

## Препараты для ингибирования кристаллообразования в вине

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

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

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

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

Потеря растворимости виннокислых солей калия и кальция является причиной выпадения кристаллического осадка в вине. Одним из способов стабилизации вин является внесение высокомолекулярных веществ в готовый к розливу продукт. Коллоидные вещества не препятствуют образованию ядер кристаллизации битартрата калия, но обладают ингибирующим действием по отношению к росту кристаллов. В то же время предлагаемые вещества имеют особенности, которые необходимо учитывать при выборе схемы обработки: метавинная кислота эффективна для всех типов вин, однако сохраняет свои свойства непродолжительное время; КМЦ наибольшее действие проявляет в белых винах, при этом может спровоцировать выпадение фенольных веществ в красных винах; маннопротеины не отличаются стабильным результатом. Гуммиарабик проявляет протекторные свойства не только в отношении фенольных веществ, но и эффективно блокирует рост кристаллов битартрата калия. Защитное действие гуммиарабика и полиаспартата калия недостаточно освещено в научной литературе, что обуславливает необходимость дальнейших исследований в экспериментальных и производственных условиях.

**Ключевые слова:** метавинная кислота; карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ); маннопротеины; полиаспарат калия; гуммиарабик; кристаллообразование.

Образование кристаллов винного камня (битартрата калия, КНТ), реже тартрата кальция (СаТ), является одной из основных причин формирования кристаллического осадка в готовой продукции, что не влияет на органолептические характеристики вина, но существенно снижает его товарный вид и отрицательно ска-

### Как цитировать эту статью:

Червяк С.Н., Гниломедова Н.В., Весютова А.В. Препараты для ингибирования кристаллообразования в вине // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2020; 22(2); С. 168-173. DOI 10.35547/IM.2020.84.89.016

### How to cite this article:

Cherviak S.N., Gnilomedova N.V., Vesjutova A.V. Preparations for inhibiting crystal formation in wine. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2020; 22(2): 168-173. DOI 10.35547/IM.2020.84.89.016

УДК 663.252:548

Поступила 11.05.20

Принята к публикации 20.05.2020

© Авторы

### ANALYTICAL REVIEW

## Preparations for inhibiting crystal formation in wine

Sofia Nikolaievna Cherviak, Nonna Vladimirovna Gnilomedova, Antonina Valerievna Vesjutova

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

Loss of solubility of tartaric salts of potassium and calcium is the cause of precipitation of crystal sediment in wine. One of the ways to stabilize wines is to introduce high-molecular substances into the product ready for bottling. Colloidal substances do not prevent the formation of crystallization center of potassium bitartrate, but possess an inhibitory effect on the growth of crystals. At the same time, the proposed substances offer properties that must be taken into account when choosing a treatment scheme: metatartaric acid is effective for all types of wines, but retains its properties for a short period of time; CMC demonstrates maximum effect in white wines, while it can provoke the sedimentation of phenolic substances in red wines; mannoproteins do not show steady result. Arabic gum shows protective properties not only in relation to phenolic substances, but also effectively blocks the growth of potassium bitartrate crystals. The protective effect of arabic gum and potassium polyaspartate is not sufficiently covered in the scientific literature, which necessitates further research in experimental and industrial conditions.

**Key words:** metatartaric acid; carboxymethylcellulose (CMC); mannoproteins; potassium polyaspartate; arabic gum; crystal formation.

зывается на имиджевой политике производителя [1-5]. В настоящее время в виноделии применяются различные превентивные меры для предотвращения кристаллообразования в готовой продукции. К физическим методам можно отнести снижение в винах концентрации катионов кальция и калия, а также анионов винной кислоты, которые непосредственно выступают участниками кристаллогенеза [6-8]. Удаление избытка битартрата калия из виноматериала возможно при обработке холодом путем осаждения соли за счет резкого снижения её растворимости; снижение содержания ионов также можно обеспечить электродиализом или применением ионообменных смол [9-12]. Однако данные технологические приемы существенным образом влияют на качественные показатели вин: уменьшение массовой концентрации винной кислоты может привести к потере свежести вкуса; обработка холодом обуславливает снижение содержания фенольных веществ и полисахаридов, ответственных за органолептические свойства вин – цвет и полноту вкуса [13].

Альтернативой физическим способам воздействия на вино является подход, который базируется не на удалении ионов, а на блокировании их реакционной активности за счет применения различных вспомогательных препаратов.

Использование ингибиторов обусловлено, прежде всего, необходимостью снижения энергетических и эксплуатационных затрат, связанных с традиционными физическими методами.

На сегодняшний день рынок вспомогательных препаратов представлен достаточно широким ассортиментом: метавинная кислота, карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), дрожжевые маннопротеины, полиаспарат калия, гуммиарабик. Эти продукты представляют собой высокомолекулярные вещества, обладающие способностью увеличивать стабильность битартрата калия [14].

Целью данного литературного обзора являлось обобщение современных представлений о вспомогательных препаратах – ингибиторах кристаллической дестабилизации вин.

*Метавинная кислота.* В Европе энологическое использование метавинной кислоты было разрешено в середине 50-х годов XX века для готовых к употреблению вин, как правило, предназначенных для кратковременного хранения [12, 14]. Метавинная кислота представляет собой сложный полиэфир с молекулярной массой 2-9 кДа, полученный в результате межмолекулярной этерификации двух молекул L-винной кислоты путем нагревания до 160 °С [12, 14]. Продукт выпускается в форме кристаллов или в виде порошка белого или желтоватого цвета со слабым запахом поджаренного хлеба или карамели. Препарат хорошо растворим в воде и спирте и быстро гидролизуется в водном растворе при 100 °С, но гораздо медленнее – при низких температурах [15]. При правильном хранении и использовании метавинная кислота не влияет на цвет, аромат и вкус вина и является экономичным и очень простым в использовании продуктом [16]. Технологический эффект препарата в значительной степени зависит от индекса этерификации, который характеризует данный продукт [17]. Коммерческие препараты метавинной кислоты по стабилизирующему действию можно разделить на три группы: высокая эффективность – индекс этерификации составляет 36-40 %, средняя – 30-35 % и недостаточная – менее 30 %. В настоящее время минимальный индекс этерификации препарата для энологического применения регламентирован на уровне 40 % [18].

Механизм действия метавинной кислоты следующий: молекулы метавинной кислоты внедряются между слоями растущего кристалла, покрывая их, тем самым останавливая процесс развития. Если препарат используют в недостаточных дозах, кристаллы винной кислоты все еще будут способны расти, будучи лишь частично блокированными, при этом наблюдаются их структурное деформирование из-за неравномерного развития различных кристаллических слоев [14, 16, 18, 19].

Метавинная кислота в водном растворе нестабильна, поэтому ее защитный эффект носит временный характер. Индекс этерификации медленно и неуклонно падает, так как сложный эфир молекулы гидролизуется до свободной винной кислоты. Снижение эффективности препарата пропорционально скорости гидролиза, что в свою очередь, обусловлено

температурой. При хранении 2 % водного раствора метавинной кислоты при температуре 18-20 °С через 20 дней индекс этерификации составляет около 50 % от его первоначального значения [18, 20]. Результаты исследования Ribéreau-Gayon et al. [18] свидетельствуют о том, что срок стабильности вина с добавлением метавинной кислоты составляет несколько лет при 0 °С, до двух лет при 10-12 °С, от одного года до 18 месяцев при температуре от 10 °С до 18 °С, три месяца при 20 °С, один месяц при 25 °С, одну неделю при 30 °С и несколько часов при 35-40 °С. При этом выдержка образцов на протяжении 3 недель при температуре минус 4 °С не приводит к выпадению осадка красящих веществ [21].

Чувствительность метавинной кислоты к температуре является основным сдерживающим фактором ее широкого использования в виноделии и по этой причине обычно используется для тех продуктов, срок хранения которых предусматривает всего несколько месяцев [14, 22, 23]. Оклеивающие вещества, в частности, бентонит, также снижают эффективность препарата в результате частичной сорбции. В винах, обработанных лизоцимом, применение метавинной кислоты может привести к образованию белковых помутнений даже при условии применения бентонита [24]. Известны случаи, когда после добавления метавинной кислоты в вино со временем наблюдалось формирование коллоидного осадка. В связи с этим рекомендуется внесение продукта после проведения всех технологических операций за 3-4 дня до розлива в бутылки [22]. Рабочий раствор метавинной кислоты должен быть приготовлен непосредственно перед применением.

Несмотря на ряд недостатков, метавинная кислота является одним из наиболее широко используемых продуктов для предотвращения кристаллических осадков в вине [20]. Максимально допустимая доза препарата составляет 100 мг/л [18, 25].

*Карбоксиметилцеллюлоза.* Для стабилизации белых и игристых вин против кристаллических помутнений с 2009 года Международной организацией винограда и вина разрешено применение натрия карбоксиметилцеллюлозы (целлюлозогликолевая кислота, E466) – полисахарида, который производится из модифицированной целлюлозы растительных волокон [26]. Данный продукт представляет собой светло-бежевый или белый кристаллический порошок, хорошо растворимый в воде. Водный однопроцентный раствор препарата с рН 7,7 является тягучей клейкой жидкостью, степень вязкости которой напрямую зависит от количества замещенных гидроксильных групп в молекуле целлюлозы [27].

Методом динамического рассеивания света было показано, что макромолекулы не предотвращают образование ядер кристаллизации КНТ, а дальнейшее построение кристаллической решетки затруднено за счет адсорбции коллоидов на гранях кристалла, что мешает формированию визуально заметных включений [1, 28]. Считается, что взаимодействие отрицательно заряженных веществ происходит по механизму образования водородных связей с тартратом [13].

КМЦ характеризуется двумя основными параметрами: степенью этерификации этиловых групп, также известной как степень замещения, и степенью полимеризации – средним числом функциональных единиц полимерной молекулы. Степень полимеризации определяет вязкость препарата, которая пропорциональна молекулярной массе, при этом, чем выше число двухвалентных катионов, связанных в функциональной группе, тем меньше вязкость препарата и тем эффективнее он выступает в качестве защитного коллоида [18, 22]. Таким образом, для использования в виноделии высококачественная КМЦ должна характеризоваться низкой молекулярной массой для быстрого растворения и высокой степенью замещения для эффективного противодействия росту тартратных кристаллов. В настоящее время коммерческие КМЦ имеют очень низкую плотность из-за высокого уровня чистоты (около 99,5 %) и содержания натрия в диапазоне от 7 до 8,9 % [18], что позволяет свести к минимуму влияние на вязкость вина.

Исследования Crachereau et al. показали, что КМЦ с низкой молекулярной массой очень эффективен для предотвращения осаждения кристаллов винной соли в белых и красных винах при дозе вносимого препарата 20-40 мг/л, что значительно ниже дозировок препаратов, обычно используемых в пищевой промышленности. Авторами также отмечено, что по сравнению с метавинной кислотой, КМЦ обладает более высокой термостабильностью [29]. Согласно литературным данным, добавление 20 мг/л КМЦ замедляет образование кристаллов, эквивалентное, по меньшей мере, 100 мг/л метавинной кислоты [30]. Этот стабилизирующий агент достаточно эффективен, прост в использовании, не требует специального оборудования для проведения обработки и является относительно недорогим. Кроме того, препарат не оказывает влияния на величину pH, содержание винной кислоты или органолептические характеристики вина, в отличие от обработки холодом.

Несмотря на эффективность, КМЦ имеет ряд особенностей, которые необходимо учитывать при обработке вин [26, 31-35]. Так, препарат медленно растворяется (от 2 до 7 дней), что зависит от температуры вина и качества препарата и дает преимущество готовым жидким продуктам. В связи с этим КМЦ вносится в подготовленный к розливу виноматериал; после добавки препарата проводить корректирующие технологические операции, такие как купаживание, регулирование кислотности, оклейки и др., не допускается.

Известно, что КМЦ реагирует с компонентами вина с образованием комплексов, постепенно теряющих растворимость. Это требует повышенного внимания к розливостойкости белых вин – недостаточное удаление белковых веществ может привести к необратимым коллоидным помутнениям [33, 36]. В красных винах установлено образование нерастворимых комплексов за счет взаимодействия КМЦ с фенольными соединениями (в том числе с красящими веществами), что приводит к снижению интенсивности окраски, что зачастую проявляется через некоторое время при

низкой температуре хранения вина. В связи с этим применение КМЦ не рекомендуется при производстве красных вин [37]. Эффективность КМЦ показана только для блокирования роста битартрата калия и не распространяется на предотвращение нестабильности тартрата кальция [24].

*Дрожжевые маннопротеины.* Маннопротеины – это маннозосодержащие гликопротеины, которые находятся во внешнем слое клеточных стенок дрожжей и высвобождаются в вино, как в процессе брожения, так и в результате автолиза при выдержке на осадке. В вине они действуют как защитные коллоиды, проявляя стабилизирующие функции. Маннопротеины, ответственные за стабилизацию солей винной кислоты, имеют молекулярную массу от 30 до 50 кДа и высокую степень гликозилирования [38-40].

Отмечено, что склонные к кристаллическим помутнениям белые сухие вина после выдержки на дрожжевом осадке отличались стабильностью в отношении выпадения солей винной кислоты без каких-либо дополнительных холодовых обработок [12]. Lubbers et al., Dubourdieu и Moine-Ledoux обнаружили ингибирующий эффект маннопротеинов, экстрагируемых из клеточных стенок дрожжей методом ферментативной обработки, и наблюдали его эффективность в белых, розовых и красных винах [18, 41]. При этом препарат той же дозы, полученный путем экстрагирования при нагревании, не предотвращал выпадение тартратов в вине, так как при таком способе извлечения не выделяются гликозилированные маннопротеины, определяющие активность препарата. Было показано, что защитное действие, проявляемое маннопротеинами, сохраняется даже после выдержки вин при минус 4 °С в течение 6 дней [42]. В других исследованиях представлена противоречивая информация – при понижении температуры хранения вина протекторное действие добавки уменьшается [30], что негативно сказывается на кристаллической стабильности вина.

Было показано, что при дозировке 100-250 мг/л маннопротеины обеспечивают защиту вина от образования кристаллов солей винной кислоты [38]. В то же время увеличение количества вносимого препарата не усиливает стабилизирующие свойства, из чего следует вывод о необходимости пробной оклейки для правильного выбора дозы. К недостаткам данного препарата следует отнести сорбцию на фильтровальных элементах, в связи с чем его вносят непосредственно перед розливом, а также низкую эффективность в отношении ингибирования солей тартрата кальция. Кроме того, продукт может со временем взаимодействовать с другими компонентами вина, в результате чего снижается его эффективность.

*Полиаспартам калия.* Полианионные белки являются наиболее важными органическими молекулами, которые взаимодействуют в живых организмах с неорганическими кристаллами, ограничивая их образование. Исследования по поиску новых синтетических белков привели к разработке полиаспарагиновых кислот – нового класса синтетических полиамидов, которые являются структурными и функциональными аналогами белков, контролирующими биоминера-

лизацию [43, 44]. Основными анионными остатками полианионных белков являются аспарагиновая кислота и фосфорилированный серин (приблизительно 80 мол. % от общего аминокислотного состава) [21]. При растворении эти белки могут ингибировать рост кристаллов, тем самым изменяя их морфологию.

Полиаспарат калия – это калиевая соль полиаспарагиновой кислоты, полученная в результате полимеризации (путем простого нагревания) *L*-аспарагиновой кислоты, которая является природной аминокислотой в вине, и гидроксида калия (чистота 98 %). Полученное соединение имеет отрицательный заряд при рН вина и позволяет "изолировать" катионы  $K^+$ , не позволяя им взаимодействовать с тартрат-ионом при построении кристалла. Препарат отличается очень высоким поверхностным зарядом и специфическими физико-химическими характеристиками, что делает его перспективным для использования в виноделии. Исследования подтвердили его стабилизирующие свойства, сходные с функциями метавинной кислоты и карбоксиметилцеллюлозы [44, 45]. В то же время препарат отличается пролонгированным действием, устойчивостью к тепловой обработке, а также, ввиду относительно небольших размеров (средняя молекулярная масса 5 кДа), легко фильтруется и не вызывает засорение фильтровальных материалов. Это расширяет возможности его использования в виноделии с сохранением качества вина при повышении срока кристаллической стабильности. Кроме того, продукт не оказывает негативного воздействия на цвет вина, что позволяет рекомендовать его при производстве красных вин.

Максимально допустимая доза препарата 100 мг/л. При более высокой концентрации стабилизирующий эффект не улучшается, а в некоторых случаях может даже спровоцировать выпадение кристаллического осадка [46].

Основным требованием к вину перед обработкой полиаспаратом, также как и КМЦ, является стабильность к белковым помутнениям, так как отрицательный заряд препарата делает его очень реакционноспособным к белкам, что впоследствии может спровоцировать помутнения коллоидной природы [45]. Информация об эффективности полиаспарата с целью стабилизации вин против выпадения тартрата кальция отсутствует [47].

*Гуммиарабик*. На сегодняшний день гуммиарабик активно используют в виноделии как в чистом виде, так и в комплексе с другими веществами для гармонизации вкуса вин и стабилизации красящих веществ. Это вещество также обладает способностью ингибировать образование тартратных солей за счет блокирования роста кристаллов до визуально заметного размера [27, 36, 48].

Гуммиарабик, также известный как аравийская камедь, является природным биополимером и представляет собой твердую прозрачную смолу, собираемую с нескольких видов деревьев акации (*Acacia senegal* и *Acacia seyal*). В среднем гуммиарабик имеет молекулярную массу 600 кДа; химически являются гликопротеинами, в которых полисахариды представлены

остатками *L*-арабинозы, *D*-галактозы и *L*-рамнозы, а также *D*-глюкуроновой и 4-*O*-метоксиглюкуроновой кислотами. Состав препарата может отличаться в зависимости от происхождения сырья, климата, сезона сбора урожая [36]. Гуммиарабик легко растворяется в воде, дает вязкий бесцветный или слабоокрашенный раствор. Как препарат для целенаправленного блокирования кристаллообразования гуммиарабик не применяют, однако присутствующая в литературе информация о его ингибирующем эффекте требует проведения дополнительных исследований в этом направлении.

**Выводы.** Таким образом, применение вспомогательных препаратов ингибирующего действия на основе метавинной кислоты, дрожжевых маннопротеинов, карбоксиметилцеллюлозы, полиаспартата, гуммиарабика эффективно для блокирования в вине выпадения кристаллов битартрата калия. Их преимуществом является высокая экономическая целесообразность при отсутствии отрицательного влияния на органолептические характеристики вин, величину рН и содержание винной кислоты. Принцип действия препаратов основан на блокировании построения кристаллической решетки после образования ядер кристаллизации за счет формирования водородных связей между высокомолекулярными веществами и тартрат-анионами. Адсорбция макромолекул на гранях кристалла препятствует достраиванию кристаллической решетки, не допуская формирования визуально заметных включений. В то же время предлагаемые вещества имеют особенности, которые необходимо учитывать при выборе схемы обработки: метавинная кислота эффективна для всех типов вин, однако сохраняет свои свойства непродолжительное время; КМЦ наибольшее действие проявляет в белых винах, при этом может спровоцировать выпадение фенольных веществ в красных винах; маннопротеины не отличаются стабильным результатом. Гуммиарабик проявляет протекторные свойства не только в отношении фенольных веществ, но и эффективно блокирует рост кристаллов битартрата калия. Защитное действие гуммиарабика и полиаспартата калия недостаточно освещено в научной литературе. Ни один из указанных ингибиторов не проявляет высокой эффективности в отношении стабилизации тартрата кальция в винах. Рекомендации по практическому применению ингибиторов кристаллообразования не учитывают особенности сырья и не адаптированы к технологическим особенностям производства отечественных вин. Дальнейшие исследования предполагают экспериментальное сравнение эффективности действия препаратов на разных типах вин с учетом региона произрастания винограда.

#### Источник финансирования

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

#### Financing source

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

#### Конфликт интересов

Не заявлен.

**Conflict of interests**

Not declared.

**Список литературы/References**

- 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: 8923-8929. DOI: 10.1021/acs.jafc.7b01854.
- Low L.L. Evaluation of tartrate stabilization technologies for wine industry. A dissertation for degree of Doctor of Philosophy. The University of Adelaide, Australia. 2007: 231.
- Boulton R.B., Singleton V.L., Bisson L.F., Kunkee R.E. 1999. Principles and practices of winemaking. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- Гнилomedova Н.В., Червяк С.Н. Весютова А.В. Морфология кристаллов битартрата калия в вине при спонтанном кристаллообразовании // «Магарач». Виноградарство и виноделие, 2020, 22(1). С.73-76. DOI: 10.35547/IM.2020.22.1.015. Gnilomedova N.V., Cherviak S.N., Vesyutova A.V. Morphology of potassium bitartrate crystals in wine during spontaneous crystal formation. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2020. 22(1). pp.73-76. (in Russian).
- Kherici S., Benouali D., Benyetou M., Ghidossi R., Lacampagne S., Mietton-Peuchot M. Study of Potassium Hydrogen Tartrate Unseeded Batch Crystallization for Tracking Optimum Cooling Mode. *Oriental Journal of Chemistry*, 2015. 31(1). pp.249-255. DOI:10.13005/ojc/310127.
- Гнилomedova Н.В., Червяк С.Н. Весютова А.В. Прогнозирование кристаллической стабильности вин. Обзор методов // «Магарач». Виноградарство и виноделие, 2019, 21(4). С. 349-356. DOI: 10.35547/IM.2019.21.4.014. Gnilomedova N.V., Cherviak S.N., Vesyutova A.V. Prediction of crystalline stability of wines. A review of methods. Overview. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2019. 21 (4). pp. 349-356 (in Russian).
- 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.
- Гнилomedova 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., Cherviak S.N., Vesyutova A.V. Wine destabilization. Potassium salts crystal formation. Overview. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2019. 21(3). pp. 261-266 (in Russian).
- Mira H., Leite P., Ricardo da Silva M., Curvelo Garcia A. Use of ion exchange resins for tartrate wine stabilization, 2006. *Journal International Des Sciences de la Vigne et du Vin*, 40 (4), pp. 223-246.
- 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. 59(2-3). pp. 229-235. DOI: 10.1016/S0260-8774(02)00462-4.
- Lasanta C., Caro I., Pérez L. The influence of cation exchange treatment on the final characteristics of red wines. *Food Chem*. 2013, 138, pp.1072-1078.
- Ribéreau-Gayon P., Glories Y., Maujean A., Dubourdieu D. *Traité d'oenologie: Chimie du vin – Stabilisation et traitements*. 5é ed. Paris: Dunod, 2004. Vol. 2. 656 p.
- Lambri M., Colangelo D., Dordoni R., De Faveri D.M. The effects of different protein: tannin ratios on the tartrate-holding capacity of wine model solutions. *Food research international*. 2014. Vol. 62. pp. 441-447.
- Jackson R.S. Wine science. Principles and applications. 3-rd editions. Academic Press. 2008. 776 p.
- OIV, 2012. International oenological codex. International Organization of Vine and Wine, Paris.
- Stocke R. Goertges S., 1989. Retardation of calcium tartrate crystallization. *Weinwirtschaft Technik*, 3: 30-32/4. pp. 24-28.
- 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, Vol. 241. Issue 6. pp. 785-791.
- Ribéreau-Gayon P., Glories Y., Maujean A., Dubourdieu D. *Handbook of Enology: The Chemistry of Wine Stabilization and Treatments*, volume 2. 2006. Dunod Éditeur. 2nd Edition. John Wiley & Sons Ltd. Publisher West Sussex, Chichester, England.
- Maria de Fátima, Gonçalves Marques. Inhibitors of calcium tartrate in wines, 2014. 11 p.
- Scholten G., Müller T., Friedrich G. Tartrate stabilization with metatartaric acid. 2003. *Der Deutsche Weinbau*, Neustadt, 11. pp. 30-33.
- Triulzi G., Montagner C., Scotti B., Chauffour E. Potassium polyaspartate – the most effective additive for tartaric stabilization. *Winetech Technical. Oenology research*. 2017. URL: <https://www.wineland.co.za/potassium-polyaspartate-effective-additive-tartaric-stabilisation/> (Date of application: 30.04.2020).
- Morello A. Influence of pH and Temperature on Metatartaric Acid Efficiency in White Wine Tartaric Stabilization. *Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Vinifera EuroMaster –European Master of Sciences of Viticulture and Oenology*. Lisboa. 2012. 82 p.
- Lasanta C., Gómez J. Tartrate stabilization of wines. *Trends in Food Science and Technology*. 2012. 28 (1), pp. 52-59. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.06.005>.
- Wilkes E. Cold Stability, CMCs and other crystallization inhibitors. The Australian Wine Research Institute. URL: <https://www.awri.com.au/wp-content/uploads/2013/09/wilkes-w24-awitc15.pdf> (Date of application: 30.04.2020).
- OIV. 2012. International Code of oenological practices. International Organization of Vine and Wine. Paris.
- Pittari E., Catarino S., Andrade M. C., Ricardo-da-Silva J.M. Preliminary results on tartaric stabilization of red wine by adding different carboxymethylcelluloses. *CiênciaTéc. Vitiv*. 2018. 33(1). pp. 47-57.
- Гнилomedova Н.В., Весютова А.В. Влияние препаратов на основе высокомолекулярных веществ на кристаллическую стабильность вин // Сборник научных трудов. Виноградарство и виноделие. 2019. Т. 48. С. 50-52. Gnilomedova N.V., Vesyutova A.V. Influence of preparations based on high-molecular substances on the crystalline stability of wines. *Collection of scientific works. Viticulture and Winemaking*. 2019. Vol. 48. pp. 50-52 (in Russian).
- Gerbaud V. Détermination de l'état de sursaturation et effet des polysaccharides sur la cristallisation du bitartrate de potassium dans les vins. Thèse de Doctorat. INP, Toulouse. 1996.
- Crachereau J.C., Gabas N., Blouin J., H'érard B., Maujean A. Stabilisation tartrique des vins par la carboxyméthylcellulose (C.M.C.). *Bull. l'OIV*. 2001. No. 74. pp. 151-159.
- Gerbaud V., Gabas N., Blouin J., Crachereau J.-C. Study of wine tartaric salt stabilization by addition of carboxymethylcellulose (CMC). Comparison with the "protective colloids" effect. *Journal international des sciences de la vigne et du vin*. 2010. Vol. 44 (3). pp. 135-150. DOI: 10.20870/oenone.2010.44.4.1474.

31. Bajul A., Gerbaud V., Teychene S., Devatine A., Bajul G. Effect of carboxymethylcellulose on potassium bitartrate crystallization on model solution and white wine. *Journal of Crystal Growth*. 2017. 472. pp. 54-63. DOI:10.1016/j.jcrysgro.2017.03.024.
32. Bowyer P., Gouty C., Moine V., Marsh R., Battaglione T. CMC: A new potassium bitartrate stabilisation tool. *The Australian & New Zealand Grapegrower & Winemaker*. 2010. Issue 558. pp. 65-68.
33. Claus H., Tenzer S., Sobe M., Schlander M., König H., Fröhlich J. Effect of carboxymethyl cellulose on tartrate salt, protein and colour stability of red wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2014. No. 20. pp. 186-193. doi: 10.1111/ajgw.12070.
34. Хурцилава Е.Е., Илюшина М.Ю. Карбоксиметилцеллюлоза для кристаллической стабилизации вин // Пиво и напитки, 2010. № 3. С. 44-46.  
Khurtsilava E. E., Ilyushina M. Yu. Carboxymethylcellulose for crystal stabilization of wines. *Beer and beverages*. 2010. No. 3. pp. 44-46 (*in Russian*).
35. Маршалл Р., Жанде Ф., Лэгр М., Робияр Б., Лёгра В. Использование КМЦ для стабилизации солей винной кислоты в белых винах. Часть I. КМЦ в энологии: экспериментальное определение температуры стабильности вина / Индустрия напитков. 2012. № 6. С. 34-40.  
Maréchal R., Jeande F., Ligre M., Robillard B., Legra V. Using CMC to stabilize tartaric acid salts in white wines. Part I. CMC in oenology: experimental determination of temperature stability of wine. *Beverage Industry*. 2012. No. 6. pp. 34-40 (*in Russian*).
36. Swarts A. A look at tartrate stabilization of wine in the South African wine industry. PhD 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/file> (Date of application: 10.04.2019).
37. Sommer S., Dickescheid C., Harbertson J.F., Fischer U., Cohen S.D. Rationale for Haze Formation after Carboxymethyl Cellulose (CMC). Addition to Red Wine Agric. *Food Chem*. 2016. 64. 36. pp. 6879-6887. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b02479>.
38. Moine-Ledoux V., Perrin A., Palladin I., Dubourdieu D. Premiers résultats de stabilisation tartrique des vins par addition de mannoprotéines purifiées (Mannostab™). *J. Int. Sci. Vigne Vin*. 1997.31(1), pp.23-31.
39. Moine-Ledoux V., Dubourdieu D. Rôle des mannoprotéines de levures vis-à-vis de la stabilisation tartrique des vins. *Bulletin de l'O.I.V.* 2002. 75 (857-858). pp. 471-482.
40. Ortega-Heras M., González-SanJosé M.L. Mannoproteins and enology: Tartrate and protein stabilization. *Recent advances in wine stabilization and conservation technologies*. 2016. pp. 95-109.
41. Lubbers S., Leger B., Charpentier C. and Feuillat M. Effet colloïde protecteurs d'extraits de parois de levures sur la stabilité tartrique d'une solution hydroalcoolique modèle. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*. 1993. Vol. 27 (1), pp.13-22.
42. Moine-Ledoux V. and Dubourdieu D. 60 Symposium International D'oenologie, A. Lonvaud-Funel editor. Tec et Doc, Lavoisier. Paris. 1999. p 527.
43. Bosso A., Panero L., Petrozziello M., Sollazzo M., Asproudi A., Motta S., Guaita M. Use of polyaspartate as inhibitor of tartaric precipitations in wines. *Food Chemistry*. 2015. No.185, pp. 1-6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.099>.
44. Bosso A., Salmaso D., De Faveri E., Guaita M., Franceschi D. The use of carboxymethylcellulose for the tartaric stabilization of white wines in comparison with other oenological additives. *Vitis*. 2010. No. 49 (2), pp. 95-99.
45. Cinquanta L., Zarzana D., Planeta D., Liguori L., Albanese D., Di Matteo M., Corona O. Use of Potassium Polyaspartate for the Tartaric Stabilization of Sicilian White Wines. *Chemical Engineering Transactions*. 2019. No. 75. pp. 277-282 DOI:10.3303/CET1975047.
46. Resolution OIV-OENO543-2016. Treatment with potassium polyaspartate in wine. URL: <http://www.oiv.int/public/medias/4947/oiv-oen-543-2016-en.pdf> (Date of application: 30.04.2020).
47. Edera R., Willach M., Strauss M., Philipp C. Efficient tartaric stabilisation of white wine with potassium polyaspartate. *BIO Web of Conferences* 15. 42nd World Congress of Vine and Wine. 2019. 4 p. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20191502036>.
48. Пономарева И.Н., Солдатенко Е.В., Таран М.Н. Совершенствование технологических приемов стабилизации белых игристых вин против кристаллических и коллоидных помутнений // Виноделие и виноградарство. 2015. № 6. С. 18-20.  
Ponomareva I. N., Soldatenko E. V., Taran M. N. Improvement of technological methods of stabilization of white sparklings against crystalline and colloidal haze. *Winemaking and Viticulture*. 2015. No.6. pp. 18-20 (*in Russian*).