

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2026-1-2627>
<https://elibrary.ru/EANQZV>

Обзорная статья
<https://fptt.ru>

Пищевая добавка Е334 (винная кислота): актуальные вопросы контроля качества и безопасности



Д. О. Боков^{1,2,*}, В. В. Бессонов^{1,3}, А. Ю. Колеснов³

¹ Федеральное исследовательское учреждение питания, биотехнологии и безопасности пищи, Москва, Россия

² Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

³ Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва, Россия

Поступила в редакцию: 25.12.2025

Принята после рецензирования: 26.01.2026

Принята к публикации: 03.03.2026

*e-mail: fmmsu@mail.ru

© Д. О. Боков, В. В. Бессонов, А. Ю. Колеснов, 2026



Аннотация.

В современной пищевой промышленности, в т. ч. в виноградарстве и виноделии, соблюдение нормативов, контроль качества и безопасности готовой продукции являются одними из ключевых задач производителей с целью защиты интересов потребителей. В частности, при выборе пищевой добавки необходимо учитывать наличие стереоизомеров соединений, входящих в ее состав, и потенциальные риски при их применении. В связи с этим вопрос обоснованного применения конкретной изомерной формы оптически активного соединения, используемого в качестве пищевой добавки, представляется актуальным. Объектами исследования являлись научные публикации, обзоры, экспериментальные исследования, а также нормативно-техническая документация, посвященная стереоизомерам винной кислоты (2,3-дигидроксипентандиовой кислоты), включая природный правоповерхающий L(+)-изомер растительного происхождения, синтетические левоповерхающий D(-)- и правоповерхающий L(+)-изомеры, рацемическую смесь (DL-форму) и мезовинную кислоту. Особое внимание уделено L(+)-винной кислоте (пищевая добавка Е334), получаемой из растительного сырья (винограда и продуктов его переработки), а также D(-)- и L(+)-винным кислотам, синтезируемым из углеводородного сырья.

На основе анализа токсикологических данных и нормативных документов (ГОСТ, OIV, TP TC и др.) установлено, что ключевой причиной рекомендации природной L(+)-формы из растительного сырья выступает ее естественная метаболическая усвояемость организмом человека, в отличие от синтетических D(-)- и L(+)-изомеров из углеводородного сырья. Рассмотрены методы контроля свойств различных форм винной кислоты, а также методы оценки происхождения L(+)-винной кислоты.

Ключевые слова. Виноделие, Е334, винная кислота, качество, безопасность

Для цитирования: Боков Д. О., Бессонов В. В., Колеснов А. Ю. Пищевая добавка Е334 (винная кислота): актуальные вопросы контроля качества и безопасности. Техника и технология пищевых производств. 2026. Т. 56. № 1. С. 180–189. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2026-1-2627>

Food Additive E334 (Tartaric Acid): Quality Control and Safety



Dmitry O. Bokov^{1,2,*}, Vladimir V. Bessonov^{1,3},
Alexander Yu. Kolesnov³

¹ Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety^{ROR}, Moscow, Russia

² First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation^{ROR}, Moscow, Russia

³ Peoples' Friendship University of Russia^{ROR}, Moscow, Russia

Received: 25.12.2025

Revised: 26.01.2026

Accepted: 03.03.2026

*e-mail: fmmsu@mail.ru

© D.O. Bokov, V.V. Bessonov, A.Yu. Kolesnov, 2026



Abstract.

Food safety being a primary concern for food producers, viticulture and winemaking are subject to strict regulations and quality control procedures. Before a food additive can be incorporated into a food formulation, it must be investigated for stereoisomers and associated potential risks. Selecting a specific isomeric form of an optically active compound to be used as a food additive is a critical task.

This review explores scientific publications and regulatory documentation regarding such stereoisomers of tartaric acid (2,3-dihydroxybutanedioic acid) as natural dextrorotatory L(+) isomer of plant origin, synthetic levorotatory D(–) and dextrorotatory L(+)- isomers, racemic mixture (DL form), and mesotartaric acid. The research specifically focuses on L(+)-tartaric acid (food additive E334), obtained from grapes and their derivatives, as well as D(–)- and L(+)-tartaric acids synthesized from hydrocarbon raw materials. In addition, the article reviews the methods for monitoring the properties of different forms of tartaric acid as well as the methods for evaluation of origin of L(+)-tartaric acid.

Based on toxicological data and regulatory standards, L(+)-tartaric acid is preferred in winemaking due to its natural origin and metabolic compatibility. In contrast, the synthetic D(–)- and L(+)-tartaric acid form is poorly metabolized, which may pose potential health risks.

Keywords. Winemaking, E334, tartaric acid, quality, safety

For citation: Bokov DO, Bessonov VV, Kolesnov AYu. Food Additive E334 (Tartaric Acid): Quality Control and Safety. Food Processing: Techniques and Technology. 2026;56(1):180–189. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2026-1-2627>

Введение

Винная кислота (2,3-дигидроксипутандиовая кислота) является одной из ключевых природных карбоновых кислот, играющих фундаментальную роль в биохимии растений и различных отраслях промышленности. Она выполняет в растениях важную физиологическую функцию, участвуя в регуляции осмотического давления и окислительно-восстановительных процессов. Винная кислота известна своим естественным присутствием в винограде, также она встречается и в других плодах, таких как цитрусовые, яблоки, вишня и тропические фрукты. Винная кислота используется преимущественно в продуктах, изготовленных на основе фруктового сырья (клюквы, винограда), например в винах, желе и кондитерских изделиях. В современных условиях в промышленных масштабах винную кислоту получают из отходов винодельческой промышленности, что делает ее производство важным элементом экономики замкнутого цикла в виноделии, снижающим экологическую нагрузку. Винная кислота – одна из наименее антимикробных органи-

ческих кислот, описанных в научной литературе [1]: она инактивирует меньше микроорганизмов и слабее подавляет их по сравнению с большинством других органических кислот (например уксусной, лимонной, пропионовой и т. д.). Однако ее низкая антимикробная активность компенсируется высокими хелатирующими свойствами и стабильностью в широком диапазоне pH, что особенно ценно в качестве синергиста антиоксидантов.

Винная кислота существует в форме трех стереоизомеров: L(+), D(–), мезо-формы (диастереомер, мезовинная кислота) и рацемата (виноградная кислота). L(+)-Винная кислота – это природный правовращающий изомер, содержащийся в винограде и других растениях и широко применяющийся в пищевой (в т. ч. в виноделии) и фармацевтической промышленности. Ее хиральная чистота является ключевым индикатором натуральности и соответствия стандартам качества в пищевых продуктах и винах. D(–)-Винная кислота – левовращающий изомер, который получают химическим синтезом из углеводородного сырья (нефть, уголь

и т. п.) или комбинированным способом – химическим и биотехнологическим синтезом. Кроме того, при синтезе D(–)-винной кислоты могут образовываться диастереомер и рацемат. Процесс синтеза, как правило, включает окисление малеинового ангидрида в присутствии катализаторов с последующим разделением рацемической смеси, что обуславливает риски присутствия технологических примесей. Известен синтетический L(+)-изомер винной кислоты, который получают аналогично D(–)-изомеру комбинированным химическим и биотехнологическим способом.

В пищевой промышленности винная кислота и ее соли (тарtrato) используются в качестве регуляторов кислотности, антиоксидантов и разрыхлителей. Тартраты калия и кальция также применяются в качестве эмульгирующих солей и стабилизаторов в мясной и молочной промышленности. В виноделии применяется исключительно L(+)-винная кислота натурального (растительного) происхождения для коррекции кислотности сула и вина. Это связано не только с ее происхождением, но и с нормативными требованиями. Использование любого другого изомера считается фальсификацией и может негативно повлиять на органолептические свойства и стабильность вина.

Основные запасы L(+)-винной кислоты в винограде сосредоточены в его твердых частях: гребнях, кожице и семенах, где она существует в виде соли (битартрата калия), которую выделяют кислотным экстрагированием [2]. Концентрация кислоты сильно варьируется в зависимости от сорта винограда, условий выращивания (терруара) и степени зрелости ягод.

Несмотря на то что D(–) и L-(+) формы являются зеркальными изомерами и обладают идентичными физико-химическими свойствами в нехиральной среде, их физиологическое воздействие на организм и метаболизм может различаться, что объясняется хиральной селективностью ферментов и рецепторов в биологических системах, где, как правило, активным выступает только один энантиомер. Целью исследования является комплексный сравнительный анализ синтетических D(–)/L(+)-изомеров и природной L(+)-формы винной кислоты растительного происхождения для обоснования причин, по которым международные и национальные нормативные документы (в частности, стандарты Международной межправительственной организации винограда и вина OIV, национальные и межгосударственные стандарты ГОСТ Р/ГОСТ) предписывают использование исключительно L(+)-изомера натурального происхождения в виноделии и смежных отраслях.

Объекты и методы исследования

Проведен информационно-аналитический обзор научной литературы и нормативной документации по теме исследования с использованием баз данных PubMed, Scopus, Web of Science, eLIBRARY.RU, Pubchem и поисковых систем Google, Yandex. Используются

ключевые слова и их комбинации: винная кислота, D(–)-винная кислота, L(+)-винная кислота, tartaric acid isomers, D-tartaric acid, виноградная кислота, винный камень, L-tartaric acid, metabolism, toxicity, winemaking regulations, ГОСТ винная кислота, ОИВ винная кислота. Хронологический охват публикаций составил период 1925–2025 гг., с акцентом на самые современные исследования.

Результаты и их обсуждение

Нормативная документация. *Межгосударственный стандарт ГОСТ 21205-2024.* Дата введения стандарта – 01.12.2025 г.; взамен ГОСТ 21205-83 – согласно протоколу Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации от 31.10.2024 г. № 178-П и приказу Росстандарта от 13.11.2024 г. № 1662-ст.

Настоящий стандарт распространяется на пищевую добавку – кристаллическую винную кислоту L(+)-E334 растительного происхождения (далее — винная кислота L(+)-E334), предназначенную для применения в производстве пищевых продуктов в качестве регулятора кислотности, антиокислителя или вкусоароматического вещества (Ru 08.018, FEMA3044, CAS 133-37-9).

В стандарте представлены сведения о структурной формуле, приведено описание таких характеристик, как растворимость, внешний вид при выработке из винного камня и другого винодельческого сырья, органолептические свойства (внешний вид, цвет, запах, вкус). Нормируются физико-химические показатели – идентификация L(+)-E334, массовая доля основного вещества (не менее 99,5 %), массовая доля золы (не более 0,3 %), массовая доля свободной серной кислоты (не более 0,03 %), массовая доля хлоридов (не более 0,01 %), массовая доля сульфатов (не более 0,2 %), тесты на оксалаты с уксусным кальцием, барий с серной кислотой, ферроцианиды с хлорным железом (выдерживает испытание), угол удельного оптического вращения $[\alpha]^{20}_D$ (от +11,5° до +12,5°). Для оценки происхождения нормируется изотопный состав углерода $^{13}C/^{12}C$ ($\delta^{13}C$), который для натуральной L(+)-винной кислоты должен лежать в интервале от –24,0 до –21,0 ‰. Регламентируется содержание тяжелых металлов (ртути, свинца) и мышьяка. Устанавливаются требования к сырью и технологическим вспомогательным средствам для производства L(+)-E334. Допустимым является сырье растительного происхождения, в т. ч. жидкие и твердые отходы виноделия, а также аналогичное сырье растительного происхождения, обеспечивающее получение винной кислоты L(+)-E334 в соответствии с требованиями стандарта. Под аналогичным сырьем подразумеваются другие богатые тартратами плоды, такие как тамаринд или плоды баобаба, использование которых должно быть документально подтверждено. Для получения L(+)-винной кислоты запрещается использование углеводородного сырья, в т. ч. угля, нефти и продуктов

ее переработки, а также продуктов химического и нефтехимического синтеза – малеинового ангидрида, бензола, бутана, эпoxисукцинатов и др. В стандарте устанавливаются требования к упаковке, маркировке, приемке, транспортированию и хранению. Требования безопасности относят L(+) E334 к умеренно опасным веществам – третьему классу опасности. Массовую долю винной кислоты определяют методом алкалиметрического титрования (титрант – гидроокись натрия 1 моль/дм³, индикатор – фенолфталеин).

Технический регламент Таможенного союза 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств». Документ устанавливает единые обязательные для применения и исполнения требования к пищевым добавкам, ароматизаторам и технологическим средствам, а также их содержанию в пищевой продукции, обеспечивая свободное перемещение указанных веществ.

L(+)-Винная кислота (индекс E334) входит в перечень пищевых добавок, разрешенных для применения при производстве пищевой продукции в качестве регулятора кислотности и антиокислителя. Регламентируются гигиенические нормативы применения винной кислоты (E334) и тартратов калия (E336), кальция (E354), натрия (E335), натрия-калия (E337). В документе приведены требования безопасности и критерии чистоты пищевых добавок. В них указаны индекс (E334), название добавки (Винная кислота, L(+)- (TARTARIC ACID, L(+)-), технологические функции (регулятор кислотности, антиокислитель), содержание основного вещества (не нормируется), токсичных элементов, таких как мышьяк (не более 1 мг/кг), свинец (не более 1 мг/кг), ртуть (не более 1 мг/кг), кадмий (не нормируется). Отсутствие нормы по кадмию объясняется тем, что его присутствие в растительном сырье для получения винной кислоты маловероятно, однако контроль этого элемента может осуществляться по общим требованиям к содержанию токсичных элементов в пищевых добавках. Регламентируется максимальный уровень содержания винной кислоты в готовых к употреблению продуктах – для бисквитов и сухариков, предназначенных для здоровых детей первого года жизни и для питания детей в возрасте от года до трех лет, установлено остаточное количество не более 500 мг/кг. Устанавливается максимальный уровень винной кислоты в ряде пищевых продуктов (продукты из какао и шоколада, фруктовые соки и др.).

Международный винодельческий кодекс и монография CODEX-1-TARAC OIV. В данных документах приводится описание и контроль качества L(+)-винной кислоты. Согласно определению монографии OIV – это натуральная кислота, получаемая из винограда и используемая для подкисления суслу и вина в условиях, предусмотренных регламентом. Кодекс рекомендует указывать в маркировке L(+)-винной кислоты ее наименование (L-винная кислота или L(+)-

винная кислота) и чистоту (более 99,5 %). Приведены сведения о физических свойствах (описание кристаллов винной кислоты, цвет, вкус), растворимости в воде, этиловом спирте, глицерине, этиловом эфире, а также оптической активности (угол вращения $[\alpha]^{20D}$ от +11,5 до +12,5°). Представлены показатели подлинности – кислая реакция среды 1 % раствора L(+)-винной кислоты в присутствии метилового оранжевого; фиолетовое окрашивание с сульфореорциновым реактивом в присутствии концентрированной серной кислоты; образование кристаллизованного осадка с ацетатом калия; проба с хлороформом или дихлорметаном, позволяющая отличить винную кислоту от лимонной (как примеси). Цветная реакция с сульфореорцином является специфичной для винной кислоты, т. к. основана на образовании фурфурола при ее дегидратации серной кислотой с последующей конденсацией с реагентом. Приводятся необходимые испытания на присутствие посторонних примесей, сульфатной золь, хлоридов, сульфатов, лимонной кислоты, щавелевой кислоты и бария, а также на содержание металлов – железа (менее 10 мг/кг), свинца (менее 5 мг/кг), ртути (менее 1 мг/кг), мышьяка (менее 3 мг/кг). Количественное определение L(+)-винной кислоты рекомендуется проводить методом алкалиметрического титрования (титрант – 1 М натрия гидроксид, индикатор – фенолфталеин). Регламентирован порядок хранения L(+)-винной кислоты¹. Монография предписывает хранить кислоту в хорошо закрытой таре, в сухом и прохладном месте, что предотвращает как поглощение влаги и слеживание, так и возможное поверхностное окисление.

Технический регламент Евразийского экономического союза 047/2018 «О безопасности алкогольной продукции». Данный регламент служит основополагающим документом, обеспечивающим единство обязательных для исполнения требований на всем рынке ЕАЭС и направленным на защиту жизни и здоровья потребителей. Он устанавливает требования к алкогольной продукции и сопутствующим в ее обращении процедурам (реализация, утилизация, хранение и т. д.). Винная кислота входит в перечень технологических средств, разрешенных для производства винодельческой продукции. Она применяется для подкисления с целью повышения кислотности вина не более чем на 2,5 г/дм³ в пересчете на винную кислоту, а также для кислотопонижения (наряду с нейтральным тартратом калия, тартратом кальция, карбонатом кальция, который может содержать незначительное количество двойной соли кальция L(+)-винной кислоты и L(-)-яблочной кислоты, однородного тонкодиспергированного препарата винной кислоты и карбоната кальция в различных пропорциях). Установление предельной величины подкисления (2,5 г/дм³) продиктовано

¹ International Oenological codex. URL: <https://www.oiv.int/public/medias/4084/e-coei-1-ltarac.pdf> (дата обращения 23.10.2025).

необходимостью сохранения типичности вина и предотвращения злоупотреблений, которые могут маскировать дефекты сырья или технологические ошибки. Для обработки винодельческой продукции с целью стабилизации к помутнениям рекомендованы метавинная кислота и DL-винная кислота (рацемическая кислота) или ее нейтральная соль калия для осаждения избытка кальция.

Делегированный регламент Комиссии (ЕС) 2019/934.

Данный документ дополняет Регламент (ЕС) № 1308/2013 Европейского парламента и Совета в отношении винодельческих районов, где может быть увеличена крепость алкоголя, разрешенных энологических практик и ограничений, применяемых к производству и консервированию продуктов из винограда, а также минимального процентного содержания алкоголя в побочных продуктах и их утилизации. В регламенте установлены условия и ограничения использования для винной кислоты. Для подкисления винная кислота может использоваться только для продуктов, которые получены из винограда сортов Эльблинг и Рислинг, выращенного и собранного в Германии в винодельческой зоне А. L(+)-Винная кислота должна иметь сельскохозяйственное происхождение и быть извлечена непосредственно из винограда и / или продуктов его переработки (например из винодельческой продукции). Таким образом, термин «сельскохозяйственное происхождение» юридически закрепляет запрет на использование кислоты, полученной путем химического и биотехнологического синтеза из ископаемого сырья, даже если она представляет собой чистый L(+)-энантиомер. Регламент устанавливает, что такие производные L(+)-винной кислоты, как тартрат кальция, тартрат калия, метавинная кислота должны иметь сельскохозяйственное происхождение. DL-Винная кислота или ее нейтральная калиевая соль могут применяться только для осаждения избытков кальция. При этом использование DL-винной кислоты допускается только под наблюдением энолога или техника, официально утвержденного органами власти государства-члена Европейского Союза².

Регламент Комиссии (ЕС) № 231/2012. Данный регламент устанавливает спецификации для всех пищевых добавок, разрешенных в Европейском Союзе, обеспечивая единый стандарт качества и безопасности на общем рынке. Спецификация для E334 L(+)-винной кислоты (или же винной кислоты) представлена в разделах «Определение», «Описание», «Идентификация», «Чистота». Раздел «Определение» включает в себя идентификатор, химическое наименование, химическую формулу, молекулярную массу, содержание соединения (не менее 99,5 % в пересчете на безводную массу). В «Описании» приведена следующая характеристика L(+)-винной кислоты: бесцветное или полупрозрач-

ное кристаллическое твердое вещество или белый кристаллический порошок. Раздел «Идентификация» содержит следующие показатели: диапазон плавления (168–170 °С), тест на тартраты (должен давать положительный результат), удельное вращение ($[\alpha]^{20D}$ от +11,5 до +13,5°). В разделе «Чистота» приводятся параметры: потеря в массе при высушивании (не более 0,5 %), сульфатная зола (не более 1000 мг/кг после прокаливания при 800 ± 25 °С), свинец (не более 2 мг/кг), ртуть (не более 1 мг/кг), оксалаты (не более 100 мг/кг в пересчете на щавелевую кислоту после высушивания)³. Ограничение по оксалатам имеет особое значение, т. к. их повышенное содержание может указывать на некачественную очистку от побочных продуктов или на использование некондиционного сырья.

Свод федеральных правил управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (FDA). Свод федеральных правил FDA устанавливает, что пищевая винная кислота ($C_4H_6O_6$, регистрационный номер CAS 87-69-4) имеет L-конфигурацию. L(+)-Форма винной кислоты в растворе является правовращающей и также известна как L(+)-винная кислота. Винная кислота встречается в виде бесцветных или полупрозрачных кристаллов либо белого кристаллического порошка. Она не имеет запаха и обладает кислым вкусом. Ее получают как побочный продукт при производстве вина.

В своде указано, что L(+)-винная кислота общепризнана безопасным ингредиентом (Generally Recognized As Safe – GRAS) для пищевых продуктов и используется в качестве уплотнителя, усилителя вкуса, ароматизатора, увлажнителя, регулятора кислотности. Статус GRAS означает, что безопасность данного вещества подтверждена либо длительной историей употребления до введения в 1958 г. поправки о пищевых добавках (Food Additives Amendment of 1958), либо результатами научных исследований, и оно может использоваться в соответствии с принципами надлежащей производственной практики (GMP) без установления строгих количественных лимитов для большинства продуктов.

В документе представлена информация об использовании кислот в качестве корригентов свойств соков и вин. С соответствующими ограничениями могут быть добавлены только кислоты, встречающиеся в винограде или других фруктах и ягодах. При использовании другой кислоты или ее формы, не представленной в данном документе, заявителю необходимо предоставить подтверждающие документы, в т. ч. документальное подтверждение от Управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA), подтверждающее соответствие материала требованиям к пищевым добавкам, предусмотренным Федеральным законом о пищевых

² Commission Delegated Regulation (EU) 2019/934 of 12 March 2019. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2019/934/oj/eng (дата обращения 23.10.2025).

³ Commission Regulation (EU) № 231/2012 of 9 March 2012. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012R0231> (дата обращения 23.10.2025).

продуктах, лекарственных и косметических средствах, в количествах, предлагаемых для конкретной обработки^{4,5}.

Технический регламент Таможенного союза 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки». Согласно пункту 4.11 ТР ТС 022/201, для пищевой продукции, полученной с применением ГМО, в т. ч. не содержащей дезоксирибонуклеиновую кислоту (ДНК) и белок, должна быть приведена информация «Генетически модифицированная продукция», или «Продукция, полученная из генно-модифицированных организмов», или «Продукция содержит компоненты генно-модифицированных организмов». В случае, если изготовитель при производстве пищевой продукции не использовал генно-модифицированные организмы, то содержание ГМО в пищевой продукции 0,9 % и менее является случайной или технически неустраняемой примесью, и такая пищевая продукция не относится к продукции, содержащей ГМО. При маркировке такой пищевой продукции сведения о наличии ГМО не указываются. Кроме того, сведения о наличии ГМО не указываются в маркировке пищевой продукции в отношении использованных технологических вспомогательных средств, изготовленных из ГМО или с их использованием, для конкретной предполагаемой обработки.

Получение винной кислоты. Получение L(+)-винной кислоты. Промышленное получение L(+)-винной кислоты основано на ее выделении из природного растительного сырья (например из винограда, отходов виноделия – виноградных выжимок, винного камня, твердых и жидких осадков и др.). Основным источником служит винный камень, представляющий собой кислый тартрат калия, который образуется в виде осадка в процессе производства и выдержки вина. Очищенный осадок обрабатывают соляной кислотой, в результате чего образуется винная кислота, которую далее подвергают очистке активированным углем и перекристаллизации для получения товарного продукта [3].

Эффективность упомянутого метода получения L(+)-винной кислоты и выход продукта напрямую зависят от качества исходного сырья и климатических условий винодельческого региона, которые влияют на накопление тартратов в винограде.

В китайском патенте CN102452932B⁶ описывается многоступенчатый процесс очистки винного камня,

⁴ Code of Federal Regulations. URL: <https://www.ecfr.gov/current/title-21/chapter-I/subchapter-B/part-184/subpart-B/section-184.1099> (дата обращения 28.10.2025).

⁵ Wine treating materials and related regulations. A Rule by the Alcohol and Tobacco Tax and Trade Bureau on 08/24/2022. URL: <https://www.federalregister.gov/documents/2022/08/24/2022-18060/wine-treating-materials-and-related-regulations> (дата обращения 28.10.2025).

⁶ Preparation method for L-(+)-tartaric acid. Chinese patent. CN102452932B. 2011. (In Chinese). URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/41/53/1d/6a34426f32e052/CN102452932B.pdf> (дата обращения 01.11.2025).

включающий ионный обмен (удаление катионов калия, кальция, тяжелых металлов и анионов органических кислоты) и кристаллизацию, с целью получения L(+)-винной кислоты чистоты более 99,8 % и удаления металлических и органических примесей.

Описан способ получения L(+)-винной кислоты, включающий в себя несколько этапов: кислотное экстрагирование винной кислоты в виде битартрата калия, осаждение битартрата калия гидроксидом или хлоридом кальция, очистка полученной суспензии (виннокислой извести) фильтрованием, гидролиз в сильнокислой среде и обработка двух- и трехвалентными гексаацианоферратами калия для связывания железа, концентрирование отфильтрованного раствора L(+)-винной кислоты кристаллизацией [2]. В Российской Федерации запатентован новый способ получения L(+)-винной кислоты из растительного сырья и отходов его переработки (например виноградных выжимок, твердых и жидких осадков, образующихся при изготовлении винодельческой продукции). Способ описан в Евразийском патенте на изобретение № 052507 и содержит ряд современных инновационных технологических решений, применение которых позволяет получить натуральную L(+)-винную кислоту с чистотой не менее 99,5 % и выходом 6 % от количества исходного сырья – отходов винодельческой промышленности⁷.

Химический и биотехнологический синтез не применяется, т. к. приводит к образованию рацемической смеси D- и L-форм и других форм винной кислоты, которые не допустимы для применения в пищевой промышленности.

Получение D(-)-винной кислоты. D(-)-Винная кислота не имеет разрешения для использования в пищевой промышленности (особенно в виноделии) из-за своих метаболических особенностей. Поэтому ее применение крайне ограничено и носит узкоспециализированный, в основном научно-лабораторный и технический характер. D(-)-Винная кислота может использоваться в аналитической химии в качестве хирального стандарта, а также в исследованиях по стереоспецифичности ферментов и в синтезе специальных полимеров.

В отличие от натуральной L(+)-винной кислоты растительного происхождения D(-)-винная кислота почти не встречается в природе и требует целенаправленного синтеза. Основным методом синтетического получения этой формы винной кислоты является двухстадийный процесс, исходящий из малеинового ангидрида, который, в свою очередь, производится путем окисления бензола или бутана – продуктов нефтепереработки. Первая стадия – химический синтез рацемата винной кислоты (например через эпокси-

⁷ Способ получения винной кислоты: пат. 052507 Евраз. пат. орг. / Пиорунский И. Д., Ямалиев Е. Г., Хромов А. В., Колеснов А. Ю., Чупрыненко И. В. и др.; опубл. 16.02.2026. URL: [https://www.eapatis.com/ms.asp?q=:EATXT|4|QV|NONEED\\$EA202590714*ID](https://www.eapatis.com/ms.asp?q=:EATXT|4|QV|NONEED$EA202590714*ID) (дата обращения 23.02.2026)

дирование и последующий гидролиз малеиновой кислоты). Поскольку данный процесс не является стереоспецифичным, он приводит к образованию смеси равных частей D(–)- и L(+)-энантиомеров. Вторая стадия – разделение рацемата. Наиболее исторически значимым методом является биологическое разделение по L. Pasteur [4], при котором микроорганизмы селективно утилизируют L(+)-форму, оставляя чистой D(–)-кислоту. Современные методы предполагают диастереомерное разделение с помощью хиральных аминов. Таким образом, D(–)-винная кислота служит продуктом целенаправленного, многостадийного и более затратного синтеза.

Для получения чистой синтетической L(+)-формы винной кислоты рацемическую смесь необходимо разделить, что является сложным и дорогостоящим процессом, в котором используется ряд небезопасных реагентов. Экономическая неэффективность такого пути усугубляется необходимостью гарантированного удаления следов токсичных катализаторов и органических промежуточных продуктов синтеза, что требует дополнительных ступеней очистки.

В настоящее время ввиду экономической нецелесообразности и неэкологичности данный метод получения винной кислоты не используется в пищевой промышленности.

Метаболизм и токсичность винных кислот.

Экспериментальные исследования на различных видах млекопитающих, включая приматов, демонстрируют фундаментальное различие в метаболизме энантиомеров винной кислоты. При введении L(+)-винной кислоты, меченной радиоактивным изотопом углерода ^{14}C , радиоактивность быстро обнаруживается в выдыхаемом CO_2 , что свидетельствует о ее полном окислении в организме.

Метаболизм L(+)-винной кислоты происходит главным образом в печени и почках, где она последовательно окисляется до диоксида углерода и воды с участием специфических дегидрогеназ, интегрируясь в цикл трикарбоновых кислот или пути глюконеогенеза. D(–)-изомер практически не метаболизируется, более 80 % введенной дозы выводится с мочой в неизменном виде. Данный факт является прямым следствием стереоспецифичности ферментов, которые не способны катализировать реакции с синтетическим D(–)-энантиомером [5].

Основным ферментом, ответственным за начальный этап метаболизма L(+)-формы, выступает D-оксикислотная дегидрогеназа, которая инертна в отношении ее оптического антипода. Таким образом, именно неспособность к метаболизму и последующая нагрузка на выделительную систему представляет собой ключевую причину, по которой D(–)-винная кислота, а также рацемат и мезоформа запрещены к использованию в пищевых продуктах, в то время как натуральная L(+)-форма растительного происхождения признана безопасной.

В заключениях JECFA⁸ указано, что D(–)-винная кислота и мезовинная кислота плохо абсорбируются и выводятся с мочой в неизменном виде. Упоминаются исследования на крысах, где высокие дозы D(–)-изомера вызывали повреждение почек, в то время как L(+)-форма – нет [6].

Фермент, используемый в биотехнологическом способе изомеризации винной кислоты, не обладает высокой селективностью, что приводит к синтезу энантиомера D(–)-винной кислоты. Согласно исследованиям ФАО и ВОЗ, данный изомер абсолютно токсичен, поскольку человеческий организм не способен его усваивать. По оценкам он может накапливаться в почках, вызывая предрасположенность к развитию онкологических заболеваний. Потенциальная канцерогенность связывается не с прямым мутагенным действием, а с хроническим воспалительным процессом и пролиферацией клеток в ответ на постоянное кристаллическое повреждение почечных тканей, что создает условия для злокачественного перерождения⁹.

Ограничения применения синтетической винной кислоты. *Винная кислота, полученная химическим и биотехнологическим синтезом из продуктов переработки нефти, газа и угля.* Существует вероятность присутствия в синтетической L(+)-винной кислоте остаточных количеств промежуточных соединений (циклоэпоксисукцинат, малеинового ангидрида, малеиновой кислоты, фумаровой кислоты, а также производных бензола и бутанола и др.), что недопустимо для веществ, используемых в производстве фармацевтических препаратов и пищевых продуктов, особенно продуктов лечебно-профилактического назначения [7]. Даже следовые количества этих примесей могут вступать в нежелательные реакции с другими компонентами продуктов или лекарств, изменяя их свойства.

Тяжелые металлы в форме солей в качестве катализаторов. В качестве катализаторов при получении синтетической L(+)-винной кислоты используются соли ванадия, молибдена, вольфрама. При производстве содержание данных металлов должно тщательно контролироваться на предмет их отсутствия в конечном продукте ввиду их острой токсичности и канцерогенности^{10,11,12} [8]. Для полного удаления остаточных количеств тяжелых металлов из конечного продукта

⁸ L(+)-tartaric acid. Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). World Health Organization. URL: <https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/Home/Chemical/4746> (дата обращения 01.11.2025).

⁹ L(+)-tartaric acid...

¹⁰ Evaluation of certain food additives // Twenty-first report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9241206179> (дата обращения 01.11.2025).

¹¹ Toxicological Profile for Vanadium. URL: <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp58-p.pdf> (дата обращения 01.11.2025).

¹² Molybdenum in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. URL: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/wash-chemicals/molybdenum.pdf?sfvrsn=d01920eb_4 (дата обращения 01.11.2025).

необходимо введение дополнительных технологических операций и сложного контроля, что увеличивает себестоимость производства и требует наличия высокотехнологичного аналитического оборудования (например масс-спектрометров с индуктивно-связанной плазмой).

Наличие ГМО. Производственный процесс в комбинированном способе получения синтетической L(+)-винной кислоты основан на использовании генетически модифицированного микроорганизма *Rhodococcus ruber*, иммобилизующего ключевой фермент, что вызывает дополнительные вопросы биобезопасности и регулирования, снижает уровень общественного доверия к продукции и может отвергаться потребителями, воздерживающимися от покупки продуктов, связанных с ГМО¹³. Также существуют потенциальные риски, связанные с возможной контаминацией производственных мощностей генетически модифицированными штаммами.

Методы анализа стереоизомерного состава винной кислоты без исследования ее происхождения. Анализ стереоизомерного состава винной кислоты требует применения особых подходов. Основная проблема заключается в том, что D(-) и L(+) формы обладают схожими физико-химическими свойствами в ахиральных условиях, что делает невозможным их прямое разделение стандартными хроматографическими методами, включая традиционную высокоэффективную жидкостную хроматографию (ВЭЖХ), которые не различают энантиомеры. Для решения этой задачи требуются специализированные методики, основанные на взаимодействии с хиральной средой. Селективность этих методов достигается за счет создания временных диастереомерных комплексов «аналит-селектор», которые обладают разной энергией стабилизации и, как следствие, разной скоростью миграции или удерживания в системе.

Поляриметрия. Метод основан на измерении угла вращения плоскости поляризованного света раствором исследуемого вещества. L(+)-Винная кислота является правовращающей. Определяется показатель удельного вращения $[\alpha]$ – для чистой L(+)-винной кислоты он составляет от +12 до +14° (конкретное значение зависит от концентрации, температуры и длины волны света). Значение близкое к 0° будет указывать на признак примеси рацемата (смеси D- и L-форм, которая оптически неактивна). Поляриметрия является преимущественно качественным и полуколичественным методом. Для точного количественного определения содержания D(-)-изомера в L(+)-винной кислоте необходимы более селективные методы. Несмотря на ограничения, поляриметрия остается важным экспрес-

методом входного контроля сырья в пищевой промышленности, позволяющим быстро выявить грубые отклонения от требуемой хиральной чистоты.

Хиральная высокоэффективная жидкостная хроматография (Хиральная ВЭЖХ). В качестве перспективного метода для количественного определения стереоизомеров винной кислоты может рассматриваться хиральная ВЭЖХ. Большинство хиральных разделений с помощью ВЭЖХ осуществляется путем прямого разделения с использованием хиральной неподвижной фазы (ХНФ). В этом методе хиральный разделяющий агент связывается или иммобилизуется на подходящем носителе для создания ХНФ, а энантиомеры разделяются путем образования временных диастереомерных комплексов между аналитом и неподвижной фазой. В последнее десятилетие фокус исследований в области хиральной ВЭЖХ сместился с поиска новых ХНФ на улучшение существующих [9]. Наибольшей эффективностью для разделения энантиомеров карбоновых кислот, включая винную, обладают фазы на основе макролидных антибиотиков (например тейкопланина), циклодекстринов и производных хинина [10, 11]. Ключевыми оптимизируемыми параметрами являются состав и pH элюента, поскольку они напрямую влияют на степень ионизации кислоты и механизм хирального узнавания.

Лигандобменный капиллярный электрофорез. Капиллярный электрофорез с использованием хиральных селекторов представляет собой высокоэффективный аналитический метод разделения энантиомеров, основанный на дифференциации их электрофоретической подвижности в условиях образования диастереомерных ассоциатов. Лигандобменный вариант данного метода основан на образовании координационных связей между энантиомером, центральным ионом металла и хиральным лигандом. D- и L-формы аналита образуют комплексы с различной пространственной геометрией и, следовательно, с разной константой устойчивости (K). В качестве хиральных лигандов могут использоваться аминокислоты (например L-гистидин) или органические кислоты (например D-хинная кислота) [12]. Как центральный ион металла чаще всего используется медь (II), реже цинк (II) или никель (II). Метод отличается высокой эффективностью (большим числом теоретических тарелок), малым расходом хирального селектора и возможностью быстрой оптимизации разделения за счет изменения состава фонового электролита. Его главным преимуществом является возможность разделения не только D- и L-форм, но и мезовинной кислоты в одном аналитическом акте, что делает метод особенно ценным для полного стереохимического анализа.

Методы исследования происхождения винной кислоты. Определение отношения изотопов $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ и $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ в L(+)-винной кислоте методом IRMS/SIRA-масс-спектрометрии изотопных отношений. Данный метод предлагается к использованию

¹³ Tartaric acid, benzene in the dish or toothpaste? Paolo De Castro seeks clarification from the European Commission. URL: <https://www.foodtimes.eu/planet/tartaric-acid-benzene-in-the-dish-or-toothpaste-paolo-de-castro-seeks-clarification-from-the-european-commission/> (дата обращения 10.11.2025).

для определения происхождения L(+)-винной кислоты, содержащейся как в составе чистых коммерческих препаратов, находящихся в продаже, так и в винах после их соответствующей пробоподготовки. Метод основан на измерении отношения стабильных изотопов углерода и кислорода, при этом данные по изотопному составу углерода являются определяющими для интерпретации результатов и оценке происхождения винной кислоты. В методе используется масс-спектрометр для измерения изотопных отношений (IRMS), соединенный с элементным анализатором (EA) и пиролизатором (P), путем измерения ионных токов. В качестве нормативной основы в виде прикладного решения могут быть использованы методы, установленные в межгосударственном стандарте ГОСТ 21205-2024, а также официальный метод Международной межправительственной организации по виноградарству и виноделию OIV, закрепленный в резолюции OIV-OENO 691-2025¹⁴, принятой на 23 Генеральной ассамблее OIV, состоявшейся 20.06.2025 г. в Кишиневе (Республика Молдова). Российская Федерация как постоянный член OIV поддержала принятие данной резолюции и, соответственно, утверждение метода для применения в мировом виноградарстве и виноделии, в т.ч. в странах-членах OIV. Для проведения точных измерений необходимы эталонные материалы с сертифицированными изотопными соотношениями, а также тщательная калибровка оборудования. Интерпретация результатов основывается на сравнении полученных изотопных «отпечатков» ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) с базами данных эталонных образцов природной кислоты из различных регионов.

Выводы

Контроль качества и безопасности L(+)-винной кислоты (пищевая добавка E334) в виноделии регулируется на международном, межгосударственном и национальном уровнях. Согласно действующим документам, которые устанавливают требования к качеству, в т.ч. по изотопному составу углерода, разрешается использовать для подкисления вин исключительно пищевую добавку E334 – L(+)-винную кислоту, полученную из растительного сырья, например из винограда и продуктов его переработки – виноградные выжимки, винный камень, твердые и жидкие осадки). Основные требования к качеству натуральной L(+)-винной кислоты приведены в межгосударственном стандарте ГОСТ 21205-2024 «Добавки пищевые. Кислота винная L(+) E334. Технические условия». Данный стандарт включен в проект перечня стандартов, предназначенных для обеспечения применения ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомо-

гательных средств», а также используется в качестве нормативной ссылки для определения требования к пищевым добавкам, применяемым для изготовления пищевой продукции. Так например, в межгосударственном стандарте ГОСТ 33336-2015 «Вина игристые. Общие технические условия» и ряде других стандартах применяемая винная кислота должна соответствовать ГОСТ 21205.

Установленные требования обусловлены рядом рисков применения синтетических D(-)- и L(+)-форм винной кислоты: неусвояемостью организмом человека, возможным присутствием примесей катализаторов (тяжелых металлов), промежуточных продуктов синтеза и использованием генетически модифицированных организмов. Совокупность этих факторов убедительно демонстрирует, что синтетический путь получения винной кислоты несет неприемлемые риски для здоровья человека и уступает по безопасности традиционному природному источнику. В настоящее время в контроле качества винных кислот используются как классические (поляриметрия, алкалометрическое титрование), так и современные перспективные инструментальные методы анализа (лигандообменный капиллярный электрофорез, хиральная ВЭЖХ). Для определения происхождения винной кислоты используются методы, основанные на исследовании стабильных изотопов легких элементов (например IRMS / SIRA масс-спектрометрии изотопных отношений). Для решения данной задачи также может быть использована спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР) ядер протонов ^1H , дейтерия ^2H (D) и углерода ^{13}C , которая обладает практически неограниченным аналитическим потенциалом. Таким образом, современная регуляторная и аналитическая база создает надежный барьер для фальсификации, защищая как здоровье потребителей, так и репутацию винодельческой отрасли.

Критерии авторства

Д. О. Боков – постановка научной гипотезы, формулирование цели, проведение литературного обзора и подготовка статьи. В. В. Бессонов – осуществление общего руководства исследованием. А. Ю. Колеснов – редактирование статьи и формулирование выводов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

D.O. Bokov developed the scientific hypothesis, formulated the objective, conducted the review, and wrote the manuscript. V.V. Bessonov supervised the study. A.Yu. Kolesnov proofread the manuscript and formulated the conclusions.

Conflict of interest

The authors state that there is no conflict of interest.

¹⁴ Резолюция OIV-OENO 691-2025. Определение отношения изотопов $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ и $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ в L(+)-винной кислоте методом масс-спектрометрии изотопных отношений. URL: <https://www.oiv.int/ru/node/4092/download/pdf> (дата обращения 15.11.2025).

Список литературы / References

1. Gutler JB, Mai TL. Preservatives. Traditional Preservatives – Organic Acids. *Encyclopedia of Food Microbiology*. 2014;2:119–130. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00260-3>
2. Хромов А. В., Корчагин В. В., Колеснов А. Ю., Ламердонова Ф. Х., Цимбалаев С. Р. и др. Проблемы выделения L-(+)-винной кислоты из винограда: материалы XIII Междунар. науч. конференции со школой молодых ученых «Химия и технология растительных веществ». Киров, 2024. Т. 1. С. 210. [Khromov AV, Korchagin VV, Kolesnov AY, Lamerdonova FK, Tsimbalaev SR, *et al.* Isolating L-(+)-tartaric acid from grapes. *Proceedings of the XIII International Scientific Conference and the School of Young Scientists for Chemistry and Technology of Plant Substances*. Kirov, 2024;1:210. (In Russ.)]
3. Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry. Weinheim: Wiley-VCH; 2011. 29456 p.
4. Pasteur L. *Researches on the molecular asymmetry of natural organic products*. Edinburgh: The Alembic Club; 1860. 56 p.
5. Eliel EL. *Stereochemistry of Organic Compounds*. New York: Wiley & Sons; 1994. 1267 p.
6. Gry J, Larsen LC. Metabolism of L(+)- and D(-)-tartaric acids in different animal species. *Toxicological Aspects of Food Safety*. 1977; Copenhagen. Heidelberg: Springer-Verlag; 1978. p. 351–353.
7. Хромов А. В., Корчагин В. В., Колеснов А. Ю., Ламердонова Ф. Х., Цимбалаев С. Р. и др. Оптические свойства L(+)-винной кислоты из винограда с учетом особенностей ее выделения и очистки. *Виноградарство и виноделие*. 2024. Т. 53. С. 73–76. [Khromov AV, Korchagin VV, Kolesnov AY, Lamerdonova FK, Tsimbalaev SR, *et al.* Optical properties of L(+)-tartaric acid from grapes taking into account the features of its isolation and purification. *Viticulture and Winemaking*. 2024;53:73–76. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/ZSTWJS>
8. Du H, Yu X, Yang T, Lu L, Sun J, *et al.* Unveiling the dark side of tungsten: A comprehensive review of its toxicity. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2025;301:118505. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2025.118505>
9. Ward KD, Bravenec AD, Ward TJ. Chiral separations by high-performance liquid chromatography. *Encyclopedia of Analytical Chemistry*. 2019;1–23. <https://doi.org/10.1002/9780470027318.a5905.pub3>
10. Armstrong DW, Tang Y, Chen S, Zhou Y, Bagwill C, *et al.* Macrocyclic antibiotics as a new class of chiral selectors for liquid chromatography. *Analytical Chemistry*. 1994;66(9):1473–1484. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2025.118505>
11. Berthod A, Qiu HX, Staroverov SM, Kuznestov MA, Armstrong DW. Chiral recognition mechanisms in enantiomers separations: A general view. *Chiral Recognition in Separation Methods: Mechanisms and Applications*. 2010;203–223. https://doi.org/10.1007/978-3-642-12445-7_1
12. Kodama S, Yamamoto A, Matsunaga A, Hayakawa K. Direct chiral resolution of tartaric acid in food products by ligand exchange capillary electrophoresis using copper (II)-d-quinic acid as a chiral selector. *Journal of Chromatography A*. 2001;932(1–2):139–143. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)01228-6](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)01228-6)

Дополнительная информация об авторах / Additional information about the authors

Боков Дмитрий Олегович / Dmitry O. Vokov ORCID 0000-0003-2968-2466; eLIBRARY SPIN 7523-5909
Бессонов Владимир Владимирович / Vladimir V. Bessonov ORCID 0000-0002-3587-5347; eLIBRARY SPIN 2528-5383
Колеснов Александр Юрьевич / Alexander Yu. Kolesnov ORCID 0000-0003-2834-6225; eLIBRARY SPIN 6418-1500