

УДК 663.252.3:548

UDC 663.252.3:548

DOI 10.30679/2219-5335-2022-4-76-202-214

DOI 10.30679/2219-5335-2022-4-76-202-214

**ВЛИЯНИЕ
ОБРАБОТКИ СУСЛА
НА СТАБИЛЬНОСТЬ ВИН
К КРИСТАЛЛИЧЕСКИМ
ПОМУТНЕНИЯМ***

**THE EFFECT
OF MUST PROCESSING
ON THE STABILITY
OF WINES
TO CRYSTAL TURBID ***

Червяк София Николаевна
канд. техн. наук
научный сотрудник
лаборатории химии
и биохимии вина
e-mail: Sofi4@list.ru

Chervyak Sofia Nikolaevna
Cand. Tech. Sci.
Research Associate
of Chemistry and Biochemistry
of Wine Laboratory
e-mail: Sofi4@list.ru

Аникина Надежда Станиславовна
д-р техн. наук
старший научный сотрудник
заведующая лабораторией
химии и биохимии вина
e-mail: hv26@mail.ru

Anikina Nadezhda Stanislavovna
Dr. Sci. Tech.
Senior Research Associate
Head of Chemistry and Biochemistry
of Wine Laboratory
e-mail: hv26@mail.ru

Гниломедова Нонна Владимировна
канд. техн. наук, доцент
ведущий научный сотрудник
лаборатории химии
и биохимии вина
e-mail: 231462@mail.ru

Gnilomedova Nonna Vladimirovna
Cand. Tech. Sci., Docent
Leading Research Associate,
of Chemistry and Biochemistry
of Wine Laboratory
e-mail: 231462@mail.ru

Весютова Антонина Валерьевна
канд. техн. наук
научный сотрудник
лаборатории химии
и биохимии вина
e-mail: foxt.80@mail.ru

Vesyutova Antonina Valerievna
Cand. Tech. Sci.
Research Associate
of Chemistry and Biochemistry
of Wine Laboratory
e-mail: foxt.80@mail.ru

Ермихина Марианна Вадимовна
научный сотрудник
лаборатории химии
и биохимии вина
e-mail: mariannaermikhina@mail.ru

Ermikhina Marianna Vadimovna
Research Associate
of Chemistry and Biochemistry
of Wine Laboratory
e-mail: mariannaermikhina@mail.ru

* Статья подготовлена в рамках выполнения Государственного задания № FNZM-2022-0005

* The work was conducted under public assignment No FNZM-2022-0005

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

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

Стабилизация вина – устранение причин, провоцирующих образование в нем осадка, и придание напитку устойчивой прозрачности в течение гарантийного срока хранения с помощью различных технологических операций. Целью данной работы являлась оценка воздействия различных технологических приемов на стадии сусла (подкисление органическими кислотами (лимонной, винной и яблочной), а также осветление сусла (бентонитом) на склонность виноматериалов к кристаллическим помутнениям и морфологические особенности кристаллического осадка. Объектом исследований являлись виноматериалы белые сухие, выработанные из автохтонного сорта винограда Кокур белый, возделываемого в Республике Крым. Установлено, что прием подкисления сусла путем внесения лимонной кислоты обеспечивает существенное снижение температуры насыщения тартратом кальция – в 4,6 раза по сравнению с контролем. Обработка сусла бентонитом также способствовала снижению показателя $T_{\text{нас}}(\text{CaT})$ на 33,5-44,9 %. Показано, что приемы подкисления сусла винной кислотой, а также осветление сусла бентонитом обеспечили стабилизирующий эффект в отношении кристаллических помутнений кальциевого характера для молодого вина на момент окончания эксперимента (3 месяца). Характеристика кристаллического осадка путем визуальной оценки и микроскопирования показала, что битартрат калия присутствовал во всех исследуемых образцах. Объем осадка и морфологические особенности кристаллов при этом существенно отличались: в вариантах опыта с внесением лимонной, винной и яблочной кислот,

Stabilization of wine means the removal of causes that provoke sediment formation in it, and giving stable transparency to the beverage during the warranty period using various technological operations. The aim of this work was to assess the impact of various technological methods at the stage of must (acidification with organic acids (citric, tartaric and malic), as well as must clarification with bentonite) on the tendency of base wines to crystalline haze and morphological features of crystalline sediment. The object of research was white dry base wines produced from the autochthonous grape variety Kokur Belyi, cultivated in the Republic of Crimea. It is established that the method of must acidification by adding citric acid provides a significant decrease in the temperature of saturation with calcium tartrate by 4.6 times compared to the control. Processing of must with bentonite also contributed to a decrease in the $T_{\text{sat}}(\text{CaT})$ indicator by 33.5-44.9 %. It was shown that methods of must acidification with tartaric acid, as well as must clarification with bentonite, provided a stabilizing effect towards crystalline calcium haze for young wine to the end of experiment (3 months). The characterization of crystalline sediment by visual assessment and microscopy showed that potassium bitartrate was present in all tested samples. At the same time, the volume of sediment and morphological features of crystals were significantly different: in experimental variants with introduction of citric, tartaric

а также в контрольном образце отмечено обилие мелких прозрачных кристаллов битартрата калия, которые по форме напоминают «битое стекло». Наличие кристаллов крупного размера отмечено в образцах с внесением бентонита, а также яблочной кислоты в количестве 2 г/дм³. Полученные результаты предназначены для обоснования превентивных мер при производстве вин для обеспечения их стабильности к кристаллическим помутнениям

Ключевые слова: ОРГАНИЧЕСКИЕ КИСЛОТЫ, ТЕМПЕРАТУРА НАСЫЩЕНИЯ, БИТАРТРАТ КАЛИЯ, ТАРТРАТ КАЛЬЦИЯ

and malic acids, as well as in the control sample, an abundance of small transparent crystals of potassium bitartrate, which resemble “crushed glass” in shape, was observed. Presence of large crystals was noted in samples with introduction of bentonite at the stage of must, as well as malic acid in the amount of 2 g/dm³. The results obtained are intended to support preventive measures in the production of wines to ensure their stability to crystalline haze.

Key words: ORGANIC ACIDS, SATURATION TEMPERATURE, POTASSIUM BITARTRATE, CALCIUM TARTRATE

Введение. Стабилизация вина – устранение причин, провоцирующих образование в нем осадка, и придание напитку устойчивой прозрачности в течение гарантийного срока хранения с помощью различных технологических операций. В зависимости от вида потенциального помутнения различаются и способы обеспечения стабильности вин. Потеря растворимости виннокислых солей калия и кальция является причиной выпадения кристаллического осадка в вине [1-3].

Устойчивость к образованию кристаллических помутнений в вине может достигаться методами физического воздействия – удаление избытка битартрата калия, винной кислоты или катионов калия (обработка холодом, электродиализ, использование ионообменных смол) [4-6], а также путем применения различных вспомогательных препаратов (метавинная кислота, карбоксиметилцеллюлоза, дрожжевые маннопротеины, полиаспартат калия) [1, 7-10]. В то же время физические методы обработки существенным образом влияют на качественные показатели вин: снижение содержания винной кислоты приводит к потере свежести вкуса, а уменьшение концентрации фенольных веществ и полисахаридов, ответственных за органолептические свойства вин (цвет, полноту и структуру вкуса), обуславливает сниже-

нии качества готовой продукции [1, 11-13]. Кроме того, вспомогательные материалы, рекомендуемые в качестве превентивных мер дестабилизации, также имеют ряд недостатков: сохраняют свои свойства непродолжительное время; преимущественно рекомендованы для белых вин, так как могут спровоцировать выпадение фенольных веществ в красных винах; не всегда обеспечивают стабилизирующий эффект [13].

Согласно недавним исследованиям, на спонтанное осаждение тартрата кальция оказывают воздействие различные органические кислоты. Так, при их добавлении в вино в количестве 2 г/дм³ ингибирующий потенциал изменяется в следующей последовательности: лимонная > яблочная > молочная > янтарная кислота [14]. В то же время по данным Marques M. для предотвращения выпадения тартрата кальция повышение содержания яблочной кислоты более эффективно, чем лимонной [15]. Было установлено положительное влияние оклейки виноматериалов на уменьшение температуры насыщения битартратом калия и кальция и стабильность готовой продукции [16].

Таким образом, на сегодняшний день поиск альтернативных эффективных превентивных мер в отношении обеспечения стабильности вин к кристаллическим помутнениям по-прежнему стоит достаточно остро и требует дополнительной проработки.

Целью данной работы являлась оценка воздействия различных технологических приемов на стадии сусле на склонность вин к образованию кристаллического осадка, а также изучение его морфологических особенностей.

Объекты и методы исследований. Объектом исследований являлись виноматериалы белые сухие, выработанные из автохтонного сорта винограда Кокур белый, возделываемый в горно-долинной зоне виноградарства Республики Крым (филиал «Морское» АО ПАО «Массандра»), а также кристаллические осадки, сформировавшиеся в результате дестабилизации образцов. Исследование проводили в 2020-2021 гг.

Схема приготовления контрольного варианта виноматериала предусматривала следующие этапы: гребнеотделение и дробление винограда, отделение сусла (не более 60 дал/т винограда), сульфитацию ($75 \text{ мг/дм}^3 \text{ SO}_2$), отстаивание в течении 24 часов при температуре 12-14 °С, брожение (раса дрожжей 47-К (I-527) из Коллекции микроорганизмов виноделия «Магарач»), дображивание и осветление. Содержание органических кислот в опытных образцах варьировали путем внесения лимонной, винной и яблочной кислот в сусло после его осветления (табл. 1). Бентонит вносили перед отстаиванием сусла в количестве 0,75 и 1,5 г/дм³.

Таблица 1 – Схема опыта

№ варианта	Вариант опыта
1	контроль
2	бентонит, 0,75 г/дм ³
3	бентонит, 1,5 г/дм ³
4	лимонная кислота, 0,5 г/дм ³
5	винная кислота, 1 г/дм ³
6	винная кислота, 2 г/дм ³
7	яблочная кислота, 1 г/дм ³
8	яблочная кислота, 2 г/дм ³

Приготовленные виноматериалы были проанализировали по следующим физико-химическим показателям: объемная доля этилового спирта, массовая концентрация титруемых кислот, приведенного экстракта, значение рН. Исследования проводили с использованием методов, принятых в технохимическом контроле винодельческой отрасли [17, 18].

Профиль органических кислот (винной, яблочной, молочной, лимонной, янтарной), а также содержание сахаров и глицерина определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (Shimadzu LC20 Prominace, Япония). Массовую концентрацию форм винной кислоты рассчитывали с учетом степени ее диссоциации в зависимости от рН вина [16].

Определение температуры насыщения ($T_{нас}$) битартратом (КНТ) калия и тартратом кальция (СаТ) осуществляли согласно [19].

Пробы виноматериалов объемом 0,75 дм³ выдерживали в течение 3 месяцев при температуре 12-14 °С, что соответствует требованиям, предъявляемым к условиям хранения.

Осадок в бутылке оценивали визуально при просмотре в проходящем луче света щелевого фонаря. Идентификацию и измерение кристаллов проводили методом световой микроскопии с помощью микроскопа Микмед-5 (АО «ЛМО», Россия) с системой визуализации и программным обеспечением Image Score M. Отбор осадка проводили в трех повторностях из каждой пробы, анализировали не менее десяти полей зрения микропрепарата. Описание морфологических особенностей кристаллов и их идентификацию проводили в соответствии с предложенными методическими подходами [20].

Обсуждение результатов. Анализ исследуемых образцов показал (табл. 2), что по значениям физико-химических показателей они отвечали требованиям нормативной документации: содержание сахаров не превышало 4 г/дм³ и соответствовало сухим винам. Объемная доля этилового спирта варьировала незначительно и находилась в диапазоне 14,1-14,7 %.

Все опытные образцы вин характеризовались более высоким содержанием титруемых кислот по сравнению с контролем (на 0,6-2,8 г/дм³), даже с учетом вариантов опыта без дополнительного внесения органических кислот. Технологический прием осветления сусла с внесением бентонита обеспечил более высокое содержание глицерина в виноматериале по сравнению с другими вариантами опыта.

Профиль органических кислот показал количественный переход внесенной на стадии сусла лимонной кислоты в виноматериал (рис.). В отно-

шении винной и яблочной кислот отмечается снижение их фактического содержания в виноматериале по сравнению с ожидаемым, разница составляет 0,3-0,5 и 0,2-0,6 г/дм³ соответственно.

Таблица 2 – Физико-химические показатели виноматериалов

№ варианта	Объемная доля этилового спирта, %	рН	Массовая концентрация, г/дм ³	
			титруемых кислот	глицерина
1	14,2	3,30	5,8	8,6
2	14,3	3,26	6,4	10,4
3	14,3	3,26	6,4	11,0
4	14,5	3,18	7,0	9,8
5	14,7	2,96	7,6	10,1
6	14,1	2,96	8,5	9,5
7	14,6	3,16	8,0	9,7
8	14,6	3,11	8,6	9,6

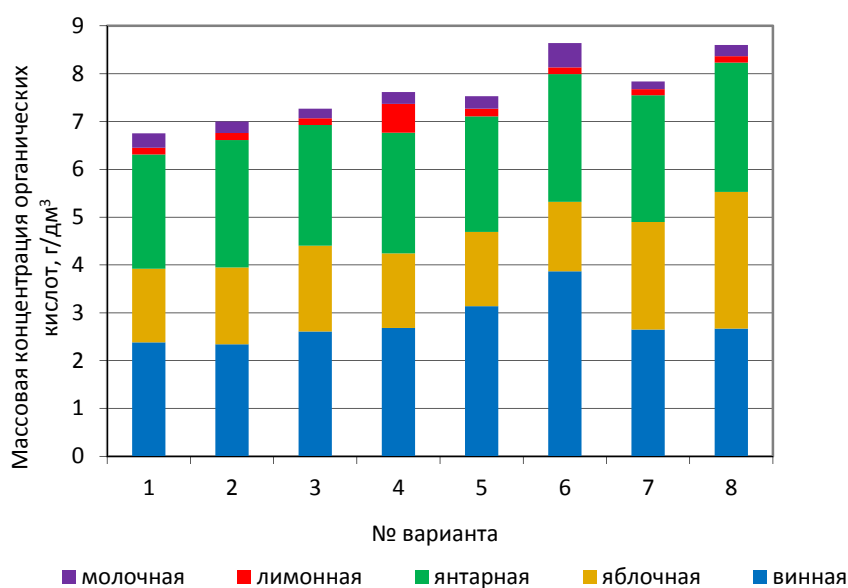


Рис. Профиль органических кислот виноматериалов

Внесение органических кислот обусловило снижение величины рН виноматериала: максимальный сдвиг показателя наблюдается при добавлении винной кислоты (на 0,34 по сравнению с контролем). Низкое содержание молочной кислоты в образцах (0,2-0,5 г/дм³) свидетельствует о том, что яблочно-молочное брожение в них не проходило.

Оценку потенциальной стабильности виноматериалов осуществляли по температуре насыщения битартратом калия Т_{нас} (КНТ) и тартратом кальция Т_{нас} (СаТ), которая подразумевает самую низкую температуру, при которой данные соли остаются в вине в растворенном состоянии (табл. 3).

Таблица 3 – Влияние обработки сусла на устойчивость виноматериалов к кристаллическим помутнениям по окончании хранения

№ образца	Т _{нас} , °С		Наличие кристаллов		Массовая концентрация форм винной кислоты, г/дм ³	
	КНТ	СаТ	КНТ	СаТ	битартрат-иона (НТ ⁻)	тартрат-иона (Т ²⁻)
1	12,4	18,5	+	+	1,45	0,20
2	12,8	12,3	+	-	1,40	0,18
3	12,7	10,5	+	-	1,56	0,20
4	12,0	8,0	+	+	1,52	0,16
5	14,2	14,0	+	-	1,46	0,09
6	15,2	18,3	+	-	1,80	0,11
7	12,8	19,3	+	+	1,48	0,15
8	12,0	17,3	+	+	1,43	0,13

Результаты исследования физико-химических показателей вин при варьировании кислотного комплекса сусла показали, что прием подкисления с помощью лимонной кислоты приводит к снижению показателя Т_{нас} (СаТ) по сравнению контролем в 4,6 раза и обеспечивает минимальное значение показателя среди всех вариантов опыта. Аналогичное влияние лимонной кислоты на температуру насыщения тартратом кальция отмечена нами ранее [21]. Обработка сусла бентонитом также способствовала существенному уменьшению температуры насыщения тартратом кальция на 34-45 % по отношению к контрольному варианту. Применение яблочной и винной кислот на величину показателя значительного влияния не оказало.

Независимо от способа варьирования кислотного состава сусла величина Т_{нас} (КНТ) находилась в диапазоне 12,0-15,2 °С, что соответствует категории нестабильных вин [19]. Отмечено, что внесение винной кислоты в количестве 1 и 2 г/дм³ обуславливает увеличение

температуры насыщения битартратом калия на 1,8 и 2,8 °С соответственно, таким образом повышая риск образования кристаллического осадка. Влияние других органических кислот, а также обработка сусла бентонитом на величину данного показателя в виноматериале существенным образом не повлияли.

Расчет форм винной кислоты в зависимости от pH виноматериала свидетельствует о том, что содержание битартратной формы винной кислоты в исследуемых образцах составляет 1,4-1,8 г/дм³.

Варьирование качественного и количественного содержания органических кислот позволило оценить их влияние на спонтанное кристаллообразование (табл. 4).

Таблица 4 – Характеристика кристаллического осадка

№	Микроскопирование		Визуальная оценка ³
	КНТ ¹	СаТ ²	
1	средние кристаллы неправильной формы, мелкие прозрачные кристаллы в виде осколков	единичные мелкие кристаллы	-
2	средние кристаллы неправильной формы	отсутствуют	>
3	средние и крупные кристаллы неправильной формы	отсутствуют	>
4	средние кристаллы правильной формы, обилие мелких прозрачных кристаллов в виде осколков	обилие кристаллов среднего размера	<
5	обилие мелких прозрачных кристаллов в виде осколков	отсутствуют	<
6	обилие мелких прозрачных кристаллов в виде осколков	отсутствуют	<
7	большие кристаллы, обилие мелких прозрачных кристаллов	мелкие и средние кристаллы	<
8	средние и крупные кристаллы	единичные мелкие кристаллы	<

¹ мелкие кристаллы – длина 11-50 мкм, крупные – 151-350 мкм, очень крупные – более 350 мкм [16]

² мелкие кристаллы – длина 5-25 мкм, средние – 26-100 мкм, крупные – 101-150 мкм, очень крупные – более 150 мкм.

³ объем осадка по сравнению с контрольным образцом

Характеристика кристаллического осадка путем визуальной оценки и

микроскопирования показала, что битартрат калия присутствовал в осадках всех исследуемых образцов. Однако объем образовавшегося осадка и морфологические особенности кристаллов в опытных виноматериалах существенно отличались. Так, в вариантах опыта № 4-7, а также контрольном образце отмечено обилие мелких прозрачных кристаллов, которые по форме напоминают «битое стекло». Наличие кристаллов крупного размера отмечено в образцах с внесением бентонита на стадии сусла, а также яблочной кислоты в количестве 2 г/дм³.

Отсутствие кристаллов тартрата кальция в вариантах опыта с внесением винной кислоты вероятно связано с более низким pH по сравнению с другими виноматериалами. Не смотря на значительное увеличение общей концентрации тартрат-ионов, сдвиг pH в более кислую сторону привел к перераспределению форм винной кислоты со снижением доли действующего начала – тартрат-аниона, реагирующего с кальцием.

Таким образом, подкисление сусла винной кислотой в количестве 1 и 2 г/дм³, обеспечило для молодого вина стабилизирующий эффект в отношении кристаллических помутнений кальциевого характера, как минимум, на протяжении эксперимента (3 месяца хранения). Полученные результаты согласуются с ранее проведенными исследованиями [21].

Аналогичный эффект отмечен в отношении вариантов опыта с осветлением сусла бентонитом. Стабилизирующие свойства данного приема можно объяснить следующим образом: рост кристаллов в значительной степени сдерживается высокомолекулярными веществами вина, поэтому выводя их из системы с помощью сорбентов, мы лишаем вино защитного действия коллоидов, провоцируя тем самым более активное кристаллообразование, что проявляется в формировании большего количества осадка битартрата калия по сравнению с контрольным образцом. Соответственно, концентрация винной кислоты снижается за счет активного образования «конкурентной» калиевой соли, что в какой-то

степени является протекцией образования тартрата кальция.

Заключение. Полученные данные позволяют заключить, что особенности качественного и количественного содержания органических кислот значительно влияют на стабильность вин к кристаллическим помутнениям, о чем свидетельствуют морфологические характеристики кристаллов битартата калия и тартрата кальция. По результатам проведенных исследований эффективность в предотвращении выпадения кристаллов тартрата кальция проявили следующие технологический приемы: подкисление сусла винной кислотой в количестве 1 и 2 г/дм³, а также осветление сусла с внесением бентонита в количестве 0,75 и 1,5 г/дм³. Полученные результаты предназначены для обоснования превентивных мер при производстве вин для обеспечения их стабильности к кристаллическим помутнениям. Работа в данном направлении будет продолжена.

Литература

1. Jackson R.S. Wine Science: Principles and Applications. Academic Press., 4th ed., 2014. 978 p.
2. Lankhorst P.P., Voogt B., Tuinier R., Lefol B., Pellerin P., Virone C. Prevention of Tartrate Crystallization in Wine by Hydrocolloids: The Mechanism Studied by Dynamic Light Scattering // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2017. № 65(40). pp. 8923-8929. DOI: 10.1021/acs.jafc.7b01854.
3. Coulter A.D., Holdstock M.G., Cowey G.D., Simos, C.A., Smith P.A., Wilkes E.N. Potassium bitartrate crystallisation in wine and its inhibition // Australian Journal of Grape and Wine Research. 2015. № 21. pp. 627-641. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12194>
4. Ponce F., Mirabal-Gallardo Y., Versari A., Felipe Laurie V. The use of cation exchange resins in wines: Effects on pH, tartrate stability, and metal content // Ciencia e Investigación Agraria. 2018. № 45(1). pp. 82-92. DOI: 10.7764/rcia.v45i1.1911.
5. Gonçalves F., Fernandes C., Santos P.C., Pinho M. N. Wine tartaric stabilization by electrodialysis and its assessment by the saturation temperature // Journal of Food Engineering. 2016. № 59(2-3). pp. 229-235. DOI: 10.1016/S0260-8774(02)00462-4.
6. Ribéreau-Gayon P., Glories Y., Maujean A., Dubordieu D., 2006. Handbook of Enology: The Chemistry of Wine Stabilization and Treatments, volume 2. Dunod Éditeur, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Ltd Publisher, West Sussex, Chichester, England.
7. Bajul A., Gerbaud V., Teychene S., Devatine A., Bajul G. Effect of carboxymethyl-cellulose on potassium bitartrate crystallization on model solution and white wine // Journal of Crystal Growth. 2017. № 472. pp. 54-63. <https://doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2017.03.024>
8. Агеева Н.М., Марковский М.Г., Антоненко М.В. Термоксид-3А для стабилизации вин к кристаллическим помутнениям [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020. № 63(3). С. 206-216. URL:

<http://journalkubansad.ru/pdf/20/03/16.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2020-3-63-206-216 (дата обращения: 23.06.2022).

9. Sprenger S., Hirn S., Dietrich H., Will F. Metatartaric acid: physicochemical characterization and analytical detection in wines and grape juices // *European Food Research and Technology*. 2015. № 241(6). pp. 785-791. DOI:10.1007/s00217-015-2503-1

10. Червяк С.Н., Гниломедова Н.В., Весютова А.В. Препараты для ингибирования кристаллообразования в вине // *Магарац. виноградарство и виноделие*. 2020. Т. 22. № 2 (112). С. 168-173. DOI 10.35547/IM.2020.84.89.01

11. Waterhouse A.L., Sacks G.L., Jeffery D.W. *Understanding wine chemistry*. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons, Inc. 2016. 443 p.

12. Corti S.V., Paladino, S.C. Tartaric stabilization of wines: Comparison between electrolysis and cold by contact // *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. 2016. № 48 (1). pp. 225-238. DOI:10.7764/rcia.v45i1.1911

13. Гниломедова Н.В., Червяк С.Н., Весютова А.В. Физические способы стабилизации вин против кристаллических помутнений // *Магарац. Виноградарство и виноделие*. 2020. Т. 22. № 3 (113). С. 277-282. DOI 10.35547/IM.2020.22.3.018

14. Coulter A.D., Holdstock M.G., Cowey G.D., Simos C.A., Smith P.A., Wilkes E.N. Potassium bitartrate crystallisation in wine and its inhibition // *The Australian Wine Research Institute: 60th Anniversary*. 2015. № 21. pp. 627-641. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12194>

15. Marques M. *Inhibitors of calcium tartrate in wines*. Instituto Superior Técnico, Lisbon, Portugal. 2014

16. Влияние технологической обработки виноматериалов на температуру их насыщения битаратом калия и тартратом кальция / В.Г. Гержикова [и др.] // «Магарац». Виноградарство и виноделие. 2020. 22(4). С. 368-372. DOI 10.35547/IM.2020.70.77.014

17. *Compendium of international methods of wine and must analysis*. Paris. 2017.

18. Методы теххимического контроля в виноделии / под ред. Гержиковой В.Г. Симферополь: Таврида, 2009. 303 с.

19. Ribereau-Gayon P., Glories Y. *Handbook of Enology, Volume 2: The Chemistry of Wine - Stabilization and Treatments* 2nd Edition John Wiley & Sons Ltd. Organic Acids in Wine. pp. 3-50.

20. Гниломедова Н.В., Червяк С.Н., Весютова А.В. Морфология кристаллов битартата калия в вине при спонтанном кристаллообразовании // *Магарац. Виноградарство и виноделие*. 2020. Т. 22. № 1 (111). С. 73-76. DOI 10.35547/IM.2020.22.1.015

21. Cherviak S., Anikina N., Gnilomedova N., Vesjutova A. Study of the effect of organic acids on the crystal stability of wines // *E3S Web of Conferences*. 2021. №. 285. 05004 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128505004>

References

1. Jackson R.S. *Wine Science: Principles and Applications*. Academic Press., 4th ed., 2014. 978 p.

2. Lankhorst P.P., Voogt B., Tuinier R., Lefol B., Pellerin P., Virone C. Prevention of Tartrate Crystallization in Wine by Hydrocolloids: The Mechanism Studied by Dynamic Light Scattering // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2017. № 65(40). pp. 8923-8929. DOI: 10.1021/acs.jafc.7b01854.

3. Coulter A.D., Holdstock M.G., Cowey G.D., Simos, C.A., Smith P.A., Wilkes E.N. Potassium bitartrate crystallisation in wine and its inhibition // *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2015. № 21. pp. 627-641. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12194>

4. Ponce F., Mirabal-Gallardo Y., Versari A., Felipe Laurie V. The use of cation exchange resins in wines: Effects on pH, tartrate stability, and metal content // *Ciencia e Investigación Agraria*. 2018. № 45(1). pp. 82-92. DOI: 10.7764/rcia.v45i1.1911.

5. Gonçalves F., Fernandes C., Santos P.C., Pinho M. N. Wine tartaric stabilization by

electrodialysis and its assessment by the saturation temperature // Journal of Food Engineering. 2016. № 59(2-3). pp. 229-235. DOI: 10.1016/S0260-8774(02)00462-4.

6. Ribéreau-Gayon P., Glories Y., Maujean A., Dubordieu D., 2006. Handbook of Enology: The Chemistry of Wine Stabilization and Treatments, volume 2. Dunod Éditeur, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Ltd Publisher, West Sussex, Chichester, England.

7. Bajul A., Gerbaud V., Teychene S., Devatine A., Bajul G. Effect of carboxymethyl-cellulose on potassium bitartrate crystallization on model solution and white wine // Journal of Crystal Growth. 2017. № 472. pp. 54-63. <https://doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2017.03.024>

8. Ageeva N.M., Markovskij M.G., Antonenko M.V. Termoksid-3A dlya stabilizacii vin k kristallicheskim pomutnениyam [Elektronnyj resurs] // Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii. 2020. № 63(3). S. 206-216. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/20/03/16.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2020-3-63-206-216 (data obrashcheniya: 23.06.2022).

9. Sprenger S., Hirn S., Dietrich H., Will F. Metatartaric acid: physicochemical characterization and analytical detection in wines and grape juices // European Food Research and Technology. 2015. № 241(6). pp. 785-791. DOI:10.1007/s00217-015-2503-1

10. Chervyak S.N., Gnilomedova N.V., Vesutova A.V. Preparaty dlya ingibirovaniya kristalloobrazovaniya v vine // Magarach. vinogradarstvo i vinodelie. 2020. T. 22. № 2 (112). S. 168-173. DOI 10.35547/IM.2020.84.89.01

11. Waterhouse A.L., Sacks G.L., Jeffery D.W. Understanding wine chemistry. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons, Inc. 2016. 443 r.

12. Corti S.V., Paladino, S.C. Tartaric stabilization of wines: Comparison between electrolysis and cold by contact // Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. 2016. № 48 (1). pp. 225-238. DOI:10.7764/rcia.v45i1.1911

13. Gnilomedova N.V., Chervyak S.N., Vesutova A.V. Fizicheskie sposoby stabilizacii vin protiv kristallicheskih pomutnenij // Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie. 2020. T. 22. № 3 (113). S. 277-282. DOI 10.35547/IM.2020.22.3.018

14. Coulter A.D., Holdstock M.G., Cowey G.D., Simos C.A., Smith P.A., Wilkes E.N. Potassium bitartrate crystallisation in wine and its inhibition // The Australian Wine Research Institute: 60th Anniversary. 2015. №. 21. pp. 627-641. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12194>

15. Marques M. Inhibitors of calcium tartrate in wines. Instituto Superior Técnico, Lisbon, Portugal. 2014

16. Vliyanie tekhnologicheskoy obrabotki vinomaterialov na temperaturu ih nasyshcheniya bitartratom kaliya i tartratom kal'ciya / V.G. Gerzhikova [i dr.] // «Magarach». Vinogradarstvo i vinodelie. 2020. 22(4). S. 368-372. DOI 10.35547/IM.2020.70.77.014

17. Compendium of international methods of wine and must analysis. Paris. 2017.

18. Metody tekhnokhimicheskogo kontrolya v vinodelii / pod red. Gerzhikovej V.G. Simferopol': Tavrida, 2009. 303 s.

19. Ribereau-Gayon P., Glories Y. Handbook of Enology, Volume 2: The Chemistry of Wine - Stabilization and and Treatments 2nd Edition John Wiley & Sons Ltd. Organic Acids in Wine. pp. 3-50.

20. Gnilomedova N.V., Chervyak S.N., Vesutova A.V. Morfologiya kristallov bitartrata kaliya v vine pri spontannom kristalloobrazovanii // Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie. 2020. T. 22. № 1 (111). S. 73-76. DOI 10.35547/IM.2020.22.1.015

21. Chervyak S., Anikina N., Gnilomedova N., Vesutova A. Study of the effect of organic acids on the crystal stability of wines // E3S Web of Conferences. 2021. №. 285. 05004 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128505004>