегида в 67 % красных и 77 % белых образцов виноматериалов не превышало 60 мг/дм³. При такой концентрации компонентов 75-78 % виноматериалов характеризовались содержанием связанных форм диоксида серы не более 50 мг/дм³ при концентрации свободных форм от 10 до 50 мг/дм³. Проведенные исследования показали, что концентрация диоксида серы от 15 до 88 мг/дм³ при выработке и хранении виноматериалов обеспечивала их сохранность в условиях опыта (температура 8-11 °С, без доступа воздуха) без потери качества в течение шести месяцев.

Обобщение представленных сведений позволило сделать заключение, что содержание ацетальдегида и пировиноградной кислоты в винограде, используемом для производства вин с пониженным содержанием диоксида серы, не должно превышать 20 мг/дм³, α -кетоглутаровой кислоты – не более 25 мг/дм³ для белых сортов и не более 35 мг/дм³ для красных сортов.

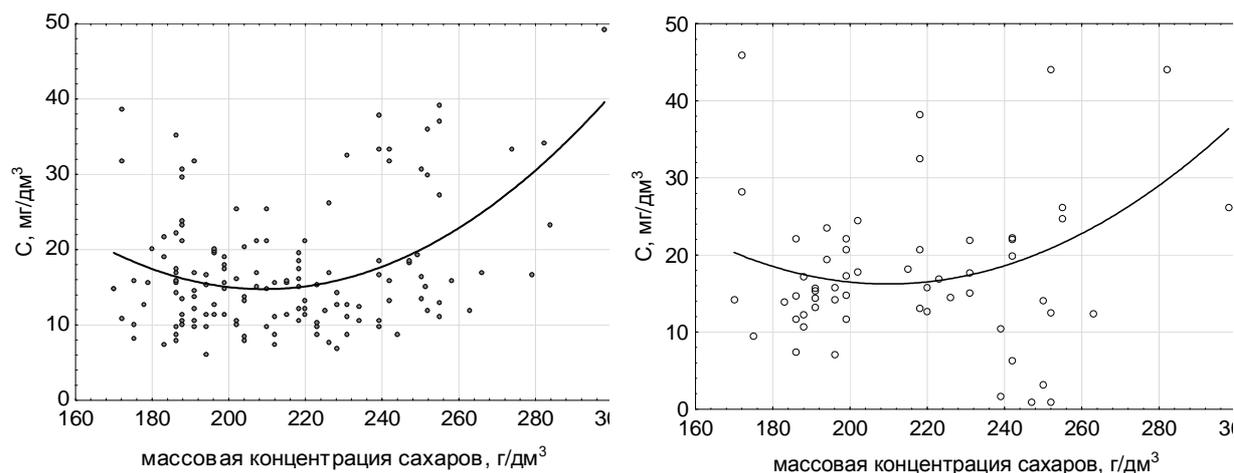
Исследованы взаимосвязи предлагаемых дополнительных показателей (с учетом диапазонов их значений) оценки сорта и качества винограда как сырья для виноделия с нулевой и пониженной SO₂-нагрузкой с параметрами углеводно-кислотного, фенольного и оксидазного комплексов винограда.

Выявлено, что в случае красного винограда взаимосвязь содержания ацетальдегида и сахаров адекватно ($R^2 = 0,79$, при $\alpha < 0,00001$) описывается уравнением второй степени (рис. 3). Аналогичная тенденция прослеживалась и в случае пировиноградной кислоты. Область наименьшего содержа-

ния ацетальдегида и пировиноградной кислоты в винограде соответствовала содержанию сахаров в диапазоне 190-235 г/дм³. Эти значения показателя предлагаются в качестве предельных для винограда красных сортов в виноделии с пониженной SO₂-нагрузкой. В имеющемся массиве данных по винограду белых сортов взаимосвязь параметров SO₂-связывающего комплекса и уровня накопления сахаров не выявлена. При этом отмечено, что в диапазоне сахаров 160-175 г/дм³ только в 50 % партий винограда, а в диапазоне 175-260 г/дм³ – в 77 % партий содержание ацетальдегида не превышало 20 мг/дм³. С учетом органолептических характеристик виноматериалов, выработанных из этих партий винограда, рекомендуемым содержанием сахаров в винограде белых сортов для производства вин с пониженной SO₂-нагрузкой является диапазон от 175 до 220 г/дм³.

Взаимосвязь величины рН в диапазонах, не превышающих 3,2 для винограда белых сортов и 3,3 – красных, и содержания титруемых кислот в винограде описывается уравнением первого порядка ($r=0,63-0,64$, $R^2=0,40$; $\alpha<0,00001$) (рис. 4). При рекомендованном выше содержании сахаров и величин рН в 85 % партий белого и 70 % – красного винограда концентрация титруемых кислот составляла 6,5-10,0 г/дм³, что послужило основанием установить эти значения показателя в качестве предельных в винограде для виноделия с пониженной SO₂-нагрузкой. При этом следует иметь ввиду, что превалирующим по значимости параметром является рН.

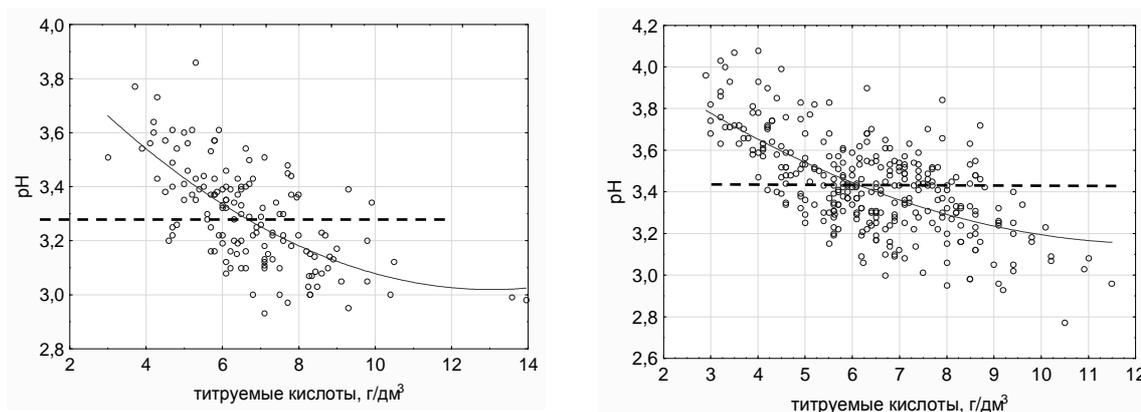
В установленном диапазоне содержания сахаров и величин рН технологический запас фенольных веществ в винограде белых сортов, произрастающих в Крыму, варьировал от 340 до 1611 мг/дм³ и большинстве (85 %) случаев превышал рекомендуемые для производства белых вин значения (250-800 мг/дм³) [34]. Этот факт требует особого внимания при производстве вин с нулевой и пониженной SO₂-нагрузкой, поскольку фенольные компоненты являются инициаторами и агентами окислительно-восстановительных процессов на всех этапах технологического цикла.



ацетальдегид

пировиноградная кислота

Рис. 3. Взаимосвязь содержания сахаров и SO_2 -связывающих компонентов в красных сортах винограда



виноград белых сортов

виноград красных сортов

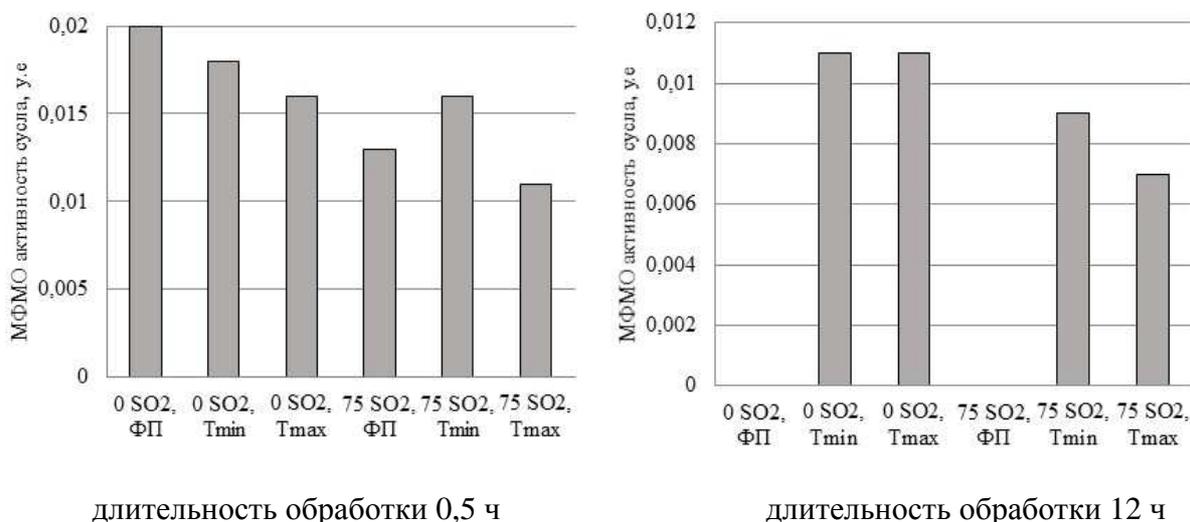
Рис. 4. Взаимосвязь показателя рН и содержания титруемых кислот в винограде

Прессование целых ягод в 82 % исследуемых партий винограда обеспечивало концентрацию фенольных веществ в сусле от 240 до 500 мг/дм³. Тем не менее с учетом органолептической оценки винома- териалов для выработки белых вин с пониженным содержанием диоксида серы считаем целесообразным ограничивать технологический запас фе- нольных веществ в винограде не более 500 мг/дм³. В случае винограда красных сортов 94 % партий винограда характеризовались допустимым (не менее 1000 мг/дм³) уровнем технологического запаса фенольных ве-

ществ, 50 % партий – оптимальным (не менее 2000 мг/дм³) [34]. При этом накопление антоцианов в ягодах до содержания не менее 500 мг/дм³, включая долю легко экстрагируемых фракций не менее 45 %, в значительной мере зависело от сорта винограда. Приведенные параметры отражают фенольную зрелость винограда красных сортов для виноделия [19, 24]. Так, в рекомендуемом диапазоне содержания сахаров, титруемых кислот и величин рН только виноград сорта Мерло независимо от года исследований и места произрастания достигал фенольной зрелости, в случае винограда сортов Каберне Совиньон и Санджовезе фенольно зрелыми были соответственно 35 % и 57 % исследуемых партий.

При переработке винограда нативные оксидазы, в частности монофенолмонооксигеназа (МФМО), активируют процесс окисления фенольных соединений, который затем переходит в свободно радикальную стадию, вовлекая другие компоненты винограда и вина. МФМО активность винограда зависит от сорта, уровня накопления сахаров и места произрастания лозы [19]. МФМО активность винограда является значимым фактором при определении дозы сульфитации мезги/сусла. Рекомендуемые в традиционном виноделии значения МФМО-активности: не более 7 у. ед для винограда белых сортов и не более 9 у. ед. – красных сортов [34]. Установлено, что этим значениям показателя в предлагаемом для производства вин с пониженной SO₂-нагрузкой диапазоне содержания сахаров соответствовали (в зависимости от сорта винограда) 12-80 % партий винограда белых сортов и 30-52 % красных сортов. Следует отметить, что максимальную активность МФМО проявляет при рН от 3,5 до 5,0, но даже при рН 3,1 сохраняет до 60 % активности [35]. Внесение 50 мг/дм³ диоксида серы снижает оксидазную активность сусла на 60-87 % [36]. В рамках настоящих исследований показано, что использование комплекса пектиназ при отстаивании несulfитированного сусла через 30 минут обработки привело к снижению МФМО-активности на 69-74 % (через 12 часов – полному ингибированию); препара-

та галлотанина – на 83-86 % (рис. 5). Совокупность представленных результатов экспериментальных и теоретических исследований позволила установить предельное значение МФМО активности в винограде для производства вин с нулевым или пониженным содержанием диоксида серы на уровне, рекомендуемом в традиционной виноделии.

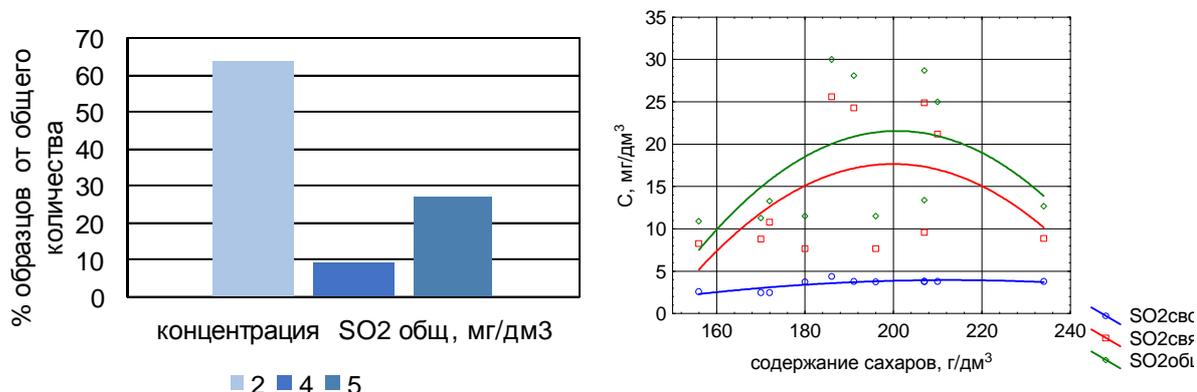


Варианты обработки: 0 SO₂ – без внесения диоксида серы; 75 SO₂ – сульфитация сульфата в дозе 75 мг/дм³; ФП – внесение препарата пектиназ (Lallzyme C-MAX), 0,05 г/дал; Tmin – внесение препарата галлотанина 0,03 г/дм³; Tmax – внесение препарата галлотанина 0,15 г/дм³. Исходная МФМО активность сульфита – 7 у.ед.

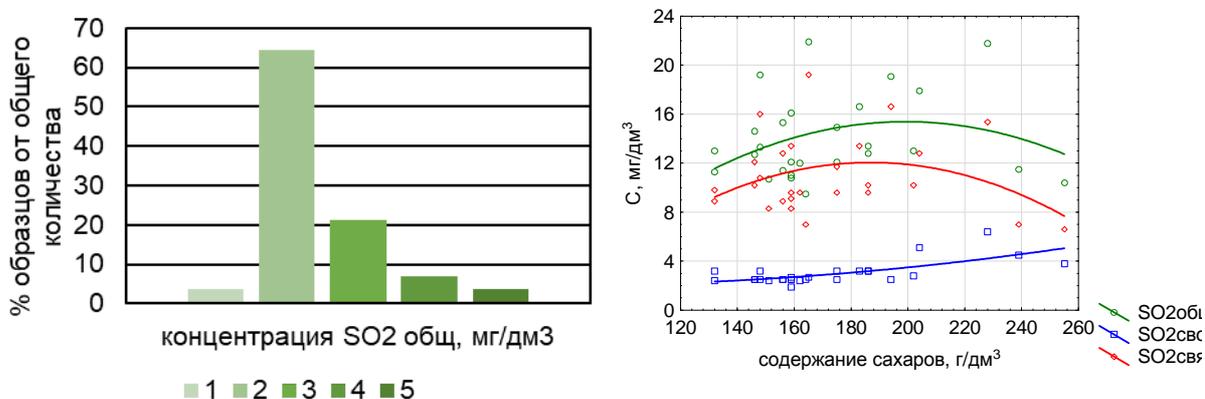
Рис. 5. Влияние технологических приемов осветления сульфита на МФМО активность

В винограде присутствует сернистая кислота естественного происхождения, которая образуется как промежуточный продукт на пути синтеза серосодержащих биомолекул (в частности, аминокислот) [37]. Установлено, что содержание сернистой кислоты в исследуемых партиях винограда варьировало от 9,5 до 35,9 мг/дм³ (рис. 6). Динамика ее концентрации в винограде при накоплении сахаров носила параболический характер. Наибольшее содержание сернистой кислоты в винограде белых сортов наблюдалось при массовой концентрации сахаров 180-220 г/дм³ и в 57 % случаев превышало 20 мг/дм³. В винограде красных сортов накопление сахаров свыше 215 г/дм³ сопровождалось снижением содержания сернистой

кислоты, однако значение показателя менее 15 мг/дм³ зафиксированы только в 50 % образцов.



Белые сорта



Красные сорта

1 – $C \leq 10$; 2 – $10 < C \leq 15$; 3 – $15 < C \leq 20$; 4 – $20 < C \leq 25$; 5 – $25 < C$

Рис. 6. Распределение исследуемых партий винограда по содержанию сульфитов и его взаимосвязь с концентрацией сахаров

Изменения содержания сернистой кислоты в винограде по мере накопления сахаров обусловлены динамикой связанной формы: концентрация свободной формы во всех образцах не превышала 5 мг/дм³. Представленные данные, во-первых, показывают, что концентрация свободной формы SO₂ в виноградной ягоде не способна обеспечить антисептический эффект в процессе переработки; во-вторых, обуславливают необходимость учета общего содержания SO₂ при выборе сортов винограда и оценке качества урожая для виноделия с пониженным содержанием диоксида серы: с учетом потерь диоксида серы в технологическом цикле рекомендуемое

значение показателя в винограде не должно превышать 15 мг/дм³. На основании обобщения результатов исследований предложены показатели и их оптимальные значения для выбора сортов и контроля качества винограда, как сырья для вин с нулевым и пониженным содержанием диоксида серы, представленные в таблице. Показатели, представленные в таблице курсивом, учитываются при отборе сортов винограда, но не являются обязательными при оценке качества урожая. Отметим, что обязательным условием является использование полностью здорового винограда.

Параметры отбора сортов и контроля качества винограда
для вин с пониженным содержанием диоксида серы

Показатель	Рекомендуемые значения в	
	белых сортах	красных сортах
Содержание, г/дм ³ : – сахаров	175-220	190-235
– титруемых кислот	6,5–10,0	
рН	≤ 3,2	≤ 3,3
Технологический запас фенольных веществ, мг/дм ³	250-500	≥ 2000
Потенциальное количество антоцианов, мг/дм ³	–	≥ 500
Доля легко экстрагируемых антоцианов, %	–	≥ 45
МФМО активность, у. ед.	≤ 7,0	≤ 9,0
Массовая концентрация, мг/дм ³ : – ацетальдегида	≤ 20,0	
– пировиноградной кислоты	20,0	
– α-кетоглутаровой кислоты	30,0	35,0
– сернистой кислоты	15,0	

С использованием разработанной системы параметров определены сорта винограда, произрастающие на Крымском полуострове, перспективные для виноделия с нулевой или пониженной SO₂-нагрузкой: Алиготе, Кокур белый, Мускат белый, Ркацители, Цитронный Магарача, Каберне Совиньон, Мерло, Санджовезе. Крымские аборигенные сорта винограда – Сары пандас, Кефесия, Эким кара – в установленном диапазоне содержания сахаров характеризовались допустимым уровнем SO₂-связывающих компонентов и МФМО активности сусле, низкой концентрацией титруемых кислот (2,9-5,6 г/дм³) и высокими значениями рН (3,35-3,86). В связи с

этим, данные сорта могут быть рекомендованы для виноделия с ограниченным использованием диоксида серы только при условии оптимизации указанных параметров винограда селекционным, агротехнологическим и/или технологическим путем. С учетом значимости предложенных параметров винограда (углеводно-кислотный комплекс > SO₂-связывающий комплекс > МФМО активность) составлен рейтинг территорий Крыма с позиций выращивания винограда для вин с пониженным содержанием диоксида серы: наиболее благоприятными территориями являются западно-приморский предгорный район и г. Севастополь.

Выводы. Результаты проведенных исследований винограда по показателям, взаимосвязанным с качеством и SO₂-связывающими свойствами вин, их динамики в системе «виноград-вино», позволили впервые предложить систему параметров отбора сортов и оценки качества винограда для виноделия с нулевой и пониженной SO₂-нагрузкой. Система включает значение показателя рН, содержание сахаров, титруемых кислот, альдегидов, кетокислот, сульфитной кислоты, МФМО активность. Установлены перспективные для производства вин с нулевым и пониженным содержанием SO₂ сорта винограда с указанием территорий их произрастания на Крымском полуострове.

Литература

1. К 2030 году более 10 % российских вин будут органическими Режим доступа: https://new-retail.ru/novosti/retail/k_2030_godu_bolee_10_rossiyskikh_vin_budut_organicheskimi/ (дата обращения: 04.05.2023)
2. Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федер. Закон [Принят Гос. Думой 25.07.2018] // Собрание законодательства РФ. 2018. № 280. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Положения о порядке исполнения Регламента Совета (ЕС) № 834/2007 об экологическом производстве и маркировке экологической продукции в отношении экологического производства, маркировки и контроля продукции: РЕГЛАМЕНТ КОМИССИИ (ЕС) от 5 сентября 2008 г. № 889/2008. Доступ из <https://rosorganic.ru/files/reglament-ec-889-2008.pdf>.
4. ГОСТ 33980-2016. Продукция органического производства. Правила производства, переработка, маркировки и реализации. М.: Стандартинформ, 2016. 49 с.

5. Lisanti M. T., Blaiotta G., Nioi C., Moio L. Alternative methods to SO₂ for microbiological stabilization of wine // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2019. Vol.18. P. 457-479. DOI: 10.1111/1541-4337.12422.

6. Capece A., Pietrafesa R., Siesto G., Romano P. Biotechnological approach based on selected *Saccharomyces cerevisiae* starters for reducing the use of sulfur dioxide in wine [Электронный ресурс] // *Microorganisms*. 2020. Vol. 8(5). 738. Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2076-2607/8/5/738> DOI: 10.3390/microorganisms8050738 (дата обращения: 04.05.2023).

7. Hao Z., Zhang Y., Sun Z., Li X. Chitooligosaccharide as a possible replacement for sulfur dioxide in winemaking [Электронный ресурс] // *Appl. Sci*. 2020. Vol. 10(2). 578. <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/2/578> DOI: 10.3390/app10020578 (дата обращения: 04.05.2023).

8. Resolution OIV-OENO 631-2020 Review of practices for the reduction of SO₂ doses used in winemaking. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.oiv.int/standards/review-of-practices-for-the-reduction-of-so2-doses-used-in-winemaking> (дата обращения: 04.05.2023).

9. Pedneault K., Provost C. Fungus resistant grape varieties as a suitable alternative for organic wine production: Benefits, limits, and challenges // *Scientia Horticulturae*. 2016. Vol. 208. P. 57-77. DOI: 10.1016/j.scienta.2016.03.016.

10. Weigle T., Carroll J. Production guide for organic grapes. NY., Ithaca: New York state integrated pest management program, 2015. 90 p. Режим доступа: <https://ecommons.cornell.edu/bitstream/handle/1813/42888.3/2022-org-grapes-NYSIPM.pdf?sequence=7> (дата обращения: 04.05.2023).

11. Manns D.C., Coquard Lenerz C.T.M., Mansfield A.K. Impact of processing parameters on the phenolic profile of wines from hybrid red grapes Maréchal Foch, Corot noir, and Marquette // *J. Food Sci*. 2013. Vol. 78. P. 696-702. DOI: 10.1111/1750-3841.12108.

12. Springer L.F., Sacks G.L. Protein-precipitable tannin in wines from *Vitis vinifera* and interspecific hybrid grapes (*Vitis* spp.): differences in concentration extractability, and cell wall binding // *J. Agric. Food Chem*. 2014. Vol. 62. P. 7515-7523. DOI: 10.1021/jf5023274.

13. Springer L. F, Sherwood R. W, Sacks G. L. Pathogenesis-related proteins limit the retention of condensed tannin additions to red wines // *J Agric Food Chem*. 2016. Vol. 64(6). P. 1309-1317. DOI: 10.1021/acs.jafc.5b04906.

14. Ferreira R.B., Monteiro S.S., Piçarra-Pereira M.A., Teixeira A.R. Engineering grapevine for increased resistance to fungal pathogens without compromising wine stability // *Trends in biotechnology*. 2004. Vol. 22(4). P. 168-173. DOI: 10.1016/j.tibtech.2004.02.001.

15. Zaitseva O., Ostroukhova E., Peskova I.V., Vyugina M.A. SO₂-binding complex of grapes and factors of its formation // *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 285. 05023. DOI: 10.1051/e3sconf/202128505023.

16. Пескова И.В., Остроухова Е.В., Зайцева О.В., Луткова Н.Ю., Вьюгина М.А. Роль технологических факторов в формировании SO₂-связывающего комплекса вино-материалов // *Магарач. Виноградарство и виноделие*. 2021. Т. 23. № 1 (115). С. 83-90. EDN: LOSVQL. DOI: 10.35547/IM.2021.96.76.014.

17. Ostroukhova E.V., Peskova I.V., Lutkova N.Yu., Stranishevskaya E.P. The effect of the organic plant protection system on the chemical composition and quality of grapes and red wines // *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 285. 05024. DOI: 10.1051/e3sconf/202128505024

18. Hasanaliyeva G., Chatzidimitrou E., Wang J., Baranski M., Volakakis N., Pakos P, Seal C., Rosa E.A.S., Markellou E., Iversen P.O., Vigar V., Willson A., Barkla B., Leifert C., Rempelos L. Effect of organic and conventional production methods on fruit yield and nutritional quality parameters in three traditional Cretan grape varieties: results from a farm survey // *Foods*. 2021. Vol. 10(2). 476. DOI: 10.3390/foods10020476.

19. Остроухова Е.В., Пескова И.В., Пробейголова П.А., Луткова Н.Ю. Разработка системы показателей качества и технологических свойств в цепочке «виноград - сушло - виноматериал – вино», дифференцирующей вина Крыма по географическому происхождению // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2019. Т. 21. № 3 (109). С. 250-255. EDN: CQKVPZ. DOI: 10.35547/IM.2019.21.3.012.
20. Esparza I., Martínez-Inda B., Cimminelli M.J., Jimeno-Mendoza M.C., Moler J.A., Jiménez-Moreno N., Ancín-Azpilicueta C. Reducing SO₂ doses in red wines by using grape stem extracts as antioxidants [Электронный ресурс] // *Biomolecules*. 2020. Vol. 10(10). 1369. Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7599755/pdf/biomolecules-10-01369.pdf>. DOI: 10.3390/biom10101369 (дата обращения: 05.05.2023).
21. Остроухова Е.В., Пескова И.В., Гержикова В.Г., Загоруйко В.А. Новый подход к технологической оценке сортов винограда // Виноградарство и виноделие. 2009. Т. 39. С. 61-66. EDN: VKAEOF
22. Гержикова В.Г. Методы технохимического контроля в виноделии. Симферополь: Таврида, 2009. 303 с. EDN: XXXILL
23. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков [и др.] Ленинград: Агропромиздат, 1987. 430 с.
24. Пробейголова П.А. Совершенствование биотехнологических приемов производства красных столовых вин: дис. канд. техн. наук: 03.00.20 / Пробейголова Полина Александровна. Ялта, 2014. 155 с.
25. Waterhouse A.L., Sacks G L., Jeffery D.W. Understanding wine chemistry. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd., 2016. 472 p. DOI: 10.1002/9781118730720
26. Gallander J.F., Steiner T.E. Principles of wine stabilization [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ohiograpeweb.cfaes.ohio-state.edu/sites/grapeweb/files/imce/pdf_wine/3.%20Wine%20stabilization.pdf (дата обращения: 03.05.2023).
27. Fronk P., Jaeckels N. Influence of buffer systems on PPO activity of Riesling grapes [*Vitis vinifera* subsp. *vinifera* cv. Riesling] [Электронный ресурс] // *European Food Research and Technology*. 2017. Vol. 243(5). P. 859-865. Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-016-2800-3>. DOI: 10.1007/s00217-016-2800-3 (дата обращения 03.05.2023).
28. Wang Z., Yuan J., Yang J., Dong Z., Yan X., Yuan C., Ren Y. Effects of Guankou grape polyphenol oxidase on enzymatic browning [Электронный ресурс] // *Journal of Food Processing and Preservation*. 2021. Vol. 46 (1). e16127. Режим доступа: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/jfpp.16127>. DOI: 10.1111/jfpp.16127 (дата обращения: 05.05.2023).
29. Прида И.А., Стурза Р., Кражевская А.Н., Яловая А.Н. Рациональное использование антисептических свойств диоксида серы в виноделии // Виноделие и виноградарство. 2018. №3. С. 36-43. EDN: KJOHLA
30. Nguyen T.H., Waterhouse A.L. Redox Cycling of Iron: Effects of Chemical Composition on Reaction Rates with Phenols and Oxygen in Model Wine // *Am J Enol Vitic*. 2021. Vol. 72. P. 209-216. DOI: 10.5344/ajev.2021.20024.
31. Jackowetz J.N., Mira de Orduña R. Survey of SO₂ binding carbonyls in 237 red and white table wines// *Food Control*. 2013. Vol. 32(2). P. 687-692. DOI: 10.1016/j.foodcont.2013.02.001.
32. Herzan J., Prokes K., Baron M., Kumsta M., Pavloušek P., Sochor J. Study of carbonyl compounds in white wine production // *Food Sci Nutr*. 2020. Vol. 8. P. 5850-5859. DOI: 10.1002/fsn3.1855.
33. Li E., Mira de Orduña Heidinger R. Acetaldehyde metabolism in industrial strains of *Saccharomyces cerevisiae* inhibited by SO₂ and cooling during alcoholic fermentation [Электронный ресурс] // *OENO One*. 2020. №54(2). P. 351-358. Режим доступа: <https://oeno-one.eu/article/view/2391>. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2020.54.2.2391> (дата обращения: 05.05.2023).

34. Остроухова Е.В. Создание методологии управления качеством виноградных вин с использованием ферментативного катализа: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.00 / Остроухова Елена Викторовна. Ялта, 2013. 285 с.

35. Taranto F., Pasqualone A., Mangini G., Tripodi P., Miazzi M.M., Pavan S., Montemurro C. Polyphenol oxidases in crops: biochemical, physiological and genetic aspects [Электронный ресурс] // *Int J Mol Sci.* 2017. Vol. 18(2). 377. Режим доступа: <https://pdfs.semanticscholar.org/c126/28385f63ac222a75afab2a0f04f70e4d1db0.pdf> DOI: 10.3390/ijms18020377. (дата обращения: 03.05.2023).

36. Червяк С.Н., Гержикова В.Г. Влияние режимов сульфитации на ферментативную активность суслы // *Виноградарство и виноделие.* 2018. Т. 47. С. 60-62. EDN: YMOXQA

37. De Bont L., Donnay N., Couturier J., Rouhier N. Redox regulation of enzymes involved in sulfate assimilation and in the synthesis of sulfur-containing amino acids and glutathione in plants [Электронный ресурс] // *Front. Plant Sci.* 2022. Vol. 13. 958490. Режим доступа: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2022.958490/full> DOI: 10.3389/fpls.2022.958490 (дата обращения: 02.03.2023).

References

1. By 2030, more than 10% of Russian wines will be organic [Electronic resource]. Available at: https://new-retail.ru/novosti/retail/k_2030_godu_bolee_10_rossiyskikh_vin_budut_organicheskimi/ (accessed date: 04.05.2023) (in Russian)

2. On organic products and amendments to particular legislative acts of the Russian Federation: Fed. Law [Adopted by State. Duma on 25.07.2018] // Collection of laws of the Russian Federation. 2018. No. 280. Access from the legal reference system «ConsultantPlus». (in Russian)

3. Provisions for implementing the Council Regulation (EU) No. 834/2007 on organic production and labeling of organic products with regard to organic production, labeling and product control: COMMISSION REGULATION (EU) dd 5 September 2008 No. 889/2008. Access from <https://rosorganic.ru/files/regulation-ec-889-2008.pdf>. (in Russian)

4. State Standart 33980-2016. Organic production. Production regulations, processing, labelling and implementation (CAC/ GL 32-1999, NEQ). Moscow: Standartinform Publ., 2016. 49 p. (in Russian)

5. Lisanti M. T., Blaiotta G., Nioi C., Moio L. Alternative methods to SO₂ for microbiological stabilization of wine // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.* 2019. Vol.18. P. 457-479. DOI: 10.1111/1541-4337.12422.

6. Capece A., Pietrafesa R., Siesto G., Romano P. Biotechnological approach based on selected *Saccharomyces cerevisiae* starters for reducing the use of sulfur dioxide in wine [Electronic resource] // *Microorganisms.* 2020. Vol. 8(5). 738. Available at: <https://www.mdpi.com/2076-2607/8/5/738> DOI: 10.3390/microorganisms8050738 (accessed date: 04.05.2023).

7. Hao Z., Zhang Y., Sun Z., Li X. Chitooligosaccharide as a possible replacement for sulfur dioxide in winemaking [Electronic resource] // *Appl. Sci.* 2020. Vol. 10(2). 578. Available at: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/2/578> DOI: 10.3390/app10020578 (accessed date: 04.05.2023).

8. Resolution OIV-OENO 631-2020 Review of practices for the reduction of SO₂ doses used in winemaking. [Electronic resource]. Available at: <https://www.oiv.int/standards/review-of-practices-for-the-reduction-of-so2-doses-used-in-winemaking-> (accessed date: 04.05.2023).

9. Pedneault K., Provost C. Fungus resistant grape varieties as a suitable alternative for organic wine production: Benefits, limits, and challenges // *Scientia Horticulturae.* 2016. Vol. 208. P. 57-77. DOI: 10.1016/j.scienta.2016.03.016.

10. Weigle T., Carroll J. Production guide for organic grapes [Electronic resource]. NY., Ithaca: New York state integrated pest management program, 2015. 90 p. Available at: <https://ecommons.cornell.edu/bitstream/handle/1813/42888.3/2022-org-grapes-NYSIPM.pdf?sequence=7> (accessed date: 04.05.2023).
11. Manns D.C., Coquard Lenerz C.T.M., Mansfield A.K. Impact of processing parameters on the phenolic profile of wines from hybrid red grapes Maréchal Foch, Corot noir, and Marquette // J. Food Sci. 2013. Vol. 78. P. 696-702. DOI: 10.1111/1750-3841.12108.
12. Springer L.F., Sacks G.L. Protein-precipitable tannin in wines from *Vitis vinifera* and interspecific hybrid grapes (*Vitis* spp.): differences in concentration extractability, and cell wall binding // J. Agric. Food Chem. 2014. Vol. 62. P. 7515–7523. DOI: 10.1021/jf5023274.
13. Springer L. F, Sherwood R. W, Sacks G. L. Pathogenesis-related proteins limit the retention of condensed tannin additions to red wines // J Agric Food Chem. 2016. Vol. 64(6). P. 1309-1317. DOI: 10.1021/acs.jafc.5b04906.
14. Ferreira R.B., Monteiro S.S., Piçarra-Pereira M.A., Teixeira A.R. Engineering grapevine for increased resistance to fungal pathogens without compromising wine stability // Trends in biotechnology. 2004. Vol. 22(4). P. 168-173. DOI: 10.1016/j.tibtech.2004.02.001.
15. Zaitseva O., Ostroukhova E., Peskova I.V., Vyugina M.A. SO₂-binding complex of grapes and factors of its formation //: E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 285. 05023. DOI: 10.1051/e3sconf/202128505023.
16. Peskova I.V., Ostroukhova E.V., Zaitseva O.V., Lutkova N.Yu., Vyugina M.A. The role of technological factors in the formation of SO₂-binding complex of base wines // Magarach. Viticulture and Winemaking. 2021. Vol. 23, Issue 1(115). P. 83-90. EDN: LOSVQL. DOI: 10.35547/IM.2021.96.76.014. (in Russian)
17. Ostroukhova E.V., Peskova I.V., Lutkova N.Yu., Stranishvskaya E.P. The effect of the organic plant protection system on the chemical composition and quality of grapes and red wines // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 285. 05024. DOI: 10.1051/e3sconf/202128505024
18. Hasanaliyeva G., Chatzidimitrou E., Wang J., Baranski M., Volakakis N., Pakos P, Seal C., Rosa E.A.S., Markellou E., Iversen P.O., Vigar V., Willson A., Barkla B., Leifert C., Rempelos L. Effect of organic and conventional production methods on fruit yield and nutritional quality parameters in three traditional Cretan grape varieties: results from a farm survey // Foods. 2021. Vol. 10(2). 476. DOI: 10.3390/foods10020476.
19. Ostroukhova E. V., Peskova I. V., Probeigolova P. A., Lutkova N. Yu. Development of a system of indicators of quality and technological properties in the chain «grapes - must - wine material – wine» that differentiate crimean wines by geographical origin // Magarach. Viticulture and Vinemaking. 2019. Vol. 21, Issue 3(109). P. 250-255. EDN: CQKVPZ. DOI: 10.35547/IM.2019.21.3.012 (in Russian)
20. Esparza I., Martínez-Inda B., Cimminelli M.J., Jimeno-Mendoza M.C., Moler J.A., Jiménez-Moreno N., Ancín-Azpilicueta C. Reducing SO₂ doses in red wines by using grape stem extracts as antioxidants [Electronic resource] // Biomolecules. 2020. Vol. 10(10). 1369. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7599755/pdf/biomolecules-10-01369.pdf>. DOI: 10.3390/biom10101369 (accessed date: 05.05.2023).
21. Ostroukhova E.V., Peskova I.V., Gherzhikova V.G., Zagorouiko V.A. A new approach to the technological assessment of grape varieties // Viticulture and Winemaking. 2009. Vol. 39. P. 61-66. EDN: VKAEOF (in Russian)
22. Gherzhikova V.G. Methods of technochemical control in winemaking. Simferopol: Tavrida, 2009. 303 p. EDN: XXXILL (in Russian)
23. Ermakov A.I., et al. Methods of biochemical research of plants. Leningrad: Agropromizdat, 1987. 430 p. (in Russian)

24. Probeigolova P. A. The improvement of the biotechnological methods of the producing of red table wines: diss....cand. techn. sci.: 03.00.20 / Probeigolova Polina Aleksandrovna. Yalta, 2014. 155 p. (in Russian)

25. Waterhouse A.L., Sacks G.L., Jeffery D.W. Understanding wine chemistry. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd., 2016. 472 p. DOI: 10.1002/9781118730720

26. Gallander J.F., Steiner T.E. Principles of wine stabilization [Electronic resource]. Available at: https://ohiograpeweb.cfaes.ohio-state.edu/sites/grapeweb/files/imce/pdf_wine/3.%20Wine%20stabilization.pdf (accessed date: 03.05.2023).

27. Fronk P., Jaeckels N. Influence of buffer systems on PPO activity of Riesling grapes [*Vitis vinifera* subsp. *vinifera* cv. Riesling] [Electronic resource] // European Food Research and Technology. 2017. Vol. 243(5). P. 859-865. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-016-2800-3>. DOI: 10.1007/s00217-016-2800-3 (accessed date: 03.05.2023).

28. Wang Z., Yuan J., Yang J., Dong Z., Yan X., Yuan C., Ren Y. Effects of Guankou grape polyphenol oxidase on enzymatic browning [Electronic resource] // Journal of Food Processing and Preservation. 2021. Vol. 46 (1). e16127. Available at: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/jfpp.16127>. DOI: 10.1111/jfpp.16127 (accessed date: 05.05.2023).

29. Prida I.A., Sturza R., Krazhevskaya A.N., Yalovaya A.N. Rational use of antiseptic properties of sulfur dioxide in winemaking // Wine-making and Viticulture. 2018. № 3. P. 36-43. EDN: KJOHLA (in Russian)

30. Nguyen T.H., Waterhouse A.L. Redox Cycling of Iron: Effects of Chemical Composition on Reaction Rates with Phenols and Oxygen in Model Wine // Am J Enol Vitic. 2021. Vol. 72. P. 209-216. DOI: 10.5344/ajev.2021.20024.

31. Jackowetz J.N., Mira de Orduña R. Survey of SO₂ binding carbonyls in 237 red and white table wines // Food Control. 2013. Vol. 32(2). P. 687-692. DOI: 10.1016/j.foodcont.2013.02.001.

32. Herzan J., Prokes K., Baron M., Kumsta M., Pavloušek P., Sochor J. Study of carbonyl compounds in white wine production // Food Sci Nutr. 2020. Vol. 8. P. 5850-5859. DOI: 10.1002/fsn3.1855.

33. Li E., Mira de Orduña Heidinger R. Acetaldehyde metabolism in industrial strains of *Saccharomyces cerevisiae* inhibited by SO₂ and cooling during alcoholic fermentation [Electronic resource] // OENO One. 2020. Vol. 54(2). P. 351-358. Available at: <https://oeno-one.eu/article/view/2391>. DOI: 10.20870/oeno-one.2020.54.2.2391 (accessed date: 05.05.2023).

34. Ostroukhova E.V. Development of a methodology for managing the quality of grape wines by the use of enzyme catalysis: diss. dr. tech. sci: 05.18.00 / Ostroukhova Elena Viktorovna. Yalta, 2013. 285 p. (in Russian)

35. Taranto F., Pasqualone A., Mangini G., Tripodi P., Miazzi M.M., Pavan S., Montemurro C. Polyphenol oxidases in crops: biochemical, physiological and genetic aspects [Electronic resource] // Int J Mol Sci. 2017. Vol. 18(2). 377. Available at: <https://pdfs.semanticscholar.org/c126/28385f63ac222a75afab2a0f04f70e4d1db0.pdf> DOI: 10.3390/ijms18020377 (accessed date: 03.05.2023).

36. Chervyak S.N., Gherzhikova V.G. The influence of sulfitation regimes on enzymatic activity of the must // Viticulture and Winemaking. 2018. T. 47. P. 60-62. EDN: YMOXQA (in Russian)

37. De Bont L., Donnay N., Couturier J., Rouhier N. Redox regulation of enzymes involved in sulfate assimilation and in the synthesis of sulfur-containing amino acids and glutathione in plants [Electronic resource] // Front. Plant Sci. 2022. Vol. 13. 958490. Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2022.958490/full> DOI: 10.3389/fpls.2022.958490 (accessed date: 02.03.2023).