

Физические способы стабилизации вин против кристаллических помутнений

Нонна Владимировна Гниломедова, канд. техн. наук, доцент, вед. науч. сотр. лаборатории химии и биохимии вина, 231462@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1784-2370>;

София Николаевна Червяк, канд. техн. наук, науч. сотр. лаборатории химии и биохимии вина, Sofi4@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9551-7448>;

Антонина Валерьевна Весютова, канд. техн. наук, науч. сотр. лаборатории химии и биохимии вина; foxt.80@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3815-5756>

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия "Магарах" РАН", 298600, Россия, Республика Крым, г. Ялта, ул. Кирова, 31

Формирование кристаллов виннокислых солей является одной из причин появления осадка в винах. Для предотвращения выпадения кристаллов в готовой продукции применяются различные физические методы: обработка холодом, электродиализ, ионный обмен. Охлаждение и выдержка вина при температуре, близкой к точке замерзания, приводит к пропорциональному удалению ионов калия и винной кислоты. Эффективность процесса многократно повышается при внесении затравочных кристаллов битартата калия. Обработка холодом не оказывает отрицательного влияния на органолептические свойства вин. Метод отличается высокой энергоемкостью, а повышение растворимости кислорода в охлажденном вине в дальнейшем может привести к интенсификации окислительных реакций. Принцип действия ионообменных смол заключается в обмене ионов металлов, содержащихся в вине, на эквивалентное количество функциональных групп ионита, что приводит к снижению pH вина. Положительным моментом ионообмена является его низкая себестоимость, однако значительное изменение состава вина может приводить к ухудшению качества продукта, что частично компенсируется купажем обработанной и необработанной партий вина. Электродиализ – процесс миграции ионов через мембраны под действием электрического тока – приводит к снижению в вине содержания катионов и анионов, в том числе фенольных веществ. Данный способ эффективно предотвращает выпадение битартата калия в готовой продукции, однако отличается высокой себестоимостью. Применение ионообмена и электродиализа, в отличие от обработки холодом, позволяет эффективно снижать концентрацию кальция, что требует дальнейшего изучения кристаллической стабильности готовой продукции.

Ключевые слова: обработка холодом; ионообмен; Термоксид-3А; электродиализ.

Формирование кристаллов битартата калия (виннокислого калия, КНТ), реже – тартрата кальция, является одной из наиболее часто встречаемых причин

Как цитировать эту статью:

Гниломедова Н.В., Червяк С.Н., Весютова А.В. Физические способы стабилизации вин против кристаллических помутнений // «Магарах». Виноградарство и виноделие. 2020; 22(3); С.277-282. DOI 10.35547/IM.2020.22.3.018

How to cite this article:

Gnilomedova N.V., Cherviakov S.N., Vesuyutova A.V. Physical methods for wine stabilization against crystalline haze. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2020; 22(3):277-282. DOI 10.35547/IM.2020.22.3.018

УДК 663.252:548

Поступила 30.07.2020

Принята к публикации 01.09.2020

© Авторы

REVIEW

Physical methods for wine stabilization against crystalline haze

Nonna Vladimirovna Gnilomedova, Sofia Nikolaievna Cherviakov, Antonina Valerievna Vesuyutova

Federal State Budget Scientific Institution All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of the RAS, 31 Kirova Street, 298600 Yalta, Republic of Crimea, Russian Federation

The formation of crystals of tartaric acid salts is one of the reasons of the adde appearance in wines. Various physical methods are used to prevent the precipitation of crystals in the finished product: cold treatment, electrodiagnosis, ion exchange. Cooling and aging the wine at a temperature close to the freezing point leads to a proportional removal of potassium and tartaric acid ions. The efficiency of the process is greatly increased with introducing potassium bitartrate seed crystals. Cold processing does not negatively affect the organoleptic properties of wines. The method is characterized by high energy consumption, and an increase in the solubility of oxygen in chilled wine in the future can lead to an intensification of oxidative reactions. Mode of action of ion exchange resins is the exchange of metallic ions contained in wine for an equivalent amount of functional groups of ion exchange resin, which leads to a decrease in the pH of wine. The positive aspect of ion exchange is its low cost, however, a substantial modification in the composition of wine can lead to the quality disruption of the product, which is partially balanced by blending the processed and unprocessed wine batches. Electrodiagnosis is the process of ion migration through membranes under the influence of electric current, leading to a decrease in the content of cations and anions, including phenolic substances, in wine. This method effectively prevents the precipitation of potassium bitartrate in the finished product, but it has a high cost. The use of ion exchange and electrodiagnosis, in the contrast to cold treatment, can effectively reduce the concentration of calcium, which requires further study of the crystalline stability of the finished product.

Key words: cold processing; ion exchange; Termoxid-3A; electrodiagnosis.

появления осадка в винах, что связано с особенностями катионно-анионного состава вина, содержанием этилового спирта, значением pH [1-8].

Для предотвращения образования и выпадения солей в готовой продукции в винодельческой промышленности применяются различные методы, позволяющие снизить содержание в вине анионов винной кислоты и катионов калия и кальция: обработка холодом, электродиализ, ионный обмен. Методы отличаются принципами физического воздействия на вино, а также интенсивностью воздействия на физико-химические и органолептические показатели готового продукта.

Целью данного обзора являлось обобщение современных литературных данных по кристаллической стабилизации вин физическими методами.

Обработка холодом. Данный технологический прием ос-

нован на снижении температуры вина до величины, близкой к точке замерзания, с целью максимального снижения растворимости калиевой соли винной кислоты, что приводит к увеличению скорости образования и осаждения кристаллов [9]. Эффективность холодовой стабилизации обусловлена химическими и физическими факторами, такими как концентрация участников химической реакции, рН вина, температура и скорость её снижения, количество и размер затравочных кристаллов, гладкость поверхности резервуара (шероховатости и неровности провоцируют кристаллообразование) [6]. Особенностью обработки вин холодом является одномоментное и пропорциональное удаление ионов калия и винной кислоты в виде кристаллов битартрата калия. При этом обработка не влияет на содержание кальция (процесс кристаллообразования кальциевых солей не зависит от температурного режима), а также натрия и магния, которые не образуют нерастворимые соединения [7].

При удалении КНТ из вина на 1 г винной кислоты, согласно расчетам, приходится 0,26 г калия [4]. Однако в условиях производства данная закономерность не соблюдается. Согласно экспериментальным данным в результате обработки холодом содержание винной кислоты снижается на 0,2-1,0 г/л, калия – на 60-500 мг/л, общей кислотности – на 0,5-1,5 г/л, значения электропроводности – 4-16 % [4, 8-10]. При этом количественное изменение показателей в столовых винах выше, чем в крепленых [9, 10].

Оптимальная температура (минус °С) для выдержки столовых сухих вин рассчитывается с учетом содержания этилового спирта. Разница температур замерзания и обработки составляет 0,5 °С [3]:

$$T^{\circ}\text{замерз} = (\% \text{ спирта} - 1) / 2 \quad (1)$$

$$T^{\circ}\text{обр} = (\% \text{ спирта} / 2) - 1, \quad (2)$$

где $T^{\circ}\text{замерз}$ – температура замерзания, $T^{\circ}\text{обр}$ – температура обработки, % спирта – объемная доля этилового спирта в вине

Температуру замерзания ликерных вин рассчитывают по содержанию этилового спирта и сахаров согласно специальным таблицам [11]. В производственных условиях, как правило, обработка столовых вин проводится при температуре от 0 °С до минус 4 °С [3], для крепленых вин – минус 7 – минус 8,5 °С, при этом, чем ниже температура охлажденного вина, тем быстрее выводится битартрат калия и достигается кристаллическая стабильность образца [9]. Значимым фактором, препятствующим активному кристаллообразованию, являются естественные коллоиды вина, обладающие защитными свойствами. Удаление этих веществ вспомогательными препаратами (бентонит, желатин) перед проведением холодовой обработки не только способствует увеличению её эффективности, но и позволяет получить более плотный, легко утилизируемый кристаллический осадок [9]. Эффективность обработки многократно повышается при внесении так называемой «затравки» в виде измельченных кристаллов битартрата калия. Это приводит к пересыщенности системы калием и винной кислотой в месте контакта жидкой и твердой фазы и обеспечивает быстрое достраивание кристаллической решетки в центрах кристаллизации. Согласно некоторым исследованиям оптимальный размер затравочных

кристаллов составляет около 40 мкм (при дозе 4 г/л) [4, 12]; по другим данным – 500-750 мкм (при дозе 3 г/л) [13]. Мелкие кристаллы образуют стабильную в течение 6-8 ч суспензию с последующим медленным оседанием хлопьевидного осадка; крупные кристаллы (1000 мкм и более) быстро оседают, что не способствует их росту по мере продвижения в толще вина.

На процесс кристаллообразования также влияет концентрация сахаров и фенольных веществ, препятствующих осаждению кристаллов [4].

Следует учитывать, что при данном способе стабилизации в красных винах происходит некоторое снижение содержания фенольных веществ, теряющих растворимость при охлаждении [1, 4, 8, 14], что может привести к снижению интенсивности цвета и экстрактивности вина.

Важным условием эффективности обработки холодом является фильтрация вина в охлажденном виде (разность температуры обработки и фильтрации не должна превышать 0,5-1 °С), так как с повышением температуры возрастает диссоциация солей, что приводит к быстрому растворению кристаллов [15].

В зависимости от продолжительности обработки холодом и ее интенсивности различают медленную и быструю (с внесением в вино мелкодисперсных затравочных кристаллов битартрата калия) стабилизацию; последняя, в свою очередь, делится на статический и динамический процессы [4, 12, 13].

Медленная стабилизация холодом. Важным фактором, обуславливающим эффективность обработки холодом, является скорость охлаждения. Стремительное понижение температуры приводит к быстрому зарождению и формированию множества мелких пластинчатых кристаллов, склонных к быстрому растворению. При медленном охлаждении виноматериала образуется меньшее количество кристаллов, но достаточно крупного размера, что является более технологичным моментом при фильтрации обработанного виноматериала [2]. Продолжительность обработки зависит от исходного и конечного ожидаемого содержания действующих компонентов (калия и винной кислоты) и может составлять от 3 дней до 3 недель. Кинетика осаждения кристаллов КНТ в вине нелинейна – вначале этот процесс протекает интенсивно, однако с уменьшением концентрации калия и винной кислоты скорость образования и роста кристаллов снижается, при этом, чем выше исходная концентрация КНТ в вине, тем выше скорость кристаллизации [3].

Быстрая стабилизация холодом (статический процесс). Метод статической выдержки подходит для обработки небольших партий вина в условиях малых и средних винозаводов [2]. Вино охлаждают до 0 °С для белых вин и до минус 5 °С для красных вин при постоянном перемешивании, чтобы поддерживать частицы в суспензии и обеспечить агрегацию кристаллов с последующим их пассивным оседанием. Так как данный способ обработки позволяет исключить фазу зарождения кристаллов, продолжительность технологической операции сокращается до 4 ч и менее, в случае белых вин [2].

Преимуществами быстрой стабилизации холодом являются короткие сроки обработки и использование более высоких температур, что сводит к минимуму

энергетические затраты, а также исключает формирование винного камня на внутренней поверхности оборудования.

К недостаткам данного типа обработки можно отнести образование кристаллов небольшого размера, которые трудно удалить. Также достаточно затратной статьёй расходов являются препараты битартрата калия, что частично можно компенсировать путем рециркуляции затравочных кристаллов, полученных из осадков исключительно белых вин, так как в красных винах кристаллы достаточно сильно загрязнены фенольными веществами, что снижает их эффективность.

Быстрая стабилизация холодом (динамический процесс). Данный способ позволяет обрабатывать большие объемы вина. Постоянное перемешивание охлажденного вина в кристаллизаторе увеличивает площадь контактной поверхности, что обеспечивает активное достраивание кристаллической решетки и рост кристаллов. Турбулентность, создаваемая входным отверстием для вина в жидкой массе, позволяет удерживать во взвешенном состоянии даже самые мелкие кристаллы. Производительность обработки, а точнее время, необходимое для обработки данного объема вина, зависит от объема кристаллизатора [2]. Метод непрерывной обработки, безусловно, наиболее эффективен по сравнению с другими методами. Однако он требует специального оснащения, более высоких энергетических затрат и постоянного мониторинга химического состояния системы вина.

К недостаткам метода следует отнести повышение растворимости кислорода (на 4-6%) при понижении температуры вина, что впоследствии может интенсифицировать протекание окислительных процессов [3]. Для предотвращения этого негативного эффекта необходимо контролировать уровень сульфитации и проводить процесс обработки под защитой инертного газа (аргона, азота или углекислого газа). Также важно заполнить им приемный резервуар, в который поступает вино после фильтрации, для минимизации контакта с кислородом воздуха.

Ионообменные смолы – синтетические органические иониты – высокомолекулярные соединения с трехмерной гелевой и макропористой структурой, содержащие функциональные группы кислотной или основной природы, и представляют собой нерастворимые твердые полимеры, ограниченно набухающие в растворах электролитов и органических растворителях.

Принцип действия смол заключается в обмене ионов, содержащихся в растворенном виде, с эквивалентным количеством противоположено заряженных частиц функциональных групп ионита [16]. Для винодельческих операций в большинстве случаев применяются катионообменные смолы, содержащие отрицательно заряженные остатки (группы сульфоновой кислоты – $-\text{HSO}_3$ или группы карбоновых кислот – $-\text{COOH}$ соответственно, обеспечивающие сильные и слабые обменные способности).

Как правило, при обработке вина используют ионообменные смолы, активированные сильными кислотами (серной или соляной) и промытые мягкой водой. При пропуске вина через колонны, заполненные катионитом, ионы водорода, загруженные на

смолы, обмениваются на катионы металлов вина: калия, кальция, магния, цинка и т.д. [16, 17]. Это позволяет одновременно снизить концентрацию катионов, в том числе участвующих в кристаллообразовании тартратных солей и рН вина [18]. Если изменение рН или содержания титруемых кислот в вине не требуется, картридж предварительно промывают раствором соли, например, хлоридами натрия или магния. В этом случае будет происходить обмен катионов калия на натрий или магний соответственно [19, 20]. Так как катионообменные смолы содержат положительно и отрицательно заряженные области, они могут вызывать неселективную потерю других компонентов вина, например, фенольных соединений [17, 18].

Согласно регламенту МОВВ применение ионообмена не должно привносить в вино посторонние вещества или предавать несвойственные органолептические характеристики; показатель рН должен оставаться на уровне 3,0 и выше, а снижение содержания калия не должно превышать 0,3 г/л [21].

Для технической характеристики ионообменника используют термин «экономическая эффективность смолы», который описывает общую обменную емкость, выраженную в эквиваленте заряда на литр смолы. Например, емкость 1,7 экв/л означает, что данный катионит может связать 66 г/л одновалентного K^+ (то есть $1,7 \times 39$) или 34 г/л двухвалентного Ca^{2+} (то есть $1,7 \times 40/2$).

Литературные данные относительно влияния ионного обмена на качественный состав вина расходятся. Согласно некоторым источникам в результате ионообмена в продукте происходит значительное снижение рН и содержания катионов металлов (на 75 % и более) [17-19, 22, 23]. Например, концентрация калия изменяется с 1110 мг/л до 27 мг/л, кальция – с 98 до 22 мг/л, винной кислоты – с 1,6 г/л до 1,5 г/л. При этом рН вина составляет 2,46, что нехарактерно для данного продукта [17]. Также отмечается снижение концентрации фенольных веществ (на 10 %), что происходит в основном за счет антоцианов, ответственных за обеспечение цвета вин, потеря которых при этом составляет до 76 %. В связи с этим для обеспечения тартратной стабильности вина и минимального отрицательного влияния на его качество рекомендуется купажировать обработанные и необработанные партии для обеспечения оптимальных физико-химических параметров [22].

В то же время отмечается, что при использовании ионообменных смол на основе термочувствительных гидрогелей, содержащих амфотерные звенья остатков l-гистидина, происходит незначительное изменение состава вина. Так, фактическое удаление из вина катионов за 48 ч составило для разных вин: калия – 30-111 мг/л (5-15 % от исходного уровня), кальция – 23-28 мг/л (47-66 %), магния – 67 мг/л (38 %), а также железа и меди на 1-2 мг. Наибольшее снижение концентрации отмечено для цинка – 48 мг/л (98 %). После обработки наблюдалось щадящее снижение рН вина – на 0,07-0,23 [8, 24]. Различное влияние ионообмена на физико-химические показатели вина, представленное разными авторами, в значительной степени определяется спецификой ионита и его аффинитетом к катионам металлов. Отмечается, что в результате ио-

нообменна из вина удаляются витамины и субстраты питания для дрожжей, что отрицательно сказывается на шампанизации. В связи с этим, не рекомендуется применение данного метода при производстве вино-материалов для игристых вин [12].

Относительно влияния данного способа обработки на органолептические характеристики продукта единого мнения нет: в некоторых случаях после технологической операции отмечается ослабление аромата напитка, в других – ароматические характеристики остаются без изменений, при этом значительная модификация химического состава вина влечет за собой трансформацию вкуса [16-19].

Примером ионообменных смол, применяемых в виноделии, может служить Термоксид-3А, который представляет собой неорганический полимерный материал с полукристаллической структурой в виде гранул сферической формы и является химическим аналогом классического неорганического сорбента – фосфата циркония $Zr(HPO_4)_2 \cdot nH_2O$. Была показана целесообразность его применения для стабилизации вин против кальциевых кристаллических и помутнений, вызванных ионами металлов [20, 25]. Сорбент отличается химической стабильностью в среде вино-материалов, абсолютно нетоксичен и не оказывает влияния на органолептическую характеристику продукта. Технологический процесс обработки проводится на сорбционной установке, которая состоит из систем обработки вино-материала, умягчения воды и регенерации [25].

Показана высокая эффективность данного ионита в отношении калия и кальция [20]. Так, Термоксид-3А в H^+ -форме, в зависимости от пропускной нагрузки и исходного содержания ионов в вине, обеспечивает снижение концентрации калия на 379-556 мг/л, кальция – на 30-49 мг/л; для катионита в Na^+ -форме – на 371-556 мг/л и 26-41 мг/л соответственно. Однако следует учитывать, что применение Термоксида-3А, в зависимости от его формы, приводит к существенным изменениям физико-химического состояния вина. Так, при использовании катионита в H^+ -форме, увеличение титруемой кислотности может составлять 0,3-1,2 г/л, при этом падение рН достигает 0,2-0,45 [20]. Применение сорбента в Na^+ -форме, напротив, приводит к снижению содержания титруемых кислот на 0,3-2,1 г/л, что сопровождается резким возрастанием рН на недопустимую величину – 0,65-0,95 и увеличением содержания натрия более, чем в 10 раз. Также следует отметить, что защелачивание среды негативно сказывается на качестве красных вин, приводя к резкой потере растворимости фенольных веществ, что выражается в появлении обильного коллоидного осадка и снижении интенсивности цвета.

Положительным моментом ионообмена является его низкая себестоимость (в 10 раз ниже, чем обработка холодом) [26]. Однако «жесткое» воздействие на систему с удалением значительного количества положительно и отрицательно заряженных веществ приводит к неконтролируемому снижению качества вина, что частично можно нейтрализовать путем купажирования обработанного и необработанного вина в пропорциях, подобранных эмпирически для каждого конкретного образца.

Электродиализ (ЭД) – это процесс изменения содержания ионов в растворе под действием электрического тока, который применяется для снижения концентрации солей в растворах. Главными элементами всех электродиализных аппаратов являются катион- и анионселективные мембраны, чередующиеся с интервалом от 300 до 700 мкм. Через эти мембраны осуществляется перемещение ионов из одного раствора в другой под действием постоянного электрического поля при напряжении 1 В [7, 23, 27-29].

Вино можно рассматривать как водно-спиртовой раствор минеральных и органических ионов, поэтому применение электродиализа для обработки вино-материалов является перспективным способом снижения содержания катионов и анионов. При этом через ион-проницаемую мембрану ионы металлов (калия, магния, кальция, цинка и др.) будут мигрировать к катоду; анионы винной, яблочной и молочной кислот, а также неорганический сульфат-ион (SO_4^{2-}) – к аноду. Основными отличительными особенностями ЭД, по сравнению с обработкой холодом, является снижение концентрации ряда компонентов: кальция (на 24-39 %), что предотвращает выпадение его тартратной соли в готовой продукции [27, 30]; магния и натрия, так как при использовании катион-селективных мембран удаляются катионы всех металлов [7].

Показано, что при использовании электродиализа степень удаления КНТ варьирует в зависимости от продолжительности процесса и может достигать 24 % от исходного содержания в вине. Исследованиями, проведенными Кашкара и сотр., установлено, что удаление катионов в процессе электродиализа составляет: калия – 160 мг/л (28 % от исходного содержания), магния – 12 мг/л (17 %), натрия – 6 мг/л (19 %) [30].

Эффективность обработки ЭД можно оценить по изменению такого показателя, как температура насыщения, которая изменяется линейно по мере деионизации вина. Показано, что для белого столового вина падение величины показателя с 14,8 °С до 0 °С было достигнуто при снижении концентрации ионов калия на 15 % и удалении винной кислоты на 11 % от исходного уровня. При этом содержание молочной и яблочной кислот почти не изменилось, а содержание кальция снизилось на 39 % [27].

На эффективность обработки ЭД в значительной степени оказывают влияние компоненты вина, особенно фенольные вещества, засоряющие ионообменные мембраны, что приводит к ухудшению проводимости мембраны с увеличением продолжительности времени контакта с вином [31].

В литературе приводятся противоречивые сведения относительно влияния электродиализа на органолептические характеристики вин. По некоторым данным, наблюдается снижение интенсивности аромата и вкуса напитка по сравнению с холодной стабилизацией [16, 29].

Отечественными учеными предложено оригинальное применение электродиализа для вин с остаточным сахаром [32]. Показано, что удаление значительного количества азотистых и минеральных веществ, являющихся необходимыми компонентами метаболизма дрожжевой клетки, обеспечивает биологическую стабильность вина. То есть, применяя ЭД,

одновременно можно достигнуть устойчивости вин к кристаллическим и микробиальным помутнениям, что значительно сокращает затраты на технологическую обработку, особенно таких уязвимых категорий, как полусухие, полусладкие и сладкие вина.

Оценивая экономическую эффективность метода, необходимо отметить следующее: по сравнению с обработкой вин холодом ЭД более экономичен по затратам ресурсов времени и энергии, однако более затратен по объему потребляемой воды [33]. Так, согласно литературным данным, для обработки 1 л вина методом электродиализа с обратным осмосом необходимо 0,05-0,2 л воды и 2,1-8,0 Вт·ч электроэнергии, для холодной стабилизации – 0,015-0,019 л и 10-17 Вт·ч соответственно [26].

Таким образом, по сравнению с обработкой вина холодом ЭД имеет ряд преимуществ: отсутствие необходимости вносить затравочные кристаллы КНТ, незначительные энергетические затраты, быстрое достижение необходимого эффекта, особенно при проведении обработки в потоке, а также частичное удаление кальция, что понижает вероятность выпадения в осадок его тартрата. С другой стороны, этот метод имеет высокие начальные инвестиционные затраты и может удалять яблочную кислоту, что не всегда является целесообразным, а также создает дополнительные сложности по реализации жидких отходов [34].

Таким образом, для предотвращения выпадения кристаллов в готовой продукции применяются различные физические методы: обработка холодом, электродиализ, ионный обмен. Охлаждение и выдержка вина при температуре, близкой к точке замерзания, приводит к пропорциональному удалению ионов калия и винной кислоты. Эффективность процесса многократно повышается при внесении затравочных кристаллов битартрата калия. Обработка холодом не оказывает отрицательного влияния на органолептические свойства вин. Метод отличается высокой энергоемкостью, а повышение растворимости кислорода в охлажденном вине в дальнейшем может привести к интенсификации окислительных реакций. Принцип действия ионообменных смол заключается в обмене ионов металлов, содержащихся в вине, на эквивалентное количество функциональных групп ионита, что приводит к снижению рН вина. Положительным моментом ионообмена является его низкая себестоимость, однако значительное изменение состава вина может приводить к ухудшению качества продукта, что частично компенсируется купажированием обработанной и необработанной партий вина. Электродиализ – процесс миграции ионов через мембраны под действием электрического тока – приводит к снижению в вине содержания катионов и анионов, в том числе фенольных веществ. Данный способ эффективно предотвращает выпадение битартрата калия в готовой продукции, однако отличается высокой себестоимостью. Применение ионообмена и электродиализа, в отличие от обработки холодом, позволяет эффективно снижать концентрацию кальция, что требует дальнейшего изучения кристаллической стабильности готовой продукции.

Источник финансирования

Работа выполняется в рамках государственного задания Минобрнауки России № 0833-2019-0024.

Financing source

The study was conducted under public assignment No. 0833-2019-0024.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы / References

1. Waterhouse A.L., Sacks G.L., Jeffery D.W. Understanding wine chemistry. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons, Inc. 2016, 443 p.
2. Ribéreau-Gayon P., Glories Y., Maujean A., Dubourdieu D. *Traité d'oenologie: Chimie du vin – Stabilisation et traitements*. 5é ed. Paris: Dunod, 2004, 2: 656 p.
3. Swarts A. A look at tartrate stabilization of wine in the South African wine industry. Ph.Dr. thesis Cape Wine Academy. 2017. URL: <https://www.icwm.co.za/dissertations/downloadable-dissertations/100-2017-swarts-anton-a-look-at-tartrate-stabilisation-of-wine-in-the-south-african-wine-industry/fi le> (Date of application: 10.04.2020).
4. Zoecklein B. A Review of Potassium Bitartrate Stabilization of Wines. Department of Horticulture. Virginia Polytechnic Institute and State University, 1988. URL: <https://www.apps.fst.vt.edu/extension/enology/downloads/PotBitar.pdf> (Date of application: 22.04.2019).
5. Гержикова В.Г., Червяк С.Н., Погорелов Д.Ю., Михеева Л.А., Щербина В.А. Влияние катионов на прогнозирование стабильности белых столовых виноматериалов к кристаллическим помутнениям // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2016. №3. С. 25-27. Gerzhikova V.G., Chervyak S.N., Pogorelov D.Y., Mikheieva L.A., Shcherbina V.A. The influence of cations on the prediction of white table base wine stability to crystal haze. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2016. No 3. pp.25-27 (in Russian).
6. Гниломедова Н.В., Аникина Н.С., Червяк С.Н. Дестабилизация вин. Кристаллообразование калиевых солей. Обзор // «Магарач». Виноградарство и виноделие, 2019. 21(3). С. 261-266. DOI: 10.35547/IM.2019.21.3.014. Gnilomedova N.V., Anikina N.S., Chervyak S.N. Wine destabilization. Potassium salts crystal formation. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2019. No. 21(3). pp. 261-266. DOI: 10.35547/IM.2019.21.3.014 (in Russian).
7. Corti S.V., Paladino S.C. Tartaric stabilization of wines: Comparison between electrodiagnosis and cold by contact. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. 2016, No. 48, 1. pp. 225-238.
8. Covaci E., Duca G., Sturza R. Equilibrium and Kinetic Parameters for the Sedimentation of Tartaric Salts in Young Wines. *Chemistry Journal of Moldova*. 2015, No. 10(1), pp. 33-41. DOI: 10.19261/cjm.2015.10(1).04.
9. Виноградов В.А., Загоруйко В.А., Кулёв С.В., Чаплыгина Н.Б., Михеева Л.А. Исследование технологического процесса комплексной стабилизации виноматериалов против коллоидных и кристаллических помутнений // Виноградарство и виноделие, 2013, 43: 83-88. Vinogradov V.A., Zagorouiko V.A., Kulyov S.V., Chaplygina N.B., Mikheeva L.A. Investigation of the technological process of stabilizing wine materials against colloidal and crystalline cloudiness. *Viticulture and Winemaking*. 2013, No. 43: 83-88 (in Russian).
10. Гержикова В.Г., Кулёв С.В., Сильвестров А.В., Чаплыгина Н.Б., Михеева Л.А., Ермихина М.В. Изменение

- значений физико-химических показателей при поточной обработке виноматериалов, склонных к коллоидным и кристаллическим помутнениям // *Русский виноград*. 2018, 7: 172-178.
- Gerzhikova V.G., Kulev S.V., Silvestrov A.V., Chaplygina N.B., Mikheeva L.A., Ermikhina M.V. Change in the values of physicochemical parameters during continuous processing of wine materials prone to colloidal and crystalline opacities. *Russkij vinograd*. 2018, No.7. pp. 172-178 (*in Russian*).
11. Чубик И.А., Маслов А.М. Справочник по теплофизическим характеристикам пищевых продуктов и полуфабрикатов. М.: Пищевая промышленность, 1970. 184 с.
Chubik I.A., Maslov A.M. Handbook of thermophysical characteristics of food products and semi-finished products. M.: Food industry. 1970. 184 p. (*in Russian*).
 12. Dharmadhikari M. Methods for Tartrate Stabilization of Wine. Tech. Iowa State. 1994. URL: <https://www.extension.iastate.edu/wine/methods-tartrate-stabilization-wine> (Date of application: 22.05.2020).
 13. Храпов А.А., Агеева Н.М. Влияние степени дисперсности препаратов битартрата калия на эффективность их использования для стабилизации вин // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, 2016. 5-6 (353-354): 38-41.
Khrapov A.A., Ageeva N.M. Impact of the degree of dispersion of potassium bitartrate preparations on efficiency of their use for stabilization of wines. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pishchevaya tehnologija*. 2016. No. 5-6 (353-354). pp. 38-41 (*in Russian*).
 14. Vernhet A. Red Wine Clarification and Stabilization. *Red Wine Technology*. 2019: 237-251. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814399-5.00016-5>.
 15. Андреев В.В., Жданович Г.А., Коган И.С. и др. Справочник по виноделию // Под редакцией В. М. Малтабара и Э. М. Шприцмана. М.: Пищевая промышленность, 1973. 408 с.
Andreyev V.V., Zhdanovich G.A., Kogan I.S. et al. Winemaking Guide. Under editorship of V. M. Maltabar and E. M. Shpritsman. M.: Pishchevaya promyshlennost. 1973. 408 p. (*in Russian*).
 16. Lasanta C., Caro I., Pérez L. The influence of cation exchange treatment on the final characteristics of red wines. *Food Chem*. 2013. No. 138. pp. 1072-1078. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.10.095.
 17. Ibeas V., Correia A.C., Jordão A.M. Wine tartrate stabilization by different levels of cation exchange resin treatments: Impact on chemical composition, phenolic profile and organoleptic properties of red wines. *Food Research International*. 2015. No. 69. pp. 364-372.
 18. Tamasi G., Pardini A., Bonechi C., Alessandro Donati A., Casolaro M., Leone G., Cini R., Magnani A., Rossi C. Ionic Exchange Resins and Hydrogels for Capturing Metal Ions in Selected Sweet Dessert Wines. *Molecules*. 2018. No. 23(11). p. 2973. DOI:10.3390/molecules23112973.
 19. Mira H., Leite P., Ricardo da Silva M., Curvelo Garcia A. Use of ion exchange resins for tartrate wine stabilization. *Journal International Des Sciences de la Vigne et du Vin*. 2006. No. 40 (4). pp. 223-246.
 20. Агеева Н.М., Марковский М.Г., Антоненко М.В. Термоксид-3А для стабилизации вин кристаллическим помутнением // *Плодоводство и виноградарство Юга России*, 2020, 63 (3): 206-216.
Ageyeva N.M., Markovskiy M.G., Antonenko M.V. Termoxid-3A for stabilization of wines to crystal turbid. *Fruit and vine growing of the South of Russia*. 2020. No. 63 (3). pp. 206-216. (*in Russian*).
 21. Codex Oenologique International. Cation-exchange resins (Oeno 43/2000). URL: <http://www.oiv.int/public/medias/4062/e-coei-1-reseca.pdf> (Date of application: 15.07.2020).
 22. F. Ponce, Ya. Mirabal-Gallardo, A. Versari, V.F. Laurie. The use of cation exchange resins in wines: Effects on pH, tartrate stability, and metal content. *Cien. Inv. Agr. Viticulture and enology*, 2018. No. 45(1). pp. 82-92. DOI 10.7764/rcia.v45i1.1911.
 23. Escudier J.L., Cauchy B., Lutin F., Moutounet M. Acidification and tartaric stabilization. Technological comparison of ion exchange resins by extraction and ion membrane. *Progres Agricole et Viticole*. 2012. No. 129 (13/14). pp. 324-332.
 24. Traynor M, Ahmad I. Impact of a commercially available ion-exchange resin used in red wines to reduce toxic compounds: effect on pH, oxidation-reduction potential, color, and sensory attributes. *J. Food Sci. Technol*. 2018. No. 55 (12). pp. 4859-4866. DOI: 10.1007/s13197-018-3420-7.
 25. Таран Н.Г., Зинченко В.И. Современные технологии стабилизации вин. Сорбент Термоксид-3А. Кишинэу, 2006. 240 с. URL: https://studme.org/283095/prochie/sorbent_termoksid (дата обращения 01.02.2019).
Taran N.G., Zinchenko V.I. Modern technologies for wine stabilization. Sorbent Termoksid-3A. Chisinau. 2006. 240 p. (*in Russian*).
 26. Chen L. An electrolytic method for tartrate stabilization in Chardonnay wine. 2016. URL: https://www.researchgate.net/publication/306225915_An_Electrolytic_Method_for_Tartrate_Stabilization_in_Chardonnay_Wine (Date of application: 22.04.2020).
 27. Gonçalves F., Fernandes C., Santos P.C., Pinho M.N. Wine tartaric stabilization by electro dialysis and its assessment by the saturation temperature. *Journal of Food Engineering*. 2016. No. 59(2-3). pp. 229-235. DOI: 10.1016/S0260-8774(02)00462-4.
 28. Codex Oenologique International. 3.3.2 Tartrate stabilisation by electro dialysis (OENO 1/93). URL: <http://www.oiv.int/public/medias/3494/e-code-ii-332.pdf> (Date of application: 14.07.2020).
 29. Gómez Benitez J., Palacios Macias V.M., Szekegy Gorostiaga P. et al. Comparison of electro dialysis and cold treatment on an industrial scale for tartrate stabilization of sherry wines. *Journal of Food Engineering*, 2003. No. 58 (4). pp. 373-378.
 30. Кашкара К.Э., Кашкара Г.Г. Стабилизация вина кристаллическим помутнением с помощью электродиализа // *Плодоводство и виноградарство Юга России*, 2018, 50(02): 123-135. DOI: 10.30679/2219-5335-2018-2-50-123-135.
Kashkara K.E., Kashkara G.G. Stabilization of wine to crystalline dimness by electric dialysis. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii*. 2018. No. 50(02). pp. 123-135. DOI: 10.30679/2219-5335-2018-2-50-123-135 (*in Russian*).
 31. Sarapulova V., Nevakshenova E., Nebavskaya X., Kozmai A., Aleshkina D., Pourcelly G, Nikonenko V., Pismenskaya N. Characterization of bulk and surface properties of anion-exchange membranes in initial stages of fouling by red wine. *Journal of Membrane Science*. 2018. No. 559. pp 170-182.
 32. Исламов М.Н. Влияние электродиализа на стабильность полусладких вин // *Науч. труды КубГТУ*, 2015, 8: 84-87.
Islamov M.N. Impact of electro dialysis on the stability of semi-sweet wine. *Scientific works of KubSTU*. 2015. No. 8. pp. 84-87 (*in Russian*).
 33. Low L.L. Evaluation of tartrate stabilization technologies for wine industry. A dissertation submitted for the degree of Doctor of Philosophy. The University of Adelaide, Australia. 2007. 231 p.
 34. Электродиализ – стабилизация вин к кристаллическим помутнениям. URL: <https://alcoexpert.ru/itnews/30964-yelektrodializ-stabilizaciya-vin-k-kristallicheskim-pomutneniyam-foto.html> (дата обращения: 24.02.2019).
Electro dialysis - stabilization of wines to crystalline cloudiness (Date of application: 24.02.2019) (*in Russian*).