ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-4-2546
https://elibrary.ru/CTFENE

Оригинальная статья
https://fptt.ru

Мониторинг подлинности и качества концентрированного виноградного сусла

Н. В. Гниломедова*, А. В. Весютова, Н. С. Аникина, М. В. Ермихина, В. А. Олейникова

Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН, Ялта, Россия

Поступила в редакцию: 12.03.2024
Принята после рецензирования: 18.04.2024
Принята к публикации: 07.05.2024

**Н. В. Гниломедова: 231462@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-1784-2370*
А. В. Весютова: https://orcid.org/0000-0003-3815-5756
Н. С. Аникина: https://orcid.org/0000-0001-5682-3426
М. В. Ермихина: https://orcid.org/0000-0001-6457-2129
В. А. Олейникова: https://orcid.org/0000-0002-0252-8904

© Н. В. Гниломедова, А. В. Весютова, Н. С. Аникина, М. В. Ермихина, В. А. Олейникова, 2024

Аннотация.
В российском виноделии разрешено применение концентрированного виноградного сусла, подделка которого является острой проблемой, что в значительной мере обусловлено его дефицитом на рынке. Цель работы заключалась в разработке комплексной системы оценки качества концентрированного виноградного сусла для исключения фальсификации и дестабилизации полусухих и полусладких вин.
Объектами исследования являлись свежее и концентрированное виноградное сусло, коммерческие препараты концентрированного виноградного сусла из винограда белых сортов, сахарный и глюкозно-фруктозный сиропы. Всего исследовано 446 образцов. Профиль органических кислот и сахаров определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Виноматериалы после внесения аутентичного концентрированного виноградного сусла испытывали на склонность к коллоидным помутнениям и кристаллической дестабилизации.
Установили, что аутентичные образцы сохраняют «отпечаток» химического состава виноградной ягоды, о чем свидетельствуют маркеры подлинности: pH, содержание дисахаридов, винной и яблочной кислот, глюкозо-фруктозный индекс. В подделках значения маркеров выходят за установленные пределы. Из 179 проанализированных образцов коммерческих препаратов выявили 21 % случаев смешивания аутентичного сусла с различными продуктами, 9 % – подмены сиропами и 1 % – концентрированным яблочным соком. Показали, что после внесения подлинного концентрированного сусла в виноматериалы проявилась склонность к коллоидным помутнениям – 17 %, кристаллической дестабилизации – 13 %, комплексной дестабилизации – 13 %. Это обусловлено недостаточно качественной подготовкой свежего виноградного сусла перед вакуумированием, что приводит к увеличению содержания высокомолекулярных компонентов, а также тартрат-анионов и катионов калия в концентрированном продукте.
Предложили поэтапную оценку качества концентрированного виноградного сусла для обеспечения аутентичности и розливостойкости вин: I – подтверждение виноградного происхождения образца; II – оценка влияния подлинного продукта на коллоидную и кристаллическую стабильность вина и принятие адекватных технологических решений.

Ключевые слова. Виноград, географическое происхождение, фальсификация, подлинность вина, глюкозно-фруктозный сироп, коллоидные помутнения, кристаллическая дестабилизация

Для цитирования: Мониторинг подлинности и качества концентрированного виноградного сусла / Н. В. Гниломедова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2024. Т. 54. № 4. С. 794–806. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-4-2546

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-4-2546
https://elibrary.ru/CTFENE

Original article
Available online at https://fptt.ru/en

Monitoring Authenticity and Quality of Concentrated Grape Must

Nonna V. Gnilomedova*, Antonina V. Vesyutova, Nadezhda S. Anikina, Marianna V. Ermikhina, Veronica A. Oleinikova

All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking "Magarach" of RAS, Yalta, Russia

Received: 12.03.2024
Revised: 18.04.2024
Accepted: 07.05.2024

**Nonna V. Gnilomedova: 231462@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-1784-2370*
Antonina V. Vesyutova: https://orcid.org/0000-0003-3815-5756
Nadezhda S. Anikina: https://orcid.org/0000-0001-5682-3426
Marianna V. Ermikhina: https://orcid.org/0000-0001-6457-2129
Veronica A. Oleinikova: https://orcid.org/0000-0002-0252-8904

© N.V. Gnilomedova, A.V. Vesyutova, N.S. Anikina, M.V. Ermikhina, V.A. Oleinikova, 2024

Abstract.
The Russian wine industry permits the use of concentrated grape must. Due to its shortage on the market, it often becomes subject to adulteration. The article introduces a comprehensive system for assessing the quality of concentrated grape must that prevents adulteration of semi-dry and semi-sweet wines.
The research featured 446 samples of fresh and concentrated grape must, commercial preparations of concentrated white grape must, and sugar or glucose-fructose syrups. The method of high-performance liquid chromatography made it possible to identify the profile of organic acids and sugars. After introducing authentic concentrated grape must, the samples were tested for colloidal turbidity and crystalline destabilization.
The authentic samples retained the chemical composition of the original grape variety, as evidenced by such authenticity markers as pH, disaccharide content, tartaric and malic acids, and glucose-fructose index. In the adulterate samples, these values did not fit the standard limits. The experiment involved 179 samples of commercial preparations: 21% proved to be mixes of authentic must with other products; 9% proved to be syrup substitutes, and 1% was concentrated apple juice. Authentic concentrated must aggravated the trend to colloidal opacity (17%) and crystalline destabilization (13%); a combination of both trends occurred in 13%. Low-quality preparation of fresh grape must before vacuuming increased the content of high-molecular components, tartrate anions, and potassium cations in the concentrated product.
The following two-step assessment of concentrated grape must quality made it possible to adopt a rational technological solution: I – confirming the grape origin; II – assessing the effect of the authentic product on the colloidal and crystalline stability of wine. This protocol demonstrated a good potential for ensuring the authenticity and bottling stability of semi-dry and semi-sweet wines.

Keywords. Grape, geographical origin, adulteration, authenticity, glucose-fructose syrup, colloidal haze, crystalline destabilization

For citation: Gnilomedova NV, Vesyutova AV, Anikina NS, Ermikhina MV, Oleinikova VA. Monitoring Authenticity and Quality of Concentrated Grape Must. Food Processing: Techniques and Technology. 2024;54(4):794–806. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-4-2546

Введение

В России за последние годы повысился интерес потребителей к сухим винам, при этом доля реализуемых полусухих и полусладких вин по-прежнему высока. При производстве такой продукции законодательно разрешено применять концентрированное виноградное сусло, причем с 27.06.2023 для вин России допускается продукт, выработанный исключительно из отечественного винограда (Федеральный закон № 468 «О виноградарстве и виноделии в Российской Федерации» от 27.12.2019 (№ 345–ФЗ в ред. от 02.07.2021)). До вступления в силу ФЗ № 468 в разные периоды времени данный вид продукта именовался «сусло виноградное концентрированное», «вакуум-сусло» или «концентрированный виноградный сок» в соответствии с нормативно-технической документацией, действующей на момент проведения исследований.

На сегодняшний день серьезная проблема виноделов заключается в отсутствии достаточных технических возможностей производства (оборудование для вымораживания, вакуумирования либо обработки обратным

осмосом свежего сусла) и достаточного количества сырья для обеспечения необходимого выпуска полусухих и полусладких вин, что может привести к сокращению объемов реализации данного вида винодельческой продукции. Переориентация отрасли на продукт российского производства требует большего периода, чем заложено в ФЗ № 468 – 7 лет со дня вступления в силу (27.12.2019), т. к. необходимы этапы увеличения площадей плодоносящих виноградников, переход на импортозамещение с разработкой отечественного оборудования и комплектующих, а также налаживание процесса концентрирования в соответствии с технологическим потенциалом каждого изготовителя.

Вынужденность винопроизводителей заготавливать в сезон уборки урожая концентрированное сусло для дальнейшего его использования в течение года без должной предварительной отработки режимов и параметров концентрирования может приводить к технологическим проблемам. Неподготовленное свежее сусло при концентрировании привносит в виноматериал значительное количество высокомолекулярных веществ, винной кислоты и катионов калия и кальция, а также клетки микроорганизмов. Добавка такого продукта в виноматериалы, в случае отсутствия либо недостаточно эффективной дальнейшей их обработки перед розливом, повышает риск дестабилизации готовой продукции (развитие коллоидного и/или микробиального помутнений, формирование кристаллического осадка) [1].

В современном мире вопрос безопасности и контроля качества пищевых продуктов стоит весьма остро, что отмечается в исследованиях, посвященных способам выявления их фальсификации. К решению данной проблемы активно подключаются специалисты в области пищевой и аналитической химии, в задачи которых входит поиск маркеров, подтверждающих аутентичность различных продуктов. В частности, проблемой является фальсификация концентрированного виноградного сусла, что в значительной мере обусловлено его дефицитом на рынке. Актуальность выявления фальсификации соков касается не только виноградной продукции, подмена различными дешевыми сиропами и подсластителями, например яблочного концентрата, гранатового, апельсинового и манговых соков, весьма актуальна для соковой промышленности, острота данной проблемы отмечена в многочисленных исследованиях [2–6].

Учитывая характерные особенности профиля органических кислот и сахаров в плодах различных ботанических видов, указанные вещества возможно применять как критерии для дифференциации продукции [7–10]. В качестве дискриминирующих факторов предлагаются такие показатели, как содержание винной кислоты, соотношение содержания яблочной и лимонной кислот; содержание глюкозы, фруктозы, сорбита, сахарозы, мальтозы и соотношение содержания глюкозы и фруктозы.

Показано, что наиболее частым видом подделки является частичная или полная подмена виноградной основы на сахарный или глюкозно-фруктозный сиропы, зачастую с добавлением колера и ароматизатора. Такие виды сиропов широко распространены и все больше востребованы в пищевой промышленности [5, 6, 9–11], в том числе глюкозно-фруктозный сироп, который используется для приготовления алкогольных напитков виноградного происхождения [12].

Глюкозно-фруктозные сиропы производятся на основе зернового сырья путем выделения крахмальной фракции, которая затем подвергается ферментному или кислотному осахариванию. Путем управления этим процессом можно получать углеводный состав готового продукта с желаемым содержанием моносахаридов, наиболее распространенный вариант – содержание глюкозы порядка 58–66 % и фруктозы – 42–44 % [10]. Безопасность для здоровья и низкая себестоимость сиропов (на 10–40 % ниже, чем белого сахара) делает их все более востребованными в пищевой промышленности. Существует такой продукт, как высокофруктозный сироп, в котором содержание фруктозы достигает 90–95 %, однако он имеет значительно более высокую стоимость, что ограничивает широкое применение [10].

Для оценки качества фруктов и соковой продукции широко применяется метод высокоэффективной жидкостной хроматографии, позволяющий получить подробную характеристику состава и точного количественного содержания органических кислот и сахаров в объекте исследования [2, 13–18]. Высокоэффективная жидкостная хроматография является официальным методом определения глюкозы, фруктозы и сахарозы в соковой продукции согласно международным требованиям (Food and Agriculture Organization of the United Nations. Codex general standard for fruit juices and nectars (CODEX STAN 247-2005)).

Информация, представленная в литературе, свидетельствует, что доля различных органических кислот в их общем содержании существенно разнится в зависимости от ботанической принадлежности фруктов. Винная кислота в значительном количестве обнаружена только в виноградном соке, ее доля составляет 58–90 %; яблочная кислота является доминирующей в яблочном (70–88 %) и черешневом (97–98 %) соках; лимонная кислота преобладает в соках клубники и черники (62–84 и 73–90 % соответственно).

Профиль сахаров имеет видоспецифические особенности, в виноградном соке в сумме сахаров преобладают глюкоза и фруктоза [7, 16, 19]. По данным H. X. Zhong и др., содержание глюкозы в винограде 18 сортов колебалось в пределах 42–47 %, а фруктозы – 43–51 % [20]. Сахароза в винограде не диагностируется либо содержится в следовом количестве, однако в других плодах она может быть доминирующим сахаром, например, в персиковом соке на ее долю приходится 59–77 % от общего содержания сахаров [7, 8, 15, 21].

Существуют маркеры, которые не относятся к углеводам. Для обнаружения добавления яблочного сока в виноградный некоторые авторы предлагают устанавливать по содержанию флоризина и сорбита веществ, не синтезируемых в виноградной ягоде [14].

Содержание глюкозы и фруктозы и их расчетное соотношение предложено для характеристики винограда более полувека назад [22, 23]. Было показано, что значение соотношения глюкоза:фруктоза находится в диапазоне от 0,74 до 1,05 (в среднем 0,94 для раннего и 0,85 для позднего сбора урожая); по другим исследованиям – 0,80–1,12, однако на тот период времени показатель не нашел широкого применения в виноградарстве и виноделии [22, 23]. С развитием технических возможностей в области аналитики пищевых продуктов к данному показателю возобновляется интерес для характеристики различных плодов и ягод, в том числе как к критерию подлинности при идентификации соков по ботаническому происхождению [8, 15].

Помимо веществ углеводного комплекса, маркерами виноградного происхождения продуктов являются органические кислоты. Так, значимое количество винной кислоты из всех плодов накапливается только в ягодах винограда, и она остается доминирующим компонентом кислотного комплекса в винах [24–27]. Содержание данной кислоты в значительной степени зависит от сортовых особенностей винограда, климатических условий региона выращивания и стадии зрелости [25]. Отсутствие либо очень низкое количество винной кислоты свидетельствует о подделке продукта. Исключение составляет концентрированное ректификованное виноградное сусло. Этот продукт получают путем удаления из сусла катионов, анионов и фенольных соединений с помощью ионообменных смол и последующего концентрирования методом вакуумирования. Содержание растворимых сухих веществ находится на уровне 68–70 °Brix, включает смесь глюкозы, фруктозы и микроэлементов [21].

Учитывая, что сиропы и некоторые фруктовые соки дешевле виноградного концентрированного сусла, недобросовестные производители активно используют наименование данной торговой позиции. Винопроизводителям следует помнить, что, согласно ФЗ № 468, использование продукта невиноградного происхождения для достижения кондиций по содержанию сахаров в процессе изготовления вин автоматически переводит их в разряд фальсификатов.

Таким образом, оценка аутентичности и качества закупаемого концентрированного сусла и сусла собственного производства является достаточно актуальным вопросом в области управления процессами в виноделии.

Цель данной работы заключается в разработке комплексной системы оценки качества концентрированного виноградного сусла для исключения фальсификации и дестабилизации полусухих и полусладких вин.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись свежее и концентрированное виноградное сусло и сахарный сироп, полученные в лабораторных условиях; коммерческие препараты концентрированного виноградного сусла из винограда белых сортов (страна производства: Аргентина, Германия, Греция, Италия, Испания, Иран, Молдова, Россия, Турция, Узбекистан, Украина, Уругвай, Чили), предоставленные винопроизводителями для научных исследований. Всего было проанализировано 446 образцов различных продуктов виноградного и невиноградного происхождения. Исследования проводились в 2013–2023 гг. на базе лаборатории химии и биохимии вина Всероссийского национального научно-исследовательского института виноградарства и виноделия «Магарач» РАН.

Для исследования показателей, характерных для аутентичного сусла, отбирали среднюю пробу ягод винограда белых технических сортов, произрастающих в Крыму. Ягоды отделяли от гребней и измельчали в гомогенизаторе, для отделения сусла полученную мезгу отпрессовывали через тканевой фильтр. Определение физико-химических показателей в сусле проводили после его предварительного центрифугирования (скорость вращения ротора центрифуги – 6 тыс. оборотов в минуту, время – 10 мин). В аналитическую базу данных включались варианты с содержанием сахаров не менее 18 г/100 см^3.

Опытные партии концентрированного сусла вырабатывали в лабораторных условиях. Для получения указанного продукта виноград перерабатывали с отделением гребней и отпрессовывали, полученное сусло отстаивали 12 ч при температуре 4 °С, затем снимали с осадка. На концентрирование направлялись образцы без признаков брожения; процесс проводили на ротационном испарителе Laborota 4003 control (производство фирмы Heidolf, Германия); температура вакуума на всем протяжении технологического цикла не превышала 40 °С. Обезвоживание сусла прекращали при достижении содержания сахаров в продукте 65 ± 1 г/кг.

Сахарный сироп концентрации 65 % готовили путем растворения сахара белого в дистиллированной воде при нагревании до 100 °С.

Оценку подлинности концентрированного сусла опытных и производственных партий проводили в соответствии с ранее разработанной авторами методикой по следующими критериями подлинности: pH, расчетные показатели – глюкозно-фруктозный индекс (отношение содержания глюкозы к фруктозе) и доля дисахаридов в пересчете на сахарозу в сумме содержания сахаров (дисахаридов, глюкозы, фруктозы); доля винной и лимонной кислот в сумме кислот (лимонной, винной, яблочной) [1]. Профиль органических кислот и сахаров определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на хроматографе Shimadzu LC Prominence (Япония).

Определение проводили согласно предварительной градуировке прибора по стандартным растворам чистых веществ на рефрактометрическом (глюкоза, фруктоза, дисахариды, глицерин) и спектрофотометрическом (лимонная, винная, яблочная кислоты) детекторах системы с учетом времени выхода каждого вещества. Рабочая длина волны при определении органических кислот составила 210 нм. Разделение пробы проводили на колонке Supelcogel C610H, заполненной сорбентом на основе сульфитированного дивинилполистирола (размер колонки 300×7,8, зернение сорбента не более 10,0 мкм, Supelco, Sigma-Aldrich), в изократическом режиме подачи элюента (водный раствор ортофосфорной кислоты – 1 г/дм^3, скорость – 0,5 см^3/мин).

Во избежание искажения объективной информации о содержании различных форм сахаров для исследования тщательно отбирали образцы без признаков брожения. В экспериментальную базу данных включали образцы свежего сусла с содержанием этилового спирта не более 0,01 %об.; концентрированного сусла, сиропов с отсутствием на поверхности первых визуальных признаков забраживания в виде отдельных пузырьков углекислого газа – продукта метаболизма дрожжевых клеток, а также без отклонений в ароматике (появление тонов брожения или микробиальной порчи). Такие строгие требования к объекту исследования обусловлены тем, что процесс брожения могут проводить как глюкозофильные, так и фруктозофильные дрожжи, приоритетно потребляющие глюкозу либо фруктозу соответственно [28–30]. Изменение соотношения глюкоза: фруктоза происходит еще до проявления активного процесса, что не позволяет сделать объективный вывод об исходном значении показателя.

Пробоподготовка концентрированного сусла для аналитических исследований включала предварительное его разбавление по весу в 10 раз. В случае обнаружения в разбавленном образце опала или взвесей проба подвергалась центрифугированию (частота вращения ротора – 6000 об/мин, длительность – 5 мин). Для исследования отбирали надосадочный слой жидкости.

Определение pH осуществляли непосредственно в пробе исследуемого продукта (свежее и концентрированное сусло, сиропы, яблочный концентрат) без его разбавления.

Оценку влияния концентрированного сусла на стабильность вин проводили путем его внесения в обработанный, сухой белый, стабильный ко всем видам помутнений виноматериал. Для эксперимента отбирали образцы, которые полностью соответствовали требованиям, предъявляемым к подлинным продуктам, выработанным из винограда. Массовая концентрация сахаров в виноматериалах доводилась до 30 ± 1 г/дм^3, после чего полученный полусладкий виноматериал отфильтровывали через фильтр-картон и тестировали на склонность к кристаллическим и коллоидным помутнениям.

Определение склонности вин к необратимым коллоидным помутнениям основано на создании условий для взаимодействия присутствующих белковых веществ виноградной природы с внесенными фенольными компонентами в виде галлотанина и образовании нерастворимых комплексов, приводящих к укрупнению коллоидных частиц, снижающих прозрачность раствора.

Техника определения. В пробирку на 50 см^3 помещали 20 см^3 пробы, добавляли 1 см^3 водно-спиртового раствора галлотанина массовой концентрации 250 г/дм^3 (доля этанола – 40 %об.) и выдерживали 15 мин. Затем пробу нагревали на водяной бане до 100 °С, после закипания в пробирке выдерживали при этой температуре на протяжении 3 мин. По окончании указанного времени пробу охлаждали до комнатной температуры (20 °С) и оценивали ее мутность нефелометрически.

Результаты испытания. Если величина мутности не превышала 1 ф.е. (образец отвечает категории «прозрачный»), проба считалась устойчивой к необратимым коллоидным помутнениям, обусловленным наличием белков. В случае превышения мутности 1 ф.е. либо проявления выраженного опала, делался вывод о необходимости обработки образца виноматериала для удаления высокомолекулярных соединений и предотвращении развития помутнения в готовой продукции.

Определение склонности к кристаллической калиевой дестабилизации основано на провокации взаимодействия винной кислоты (тартрат-анионов) и катионов калия путем охлаждения пробы; для ускорения процесса роста кристаллов и более четкой визуализации результатов вносят затравку в виде единичных мелких кристаллов препарата битартрата калия.

Техника определения. В пробирку с 10 см^3 исследуемого образца на кончике иглы вводили несколько кристаллов препарата битартрата калия, предварительно измельченного в ступке, помещали в термостат при температуре –3,5 ± 0,5 °С и выдерживали на протяжении 2 суток.

Результаты испытания. Отсутствие осадка свидетельствовало об устойчивости образца к кристаллической дестабилизации. В случае появления хорошо визуально заметных кристаллов делался вывод о необходимости обработки образца виноматериала холодом для удаления избытка винной кислоты и калия в целях предотвращения формирования осадка в готовой продукции.

Результаты и их обсуждение

Работа состояла из двух этапов: первый – оценка подлинности промышленных образцов, заявленных как концентрированное виноградное сусло; второй – оценка влияния подлинных образцов на стабильность виноматериалов.

Оценка подлинности концентрированного виноградного сусла. На протяжении 10 лет авторами данной работы проводились исследования, направленные на изучение энохимических показателей и их диапазонов, подтверждающих аутентичность продукции, выработанной из винограда [31, 32]. Были проанализированы продукты заведомо известного виноградного и невиноградного происхождения, а также заявленные как концентрированное виноградное сусло (сусло виноградное концентрированное), закупаемое винопроизводителями для производства полусухих и полусладких вин. Обобщение результатов многолетней теоретической и практической работы позволило выделить наиболее характерные органолептические свойства и диапазоны вариабельности критериальных показателей подлинности аутентичных продуктов (табл. 1 и 2).

Как следует из представленных данных, органолептические характеристики исследованных продуктов достаточно различаются. Для свежего сусла, полученного из зрелого винограда, характерны соломенный и золотистый цвет различной интенсивности; аромат – виноградного сока без признаков забраживания; кисло-сладкий вкус. Выраженность всех показателей, а также прозрачность сусла и наличие мутящих частиц значительно варьируются в зависимости от сортовых особенностей, степени зрелости винограда и технологии получения и обработки сусла. После его концентрирования цвет становится более интенсивным – от светло-золотистого до темно-янтарного; аромат – различной степени яркости цветочные, фруктовые тона и тона уваренных сухофруктов, в отдельных случаях с выраженными сортовыми признаками; вкус – кисло-сладким, с легкими тонами уваренности в послевкусии. При внешнем осмотре могут быт обнаружены включения в толще продукта и осадок, представленный кристаллами сахаров и виннокислых солей.

Концентрированный яблочный сок по цвету приближается к виноградному, однако в аромате отмечаются плодовые тона, не свойственные винограду.

При идентификации перечисленных продуктов нельзя ограничиваться только органолептическими показателями, что связано, с одной стороны, с человеческим фактором – профессионализмом дегустатора и его опытом работы с различными пищевыми продуктами, с другой стороны, обусловлено объективными технологическими причинами – в случае слабой / умеренной выраженности характерных признаков фальсификация путем купажирования различных продуктов может быть не установлена. Это ограничивает надежность органолептического заключения, т. к. однозначное решение может быть принято только при четко заметных посторонних либо полном отсутствии обязательных дескрипторов цвета, аромата и вкуса.

Более объективным критерием является физико-химическая характеристика, опирающаяся на специфические показатели, обоснованные ранее (табл. 2). Наиболее важным показателем является профиль кислот и сахаров как видоспецифическая характеристика продуктов, выработанных из различного растительного сырья. Из представленных данных следует, что физико-химические показатели существенно отличаются в исследованных образцах.

Результаты исследования свидетельствуют, что относительное содержание (доля в сумме кислот) винной кислоты в винограде (в свежем сусле) выше, чем в концентрированном продукте. Это обусловлено удалением некоторого количества тартрат-аниона в виде калиевой и кальциевой солей, причем кристаллообра-

Таблица 1. Дегустационная характеристика подлинных продуктов виноградного и невиноградного происхождения

Table 1. Sensory profile of grape and non-grape authentic products

Показатель	Продукт				
	Свежее виноградное сусло	Концентрированное виноградное сусло	Яблочный концентрированный сок	Глюкозно-фруктозный сироп	Сахарный сироп
Цвет	от светло-соломенного до темно-золотистого	от светло-золотистого до темно-янтарного	от светло- до темно-золотистого	бесцветный	бесцветный
Аромат	характерный для свежего винограда, для мускатных сортов – с выраженным сортовым тоном	от слабо- до сильно выраженных тонов уваренности, в некоторых случаях с сохранением сортового аромата	характерный для яблочного сока	без запаха	свойственный сахарному раствору
Вкус	кисло-сладкий	выраженный кисло-сладкий с тонами винограда и сухофруктов в послевкусии	кисло-сладкий с оттенком яблочного сока в послевкусии	сладкий	сладкий

Таблица 2. Сравнительная характеристика критериальных показателей подлинности продуктов виноградного и невиноградного происхождения

Table 2. Authenticity criteria for grape and non-grape products: comparative analysis

Продукт	n, шт.	Среднее значение показателя и его отклонение в пределах исследуемой выборки				
		Доля ВК, %	Доля ЛК, %	Доля Дс, %	ГФИ	pH
Опытные образцы						
Свежее виноградное сусло	250	68 ± 26	2,7 ± 2,6	0,5 ± 0,5	0,94 ± 0,06	3,0 ± 0,3
Концентрированное виноградное сусло	6	50 ± 11	8,3 ± 1,7	0,12 ± 0,09	0,91±0,04	3,2±0,2
Сахарный сироп	4	н/д	н/д	93,0 ± 7,0	1,03 ± 0,05	5,3 ± 0,2
Промышленные образцы, выработанные под научным сопровождением						
Подлинное концентрированное виноградное сусло, выработанное на 100 % из винограда	13	38 ± 18	5,0 ± 4,5	0,2 ± 0,2	0,87 ± 0,13	3,2 ± 0,3
Промышленные образцы, реализуемые на винодельческом рынке России						
Подлинное концентрированное виноградное сусло, выработанное на 100 % из винограда	109	45 ± 29	7,0 ± 6,5	0,5 ± 0,5	0,87 ± 0,14	3,2 ± 0,6
Концентрат яблочного сока	3	н/д	4,4 ± 2,4	13,0 ± 3,0	0,60 ± 0,10	3,2 ± 0,3
Глюкозно-фруктозный сироп	4	н/д	н/д	3,1 ± 0,6	1,15 ± 0,20	4,0 ± 0,3
Продукт, заявленный как «Концентрированное виноградное сусло», не отвечающий критериям подлинности	57	50 ± 50	50,0 ± 50,0	25,0 ± 20,0	1,10 ± 0,10	2,9 ± 1,4

Примечание: n – количество образцов; ВК – доля винной кислоты в сумме содержания кислот (лимонной, винной, яблочной), %; ЛК – доля лимонной кислоты в сумме содержания кислот (лимонной, винной, яблочной), %; Дс – доля дисахаридов в сумме содержания сахаров (дисахаридов, глюкозы, фруктозы), %; ГФИ – соотношение содержания глюкозы к фруктозе; н/д – не диагностируется

Note: n – number of samples; ВК – tartaric acid in total acids (citric, tartaric, malic), %; ЛК – citric acid in total acids (citric, tartaric, malic), %; Дс – disaccharides in total sugars (disaccharides, glucose, fructose), %; ГФИ – glucose vs. fructose; н/д – not identified

зование может начаться уже в процессе концентрирования и продолжиться при хранении готового продукта [1, 33]. Количество выведенной из системы винной кислоты будет существенно отличаться и зависеть от комплексного влияния ряда факторов: исходной концентрации самой кислоты и солеобразующих катионов в винограде; технологии обработки свежего сусла; режимов его концентрирования; механического воздействия, провоцирующего рост кристаллов; температуры хранения готового продукта и др. В виноградной ягоде синтезируется незначительное количество лимонной кислоты (не более 5 % в сумме органических кислот). В процессе концентрирования ее доля в общем содержании кислот возрастает за счет удаления винной кислоты, но при этом не превышает 14 %.

Соотношение глюкоза:фруктоза для свежего сусла (виноградного сока) составляет не более 1,0, а доля дисахаридов в пересчете на сахарозу – не более 1,0 %, что соответствует данным, представленным в литературе, эти же особенности сохраняются после концентрирования сусла [1, 7, 8]. Более высокое значение глюкозно-фруктозного сиропа в винограде наблюдается редко, например при низкой сахаристости ягод. Однако для производства концентрированного сусла использование данного сырья невыгодно экономически, т. к. это значительно увеличивает энергозатраты на удаление влаги и достижение необходимого содержания сахаров, обеспечивающего микробиологическую стабильность. В низкосахаристом винограде наблюдается высокое содержание винной кислоты, что требует ее предварительного удаления, в противном случае избыток данного вещества приводит к активной кристаллизации битартата калия. Последующее применение такого продукта в виноделии имеет существенный недостаток: в процессе хранения наблюдается его расслоение, концентрация сахаров и кислот в объеме становится неравномерной, что затрудняет технологические расчеты, необходимые для обеспечения требуемых кондиций виноматериала в соответствии с нормативно-технической документацией.

Значения pH в свежем и концентрированном сусле составляют 2,7–3,3 и 2,6–3,8 соответственно. В сиропах этот показатель несколько выше, но несмотря на отсутствие органических кислот, pH находится в пределах слабокислой среды, т. к. в процессе производства кислотность / щелочность регулируется разрешенными приемами в соответствии с требованиями к условиям проведения технологического процесса. Значения pH достаточно сильно перекрываются во многих исследованных объектах, что не позволяет отнести данный показатель к основным, однако их существенные отклонения от установленных границ во всех случаях сопровождались нарушением

профиля кислот и сахаров, поэтому он может служить для дополнительного подтверждения фальсификации продукта.

Из представленных данных следует, что оригинальный продукт, выработанный исключительно из свежего виноградного сусла путем концентрирования, характеризуется значениями: доля винной и лимонной кислот в сумме органических кислот – не менее 16 % и не более 14 % соответственно; глюкозо-фруктозный индекс – не более 1,01; доля дисахаридов в общем содержании сахаров – не более 1,0 %; pH – 2,7–3,8.

Концентрат яблочного сока отличался более высокой долей дисахаридов (в среднем 13 %), преобладанием фруктозы над глюкозой, что снижает соотношение глюкоза:фруктоза (в среднем 0,6); винная кислота, нехарактерная для данной группы семечковых культур, достоверно не диагностируется. Полученные данные совпадают с информацией, представленной в источниках литературы [8, 34]. В глюкозно-фруктозном сиропе, по сравнению с виноградным продуктом, установлено более высокое содержание дисахаридов (в среднем 3,1 % в сумме сахаров), представленных мальтозой, и глюкозно-фруктозного индекса, превышающего 1,0, при этом органические кислоты не обнаружены [35].

Для повышения надежности выводов и поиска дополнительных критериев подлинности исследования будут продолжены с привлечением дополнительных высокотехнологичных методов исследований, таких как атомно-адсорбционная спектроскопия и ядерно-магнитный резонанс.

Фальсифицированные образцы. В образцах, заявленных как концентрированное виноградное сусло, но не соответствующих критериям натурального виноградного продукта, все характеристики имеют более широкий диапазон варьирования. Примеры физико-химических и органолептических показателей некоторых образцов, представленных в исследовании, приведены в таблицах 3 и 4 (жирным шрифтом выделены значения показателей, отклоняющихся от установленных диапазонов для подлинных образцов). Образец № 1 имел типичные физико-химические и органолептические показатели, свойственные виноградному суслу.

Отклонение дегустационных характеристик от типичных свойств аутентичных виноградных продуктов подтверждает полученные аналитические данные: в образцах № 2–6, по сравнению с № 1, отмечены несоответствия в аромате, цвете и вкусе продуктов. Фальсификаты отличались разнообразными отклонениями и разбросом значений. Образец № 2 содержал значительное количество дисахаридов (10 %), что существенно выше, чем может быть в виноградном продукте; отличался слабовыраженными цветом, ароматом и кислотностью во вкусе. В образце № 3 недостаточное количество винной кислоты сопровождалось высокой долей лимонной кислоты и дисахаридов, которые в винограде присутствовали незначительно, в аромате отмечен навязчивый тон ароматизатора (имитация сусла, выработанного из винограда мускатных тонов, которое в концентрированном виде имеет менее выраженные и более сложные сортовые свойства). Отклонение всех аналитических параметров свидетельствует о вероятном купаже сахаросодержащих продуктов виноградного и невиноградного происхождения с добавкой ароматизатора.

Образец № 4 имел высокое содержание лимонной кислоты (5 г/кг), которая при отсутствии катионов обусловливала низкое значение pH (1,5). При этом он обладал слишком светлым цветом, в аромате отмечены нехарактерные тона карамелизованного сахара, который, вероятно, применялся для придания цвета изначально бесцветной жидкости; во вкусе отметили резкую кислотность. В образце № 5 кислотность была обусловлена исключительно винной кислотой, в данном случае pH находится в допустимом диапазоне; сахара представлены в основном сахарозой с незначительным содержанием глюкозы и фруктозы в равном количестве. По дегустационной характеристике данный образец близок к № 4: в аромате типичная гамма отсутствует, отмечались тона сахарного сиропа; кислотность негармоничная, но менее выражена, чем в образце № 4, что связано с меньшим содержанием винной кислоты (2 г/кг), а также ее менее резким кислым вкусом, по сравнению с лимонной кислотой. Комплекс признаков позволял предположить, что эти продукты являются глюкозно-фруктозным и сахарным сиропами соответственно.

Таблица 3. Примеры значений физико-химических показателей подлинного и фальсифицированных образцов концентрированного виноградного сусла

Table 3. Authentic vs. adulterate concentrated grape must samples: physicochemical variables

Показатель	Образцы					
	№ 1 (подлинный)	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
pH	3,1	3,5	**2,4**	**1,5**	3,0	**4,0**
Доля винной кислоты, %	42,0	30,0	14,0	**0**	**100,0**	**0**
Доля лимонной кислоты, %	4,0	2,0	**25,0**	**100,0**	0	**30,0**
Глюкозно-фруктозный индекс	0,96	0,91	1,0	**1,11**	0,99	**0,45**
Доля дисахаридов в сумме сахаров, %	0,4	**10,0**	**4,0**	**3,0**	**97,0**	**11,0**

Таблица 4. Примеры дегустационной характеристики фальсифицированных образцов концентрированного виноградного сусла

Table 4. Sensory profiles of adulterate concentrated grape must

Показатель	Образцы					
	№ 1 (подлинный)	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Цвет	светло-янтарный	соломенный	светло-соломенный	золотистый	светло-золотистый	темно-янтарный
Аромат	типичные тона выражены	типичные тона слабо выражены	типичные тона слабо выражены, интенсивный тон ароматизатора, имитирующего аромат мускатного винограда	типичные тона отсутствуют, интенсивный тон жженого сахара	типичные тона слабо выражены, тон сахарного раствора	типичные тона слабо выражены, тон яблочного сока
Вкус	типичный кисло-сладкий	приторно сладкий с невыраженной кислотностью	кисло-сладкий	приторно сладкий с резко выраженной кислотностью	приторно сладкий с выраженной кислотностью	кисло-сладкий с оттенком яблочного сока в послевкусии

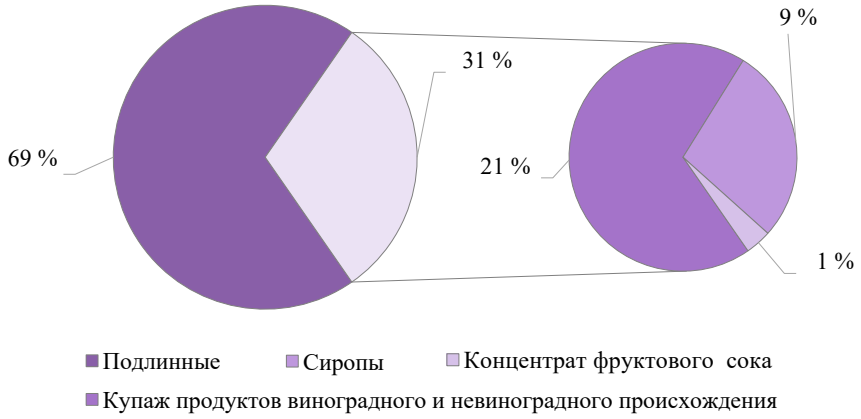

Рисунок 1. Результаты идентификации образцов концентрированного виноградного сусла, поступивших на исследование

Figure 1. Identification of concentrated grape must samples

Образец № 6 имел профиль сахаров, характерный для плодов яблок – низкий глюкозно-фруктозный индекс и высокую долю дисахаридов, которые в совокупности с ярко выраженными характерными тонами в аромате и вкусе позволяли предположить, что это концентрированный яблочный, а не виноградный сок (сусло).

Таким образом, модификация состава продукта разнообразными «основами» (подмена или добавка компонентов другой природы) приводит к изменению значений физико-химических показателей. Подкисление сиропов винной и/или лимонной кислотой в сочетании с внесением сахарного колера в качестве натурального подкрашивающего агента; подмена концентрированного сока из винограда на сок других плодов; купаж перечисленных продуктов в различных пропорциях выявляется сдвигом типичных диапазонов критериев. Обобщение полученных данных показало, что из 179 образцов, поступивших на исследование, 69 % полностью соответствуют продукту, выработанному исключительно из винограда. Остальные представляют собой: плодовые концентрированные соки – 1 %, глюкозно-фруктозный и сахарный сиропы – 9 %; купаж указанных продуктов с аутентичным продуктом виноградного происхождения – 21 % (рис. 1). Треть исследованных образцов отнесены к фальсификатам, что не позволяет использовать их для производства вин. Значительная доля ненатуральных образцов свидетельствует о высоких рисках виноделов выпустить на рынок фальсифицированную винодельческую продукцию, что может быть установлено при ее последующей экспертизе [32].

Влияние концентрированного сусла на стабильность виноматериалов. На втором этапе работы проведены исследования по влиянию образцов концентрированного сусла с подтвержденным виноградным

Рисунок 2. Изменение склонности виноматериалов к помутнениям после внесения концентрированного сусла

Figure 2. Opacity after adding concentrated must

происхождением на коллоидную и кристаллическую стабильность подслащенного виноматериала. Всего было испытано 30 производственных образцов концентрированного сусла различных производителей (рис. 2). Результаты показали, что после его внесения, в 43 % случаев проявилась склонность виноматериалов к различной дестабилизации: к необратимым коллоидным помутнениям – 17 %; к кристаллической дестабилизации – 13 %; комбинированная склонность – 13 %. Это связано с привнесением веществ белковой природы, винной кислоты и калия; содержание указанных компонентов ожидаемо повышается при концентрировании недостаточно подготовленного свежего сусла, что становится критическим при добавке такого продукта в виноматериал. После обработки вспомогательными препаратами (раствор желатина, суспензия бентонита) полусладкие виноматериалы были стабилизированы, что было подтверждено отрицательными результатами теста на склонность к необратимым коллоидным помутнениям. Не потребовалось применение дополнительных препаратов (ферменты протеазного действия) или приемов (нагрев), рекомендованных для удаления белков из «трудных» вин [36]. Обработка опытных образцов холодом позволила спровоцировать кристаллизацию битартрата калия и выпадение его в осадок с сохранением органолептических характеристик виноматериала, что является общепринятым подходом в виноделии [37].

На факт повышения склонности продукции к появлению помутнения и/или осадка виноделам необходимо обратить пристальное внимание, т. к. отсутствие должной обработки виноматериалов перед розливом сохраняет в вине вещества, поступившие в составе концентрированного сусла, что в дальнейшем способно приводить к нарушению внешнего вида готовой продукции. Важным моментом является подготовка свежего сусла для дальнейшего концентрирования: в случае предварительной обработки препаратами пектиназного свойства готовый продукт содержит меньшее количество взвесей и мутящих частиц [1, 38]. Это обусловлено тем, что ферментативная фрагментация пектина разрушает макромолекулы с образованием более мелких осколков, не препятствующих самоосветлению (осаждению взвешенных частиц) и фильтрации сусла [39]. Удаление высокомолекулярных соединений, обладающих протекторным действием к формированию кристаллов битартата калия, способствует более быстрому осаждению виннокислой соли в концентрированном виноградном сусле, что делает применение такого продукта менее «рискованным» для последующей кристаллической стабильности вина [1].

В случае применения вакуум-установок для получения концентрированного виноградного сусла процесс необходимо проводить в условиях низкого температурного режима, что исключает окислительную полимеризацию фенольных веществ [40]. Это позволяет сохранить природный цвет продукта, т. к. окисленные фенольные компоненты обладают более коричневыми оттенками, в случае их попадания в вино наблюдается нежелательное искажение цвета – утрата соломенных тонов с проявлением золотистых или рыжеватых. Из данных, приведенных в научной литературе, следует, что еще одним актуальным способом получения продукта с минимальным содержанием примесей является применение мембранной фильтрации [41]. Предложенных методических подходов необходимо придерживаться при внутреннем производстве концентрированного сусла на базе винодельческих предприятий.

Выводы

В результате исследований концентрированного сусла, предлагаемого на винодельческом рынке России, выявлено высокое количество подделок (31 %). Установлено, что фальсификация аутентичного продукта происходит путем купажирования либо полной подмены невиноградными продуктами. В 43 % случаев подлинное сусло при использовании для подслащивания виноматериалов повышало их склонность к коллоидным и кристаллическим помутнениям.

На основании полученных данных предложена поэтапная оценка качества концентрированного виноградного сусла, что позволит обеспечить аутентичность и розливостойкость полусухих и полусладких вин. На первом этапе проводится идентификация образцов на основании показателей, характеризующих специфику углеводного и кислотного состава продукта виноградного происхождения: pH, расчетные показатели (глюкозно-фруктозный индекс, доля

дисахаридов в сумме сахаров, доли винной и лимонной кислот в сумме кислот). На втором этапе для образцов концентрированного сусла с подтвержденной подлинностью определяется влияние на стабильность виноматериалов по результатам тестов. В случае отсутствия розливостойкости требуется обязательная доработка виноматериалов перед розливом во избежание развития опала и появления осадка в готовой продукции.

Критерии авторства

Н. В. Гниломедова – планирование исследований и обобщение результатов, подготовка статьи; А. В. Весютова, М. В. Ермихина, В. А. Олейникова – получение и обработка первичных аналитических данных; Н. С. Аникина – редактирование статьи и формулирование выводов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность сотрудникам Всероссийского национального научно-исследовательского института виноградарства и виноделия «Магарач» РАН Д. Ю. Погорелову и Е. А. Сластье за помощь в определении компонентного состава винограда и виноматериалов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Contribution

N.V. Gnilomedova – research planning and generalization of results, preparation of the article; A.V. Vesyutova, M.V. Ermikhina, V.A. Oleinikova – obtaining and processing primary analytical data; N.S. Anikina – editing the article and formulating conclusions.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interests regarding the publication of this article.

Acknowledgments

The authors express their gratitude to the staff of the All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking "Magarach" of the Russian Academy of Sciences D.Y. Pogorelov and E.A. Slastie for their help in determining the component composition of grapes and wine materials by high-performance liquid chromatography.

References/Список литературы

1. Gnilomedova NV, Mikheeva LA. Enochemical characteristic of concentrated grapes must. Proceedings of North Caucasian Zonal Research Institute of Horticulture and Viticulture, Russian Academy of Agricultural Sciences. 2017;13:124–129. (In Russ.). [Гниломедова Н. В, Михеева Л. А. Энохимическая характеристика концентрированного виноградного сусла // Научные труды государственного научного учреждения Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства российской академии сельскохозяйственных наук. 2017. Т. 13. С. 124–129.]. https://elibrary.ru/ZMWFRX

2. Yeganeh-Zare S, Farhadi Kh, Amiri S. Rapid detection of apple juice concentrate adulteration with date concentrate, fructose and glucose syrup using HPLC-RID incorporated with chemometric tools. Food Chemistry. 2021;370:131015. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131015

3. An JA, Lee J, Park J, Auh J-H, Lee C. Authentication of pomegranate juice using multidimensional analysis of its metabolites. Food Science and Biotechnology. 2021;30(13):1635–1643. https://doi.org/10.1007/s10068-021-00995-9

4. Calle JLP, Barea-Sepúlveda M, Ruiz-Rodríguez A, Álvarez JÁ, Ferreiro-González M, *et al.* Rapid Detection and Quantification of Adulterants in Fruit Juices Using Machine Learning Tools and Spectroscopy Data. Sensors. 2022;22(10):3852. https://doi.org/10.3390/s22103852

5. Rizk HA, Estephan J, Salameh C, Kassouf A. Non-targeted detection of grape molasses adulteration with sugar and apple molasses by mid-infrared spectroscopy coupled to independent components analysis. Food Additives and Contaminants: Part A. 2022;40(1):1–11. https://doi.org/10.1080/19440049.2022.2135766

6. Dhaulaniya AS, Balan B, Sodhi KK, Kelly S, Cannavan A, Singh DK. Qualitative and quantitative evaluation of corn syrup as a potential added sweetener in apple fruit juices using mid-infrared spectroscopy assisted chemometric modeling. LWT. 2020;131:109749. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109749

7. Li J, Zhang Ch, Liu H, Liu J, Jia Zh Profiles of Sugar and Organic Acid of Fruit Juices: A Comparative Study and Implication for Authentication. Journal of Food Quality. 2020;7236534. https://doi.org/10.1155/2020/7236534

8. Shobinger U. Fruit and vegetable juices: scientific foundations and technologies. Saint-Petersburg: Profession; 2004. 640 p. (In Russ.). [Шобингер У. Фруктовые и овощные соки: научные основы и технологии. СПб.: Профессия; 2004. 640 с.]

9. Global Flavoring Syrup and Concentrate Market Drivers, Trends and Restraints For 2022–2031 [Internet]. [cited 2023 Sept 15]. Available from: https://iso.einnews.com/pr_news/608443757/global-flavoringsyrup-and-concentrate-market-drivers-trends-and-restraints-for-2022-2031

10. Kuzmina EI, Egorova OS, Akbulatova DR, Sviridov DA, Ganin MYu, Shilkin AA. New types of sugar-containing raw materials for food production. Food Systems. 2022;5(2):1454–156. (In Russ.). https://doi.org/10.21323/2618-9771-2022-5-2-145-156; https://elibrary.ru/JLQULI

11. Russian market of glucose-fructose syrups: Analysis for 2021 [Internet]. [cited 2023 Dec 15]. Available from: http://www.centripap.ru/report/food/Soy/gfs/

12. Peschanskaya VA, Andrievskaya DV, Ulyanova EV. Prospects for the use of glucose-fructose syrups in the production of alcoholic beverages. Beer and beverages. 2021;(3):13–16. (In Russ.). https://doi.org/10.24411/2072-9650-2020-10033; https://elibrary.ru/XVLKTN

13. Scherer R, Rybka ACP, Ballus CA, Meinhart AD, Filho JT, Godoy HT. Validation of a HPLC method for simultaneous determination of main organic acids in fruits and juices. Food Chemistry. 2012;135(1):150–154. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.03.111

14. Spinelli FR, Dutra SV, Carnieli G, Leonardelli S, Drehmer AP, Vanderlinde R. Detection of addition of apple juice in purple grape juice. Food Control. 2016;69:1–4. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.04.005.

15. Orak HH. Determination of Glucose and Fructose Contents of Some Important Red Grape Varieties by HPLC. Asian Journal of Chemistry. 2009;21(4):3068–3072.

16. Coelho EM, da Silva Padilha CV, Miskinis GA, de Sá AGB, GE Pereira, de Azevêdo LC, *et al.* Simultaneous analysis of sugars and organic acids in wine and grape juices by HPLC: Method validation and characterization of products from northeast Brazil. Journal of Food Composition and Analysis. 2018;66:160–167. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.12.017

17. Cornehl L, Krause J, Zheng X, Gauweiler P, Schwander F, Töpfer R, *et al.* Determination of Sugars and Acids in Grape Must Using Miniaturized Near-Infrared Spectroscopy. Sensors. 2023;23(11):5287. https://doi.org/10.3390/s23115287

18. Scutarașu EC, Teliban IV, Zamfir CI, Luchian CE, Colibaba LC, Niculaua M, *et al.* Effect of Different Winemaking Conditions on Organic Acids Compounds of White Wines. Foods. 2021;10(11):2569. https://doi.org/10.3390/foods10112569

19. Lodaya JD, Gotmare S. Determination of sugars in different grapes using high performance liquid chromatography–ELSD. Journal of Emerging Technologies and Innovative Research. 2018;5(6):324–326.

20. Zhong H, Yadav V, Wen Z, Zhou X, Wang M, Han S, *et al*. Comprehensive metabolomics-based analysis of sugar composition and content in berries of 18 grape varieties. Frontiers in Plant Science. 2023;14:1200071. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1200071

21. Paolini M, Perini M, Allari L, Tonidandel L, Finato F, Guardini K, *et al. Myo*-Inositol, *Scyllo*-Inositol, and Other Minor Carbohydrates as Authenticity Markers for the Control of Italian Bulk, Concentrate, and Rectified Grape Must. Molecules. 2023;28(8):3609. https://doi.org/10.3390/molecules28083609

22. Kliewer WM. Concentrations of Tartrates, Malates, Glucose and Fructose in the Fruits of Genus. Vitis. American Journal of Enology and Viticulture. 1967;18:87–96. http://doi.org/10.5344/ajev.1967.18.2.87

23. Amerine MA, Thoukis G. The Glucose-Fructose Ratio of California Grapes. Vitis. 1958;1(4):224–229. https://doi.org/10.5073/vitis.1958.1.224-229

24. Huang X-Y, Jiang Z-T, Tan J, Li R. Geographical Origin Traceability of Red Wines Based on Chemometric Classification via Organic Acid Profiles. Journal of Food Quality. 2017;2038073. https://doi.org/10.1155/2017/2038073

25. Ostroukhova EV, Peskova IV, Pogorelov DYu. The organic acid profile of white grapes varieties growing in Crimea. Fruit growing and viticulture of South Russia. 2019;56:122–132. (In Russ.). https://doi.org/10.30679/2219-5335-2019-2-56-122-132; https://elibrary.ru/YZMWUH

26. Wang L, Zhou W, Liu Ch, Chen P, Zhou L. Study on the accumulation pattern of anthocyanins, sugars and organic acids in medicinal *Vitis vinifera* 'SuoSuo' during ripening. Food Chemistry. 2023;433:137294. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137294

27. Kalmykova NN, Kalmykova EN, Gaponova TV. Characteristic of organic acids composition of musts and wines from red grapevine varieties of interspecific origin. Russian grapes. 2022;20:59–64. (In Russ.). https://doi.org/10.32904/2712-8245-2022-20-59-64; https://elibrary.ru/ONDDZK

28. Furlani MVM, Maturano YP, Combina M, Mercado LA, Toro ME, Vazquez F. Selection of non-*Saccharomyces* yeasts to be used in grape musts with high alcoholic potential: a strategy to obtain wines with reduced ethanol content. FEMS Yeast Research. 2017;17(2):fox010. https://doi.org/10.1093/femsyr/fox010

29. Skorikova TK, Tanashchuk TN, Shalamitskiy MYu. Evaluating of saccharomyces yeast ability to use glucose or fructose in the kind of carbon source. Magarach. Viticulture and Vinemaking. 2017;(4):44–45. (In Russ.). [Скорикова Т. К., Танащук Т. Н., Шаламитский М. Ю. Оценка способности дрожжей рода saccharomyces использовать в качестве источника углеводов глюкозу и фруктозу // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2017. № 4. С.44–45.]. https://elibrary.ru/ZWLJTN

30. Wang H, Tang J, Lv J, Wang X, Sun H. Physiological and transcriptomic insights into sugar stress resistance in osmophilic yeast *Zygosaccharomyces rouxii*. Food Microbiology. 2024;117:104395. https://doi.org/10.1016/j.fm.2023.104395

31. Anikina NS, Gnilomedova NV, Gerzhikova VG. Rationale for the criteria used to confirm the origin of concentrated grape musts. Viticulture and Winemaking. 2016;46:62–65. (In Russ.). [Аникина Н. С., Гниломедова Н. В., Гержикова В. Г.

Обоснование показателей для подтверждения виноградного происхождения концентрированного сусла // Виноградарство и виноделие. 2016. Т. 46. С. 62–65.]. https://elibrary.ru/XEFYJJ

32. Gnilomedova NV, Anikina NS, Gerzhikova VG. Profile of sugars in a grape-wine system as the identifying indicator of the authenticity of wine products. Foods and Raw Materials. 2018;6(1):191–200. https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-191-200; https://elibrary.ru/XQVNMT

33. Gordeeva LN. Organic acids in concentrated grape must products. Food and Processing Industry. Abstract Journal. 2002;(4):1517. (In Russ.). [Гордеева Л. Н. Органические кислоты в продуктах из концентрированного виноградного сусла // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. 2002. № 4. С. 1517.]. https://elibrary.ru/FOAIQB

34. Suprun NP, Gusakova GS, Anikina NS, Slastya EA. Biochemical composition of fruit must from small-fruit apple varieties grown in the Southern Baikal Region. Proceedings Of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology. 2023; 13(4):611–620. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2227-2925-2023-13-4-611-620; https://elibrary.ru/FFIUJW

35. Dhaulaniya AS, Balan B, Sodhi KK, Kelly S, Cannavan A, Singh DK. Qualitative and quantitative evaluation of corn syrup as a potential added sweetener in apple fruit juices using mid-infrared spectroscopy assisted chemometric modeling. LWT. 2020;131:109749. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109749

36. Sui Y, Wollan D, McRae JM, Muhlack R, Capone DL, Godden P, *et al*. Chemical and Sensory Profiles of Sauvignon Blanc Wine Following Protein Stabilization Using a Combined Ultrafiltration/Heat/Protease Treatment. Frontiers in Nutrition. 2022;(9):799809. https://doi.org/10.3389/fnut.2022.799809

37. Xia N, Cheng H, Yao X, Pan Q, Meng N, Yu Q. Effect of Cold Stabilization Duration on Organic Acids and Aroma Compounds during *Vitis vinifera* L. cv. Riesling Wine Bottle Storage. Foods. 2022;11(9):1179 https://doi.org/10.3390/foods11091179

38. Campos PRF, Módenes AN, Espinoza-Quiñones FR, Trigueros DEG, Barros STD, Pereira NCS. Improvement on the concentrated grape juice physico-chemical characteristics by an enzymatic treatment and Membrane Separation Processes. Anais da Academia Brasileira de Ciências. 2016;88(1):423–436. http://doi.org/10.1590/0001-3765201620140136

39. Kondratenko VV, Kondratenko TYu, Petrov AN. Directed homoenzymatic fragmentation of the plant protopectin complex: Assessment criteria. Foods and Raw Materials. 2021;9(2):254–261. https://doi.org/10.21603/2308-4057-2021-2-254-261; https://elibrary.ru/XMIRHQ

40. Kulikova NE, Chernobrovina AG, Roeva NN, Popova OYu. Evaporation as a Method for Obtaining Plant Concentrates. Food Processing: Techniques and Technology. 2023;53(2):335–346. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-2-2438; https://elibrary.ru/VCQEQM

41. Haile S, Masi C, Tafesse M. Isolation and characterization of pectinase-producing bacteria *(Serratia marcescens)* from avocado peel waste for juice clarification. BMC Microbiol. 2022;22:145. https://doi.org/10.1186/s12866-022-02536-8