

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2025-2-2569>
<https://elibrary.ru/PBRBJQ>

Оригинальная статья
<https://fptt.ru>

Сравнительный анализ биогенных аминов в винах и сидрах



Н. М. Агеева¹, А. А. Ширшова^{1,*}, Е. В. Ульяновская¹,
С. Н. Щеглов², А. А. Храпов¹, Е. А. Чернуцкая¹

¹ Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия^{ROR}, Краснодар, Россия

² Кубанский государственный университет^{ROR}, Краснодар, Россия

Поступила в редакцию: 17.07.2024

Принята после рецензирования: 31.08.2024

Принята к публикации: 01.04.2025

*А. А. Ширшова: anastasiya_1987@inbox.ru,
<https://orcid.org/0000-0003-1428-5935>

Н. М. Агеева: <https://orcid.org/0000-0002-9165-6763>

Е. В. Ульяновская: <https://orcid.org/0000-0003-3987-7363>

С. Н. Щеглов: <https://orcid.org/0000-0003-3919-8168>

А. А. Храпов: <https://orcid.org/0000-0001-6436-1970>

Е. А. Чернуцкая: <https://orcid.org/0000-0001-5140-9891>

© Н. М. Агеева, А. А. Ширшова, Е. В. Ульяновская, С. Н. Щеглов,
А. А. Храпов, Е. А. Чернуцкая, 2025



Аннотация.

Мониторинг содержания биогенных аминов в пищевой продукции важен с точки зрения здоровья и безопасности потребителя, т. к. эти вещества токсичны и способны вызывать головную боль, учащенное сердцебиение, рвоту и другие симптомы. Несмотря на то что в некоторых странах установлены максимально допустимые значения содержания гистамина в винах, данный вопрос остается малоизученным. Цель работы – определить массовые концентрации биогенных аминов в винах и сидрах и провести их сравнительный анализ.

Объекты исследования – вина и сидры, изготовленные в условиях лабораторно-производственного подразделения «Микровиноделие» Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия (г. Краснодар, Россия) и приобретенные в розничной торговой сети. Массовую концентрацию биогенных аминов определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Установлено, что в винах и сидрах концентрация биогенных аминов изменялась в зависимости от сорта винограда или яблони, наличия или отсутствия биологического кислотопонижения. Суммарная концентрация биогенных аминов в белых винах достигала 9,55 мг/дм³, в красных – 12,01 мг/дм³. При этом биологическое кислотопонижение с применением молочно-кислых бактерий способствовало увеличению концентрации биогенных аминов. Массовая концентрация гистамина в винах была выше, чем в сидрах. В сидрах не выявлено наличие путресцина, но отмечено более высокое содержание кадаверина. Применение азотосодержащих подкормок для дрожжей при сбраживании свежего сула приводило к увеличению массовой концентрации биогенных аминов как в винах, так и в сидрах.

Для снижения уровня биогенных аминов в готовой продукции при проведении кислотопонижения необходимо уделять внимание выбору молочнокислых бактерий и подкормок для дрожжей, неспособствующих продуцированию биогенных аминов или интродуцирующих их в минимальных количествах. Полученные результаты исследований могут быть использованы при разработке нормативных актов, устанавливающих пороговые значения массовой концентрации биогенных аминов в винах и сидрах в качестве показателя безопасности. Дальнейшие исследования будут направлены на разработку методов профилактики и снижения концентраций биогенных аминов в винах и сидрах.

Ключевые слова. Биогенные амины, азотистые вещества, вино, сидр, сорт винограда, сорт яблони, яблочно-молочное брожение, спиртовое брожение, ферментативные реакции

Финансирование. Исследование выполнено на базе Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия (СКФНЦСВВ)^{ROR} при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № МФИ-20.1/100.

Для цитирования: Агеева Н. М., Ширшова А. А., Ульяновская Е. В., Щеглов С. Н., Храпов А. А. и др. Сравнительный анализ биогенных аминов в винах и сидрах. Техника и технология пищевых производств. 2025. Т. 55. № 2. С. 284–299. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2025-2-2569>

Comparative Analysis of Biogenic Amines in Wines and Ciders

 Natalia M. Ageyeva¹, Anastasia A. Shirshova^{1,*},
Elena V. Ulyanovskaya¹, Sergey N. Shcheglov²,
Anton A. Khrapov¹, Evgenia A. Chernutskaya¹

¹ North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture Wine-making^{ROR}, Krasnodar, Russia
² Kuban State University^{ROR}, Krasnodar, Russia

Received: 17.07.2024
Revised: 31.08.2024
Accepted: 01.04.2025

*Anastasia A. Shirshova: anastasiya_1987@inbox.ru,
<https://orcid.org/0000-0003-1428-5935>
Natalia M. Ageyeva: <https://orcid.org/0000-0002-9165-6763>
Elena V. Ulyanovskaya: <https://orcid.org/0000-0003-3987-7363>
Sergey N. Shcheglov: <https://orcid.org/0000-0003-3919-8168>
Anton A. Khrapov: <https://orcid.org/0000-0001-6436-1970>
Evgenia A. Chernutskaya: <https://orcid.org/0000-0001-5140-9891>

© N.M. Ageyeva, A.A. Shirshova, E.V. Ulyanovskaya, S.N. Shcheglov,
A.A. Khrapov, E.A. Chernutskaya, 2025



Abstract.

Biogenic amines are an important safety indicator for many food products. Although some countries have established maximum permissible values for histamine content in wines, this issue still remains understudied. This article introduces a comparative analysis of mass concentrations of biogenic amines in wines and ciders.

Some wine and cider samples were produced in the Microwinemaking Laboratory, North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, and Winemaking, while others were purchased in retail shops. The method of high-performance liquid chromatography made it possible to determine the mass concentration of biogenic amines.

In the wines and ciders, the concentration of biogenic amines depended on the grape or apple variety, as well as on the presence or absence of biological deacidification. The total concentration of biogenic amines reached 9.55 mg/dm³ in the white wines and 12.01 mg/dm³ in the red wines. The biological deacidification by lactic acid bacteria increased the concentration of biogenic amines. The mass concentration of histamine was higher in the wines than in the ciders. No putrescine was detected in the ciders, but they demonstrated a higher content of cadaverine. The use of nitrogen-containing yeast dressings during fermentation increased the mass concentration of biogenic amines in both types of alcoholic beverages.

The choice of optimal lactic acid bacteria and yeast dressings is important to reduce the level of biogenic amines in ciders or wines during deacidification since they may trigger the production of biogenic amines or introduce them in minimal quantities. The obtained results can be used to improve the existing safety indicators of mass concentrations of biogenic amines in wines and ciders. Further research will provide new methods for reducing the concentrations of biogenic amines in wines and ciders.

Keywords. Biogenic amines, nitrogenous substances, wine, cider, grape variety, apple variety, malolactic fermentation, alcoholic fermentation, enzymatic reactions

Funding. The research was conducted on the premises of the North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, and Winemaking (NCFSCHVW)^{ROR} and supported by the Kuban Science Foundation as part of Scientific Project No. MFI-20.1/100.

For citation: Ageyeva NM, Shirshova NM, Ulyanovskaya EV, Shcheglov SN, Khrapov AA, *et al.* Comparative Analysis of Biogenic Amines in Wines and Ciders. Food Processing: Techniques and Technology. 2025;55(2):284–299. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2025-2-2569>

Введение

В последние годы большой интерес исследователей вызывают биогенные амины [1, 2]. Это связано с обеспечением безопасности пищевой продукции, в том числе напитков, т. к. биогенные амины, особенно гистамин, являются токсичными веществами, способ-

ными вызывать головную боль, учащенное сердцебиение, рвоту и другие симптомы, в том числе имитирующие пищевую аллергию [3–5]. Однако нормативных актов, устанавливающих пороговые значения биогенных аминов в винах и сидрах в Российской Федерации с целью защиты потребителя, до сих пор

не существует [6]. Таким образом, мониторинг содержания биогенных аминов в пищевых продуктах, среди которых вина и сидры, важен с точки зрения контроля качества готовой продукции и ее безопасности [7]. Кроме того, по данным [8], изменение климата может повлиять на показатели качества и безопасности винодельческой продукции в различных географических регионах, а также на концентрацию биогенных аминов.

В настоящее время в ряде европейских стран установлены максимально допустимые значения гистамина в винах – от 2,0 до 10,0 мг/дм³ [9]. Так, его массовая концентрация не должна превышать, мг/дм³: в Германии – 2,0; в Нидерландах – 3,5; в Финляндии – 5,0; в Бельгии – 6,0; во Франции – 8,0; в Австралии и Швейцарии – 10,0 [10]. Зарубежными учеными описано, что биогенные амины обнаружены в винах Португалии в концентрации 7,3 мг/дм³ [11]; Франции – 14,1 мг/дм³; Испании – от 10,6 до 19,6 мг/дм³ [12, 13]; Италии – до 50,0 мг/дм³; Чили – от 2,2 до 65,1 мг/дм³ [14]. Согласно данным [15], в испанских, австрийских и немецких винах обнаружено 11,1; 12,1 и 14,8 мг/дм³ гистамина соответственно. Кроме того, путресцин выявлен в разных концентрациях в винах Италии (11,1–31,8 мг/дм³) и Франции (до 48,7 мг/дм³). Однако регламентированных требований к массовой концентрации биогенных аминов в винах и сидрах не установлено [16]. Данные Европейского агентства по безопасности пищевых продуктов (EFSA) говорят о необходимости дальнейших исследований данного вопроса.

Биогенные амины представляют собой группу органических соединений, образующихся в результате ферментативных реакций, таких как декарбокислирование, трансаминирование и восстановительное аминирование соответствующих аминокислот – предшественников [17, 18]. Важнейшие среди них – гистамин, кадаверин, путресцин, тирамин, спермидин и β -фенилэтиламин – продукты декарбокислирования гистидина, лизина, орнитина, тирозина, аргинина и β -фенилэтиламина соответственно [19]. Вариабельность их содержания в винах объясняется сортом винограда и его микробиологическими показателями; санитарно-гигиеническим состоянием производственных цехов предприятия; условиями переработки винограда; спецификой дрожжей, применяемых для ферментации сусле или мезги, и молочнокислых бактерий, используемых для проведения биологического кислотопонижения [20–22].

Интерес вызывает исследование биогенных аминов в сидрах – слабоалкогольных напитках, полученных путем брожения яблочного сусле (сока), ввиду роста их популярности, а следовательно, и объемов производства [23]. Образование биогенных аминов в них протекает по такому же механизму, как и в винах. Различия в концентрациях может определяться качественным и количественным составом аминокислот свежего яблочного сусле. Содержание аминокислот – предшественников биогенных аминов – в винах больше,

чем в сидрах. Однако плодам яблони характерно наличие больших количеств молочнокислых бактерий, ферментативный комплекс которых способствует образованию биогенных аминов.

Значительную часть сидров (в России более 90 %) производят из концентрированных яблочных соков, содержащих невысокие концентрации питательных веществ для развития дрожжевых клеток. Поэтому для активации брожения и обеспечения дрожжей питательными компонентами в промышленности, как правило, используют различные подкормки, содержащие азотистые вещества, витамины, микроэлементы. К их числу относятся диаммонийфосфат, тиамин, дрожжевой автолизат, инактивированные дрожжи, содержащие оболочки клеток, например Эливит, БиоПротект, Сэлклин (Франция), комплекс солей аммония (аммиачный азот, соли аммония и аминокислоты инактивированных дрожжей). Инактивированные дрожжи, автолизаты, клеточные оболочки снабжают сбраживаемую среду витаминами, олигоэлементами, факторами выживания, стеролами и способствуют детоксикации среды благодаря адсорбции веществ-ингибиторов брожения. Целлюлоза увеличивает мутность сусле и служит подкормкой для дрожжей. Тиамин стимулирует рост дрожжей и позволяет увеличить их популяцию. В связи с этим большой интерес представляет исследование влияния питательных добавок на накопление биогенных аминов при сбраживании виноградного и яблочного сусле, а также сравнительный анализ биогенных аминов в винах и сидрах.

Цель работы – определить массовые концентрации биогенных аминов в винах и сидрах и провести их сравнительный анализ.

Объекты и методы исследования

Опытные образцы вин и сидров были изготовлены в лабораторно-производственном подразделении «Микровиноделие» Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия (СКФНЦСВВ), г. Краснодар, Россия.

При производстве вин использовали виноград, выращенный на базе Анапской зональной опытной станции виноградарства и виноделия (АЗОСВиВ – филиал СКФНЦСВВ), урожая 2023 г. Вина наливом (виноматериалы) сухие белые изготавливали путем дробления винограда сортов Шардоне и Совиньон блан (по отдельности) с последующим прессованием мезги на корзиночном прессе, получением сусласамотека и дальнейшим его сбраживанием с использованием активных сухих дрожжей штамм ЮС1102 рода *Saccharomyces cerevisiae* (Институт энологии Шампани, Франция) при температуре брожения не более 18 °С. По окончании брожения вина наливом (виноматериалы) отделяли от дрожжевого осадка путем перекачивания в другие емкости. Вина наливом (виноматериалы) сухие красные получали путем дробления винограда сортов Каберне Совиньон и Саперави

(по отдельности) с получением мезги и дальнейшим ее сбраживанием расой дрожжей Oenoferm Rouge (Erbslöh Geisenheim, Германия) при температуре брожения не более 25 °С. При сбраживании более 85 % сахаров проводили отделение бродящего сусла от мезги. Стекшую мезгу подвергали прессованию. Затем сусло, полученное после стекания, и бродящее сусло, полученное после первого давления, объединяли и направляли на дображивание. После окончания брожения (остаточная массовая концентрация сахаров не более 4,0 г/дм³) вина наливом (виноматериал) сухие красные снимали с дрожжевых осадков. Осветление вин наливом (виноматериалов) проводили отстаиванием (самоосветление), после чего направляли на отдых. В винах определяли массовую концентрацию биогенных аминов до и после кислотопонижения бактериями яблочно-молочного брожения (раса MaloStar® Vitale SK11, Erbslöh Geisenheim, Германия).

Сидры изготавливали из плодов яблони различных сортов и сроков созревания (Кетни, Вирджиния Креб, Персиковое, Багрянец Кубани, Прикубанское, Флорина, Союз, Орфей, Марго, Либерти, Интерпрайс, Лигол, Амулет, Ренет Платона, Экзотика, Кармен, Чемпион) и элитных форм яблони селекции СКФНЦ СВВ, выращенных в центре коллективного пользования «Исследовательско-селекционная коллекция генетических ресурсов садовых культур», расположенном в ЗАО ОПХ «Центральное» (г. Краснодар). Для получения свежего яблочного сусла плоды яблони каждого сорта мыли, затем по отдельности перерабатывали с помощью дробилки-измельчителя. Сусло отделяли путем прессования мезги гидравлическим прессом. Свежее яблочное сусло сбраживали при температуре не более 18 °С с применением расы дрожжей IOC Fruit (род *Saccharomyces cerevisiae*, Институт энологии Шампани, Франция). В качестве вариантов сравнения были отобраны образцы сидров из торговой сети, изготовленные как из свежего яблочного сусла, так и из восстановленного яблочного сока.

Массовую концентрацию биогенных аминов (гистамина, тирамина, β-фенилэтиламина, путресцина, кадаверина) в винах и сидрах определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии прибором Agilent 1220 Infinity II LC (Agilent Technologies, Германия) с использованием градиентной системы элюирования, состоящей из ацетатного буфера/азидата натрия (элюент А) и ацетонитрила/метанола (элюент В), с предварительной дериватизацией анализируемой пробы согласно методике OIV-MA-AS315-26.

В отдельных экспериментах для активации брожения свежего виноградного сусла (из сортосмеси винограда) и свежего яблочного сусла (из сорта Лигол) подкормку дрожжей осуществляли диаммоний-фосфатом (0,2 г/дм³), сухим препаратом автолизата дрожжей (0,1 г/дм³), Сэлклином (0,2 г/дм³). Диаммоний-фосфат представляет собой водорастворимую соль, образующуюся при взаимодействии аммиака и фос-

форной кислоты. Автолизат дрожжей – разрушенные клеточные стенки дрожжей с высвободившимися органическими и неорганическими веществами (пептиды, аминокислоты, микроэлементы и др.). Сэлклин (Cellclean, Институт энологии Шампани, Франция) – клеточные оболочки дрожжей с высокой способностью к адсорбции ингибиторов брожения. Исследования проводили в научном центре «Виноделие» и центре коллективного пользования СКФНЦСВВ.

Испытания опытных образцов по показателям массовой концентрации биогенных аминов осуществляли в трехкратной повторности с оценкой приемлемости результатов. Для исследования сходства и различий средних значений массовых концентраций биогенных аминов был использован множественный ранговый тест – метод LSD (Least Significant Difference method), для корректного построения однородных групп по комплексу признаков, характеризующих содержание биогенных аминов в сидрах, – иерархический кластерный анализ по методу Уорда и *t*-критерия Стьюдента [24], реализованный в программе Statistica 14.0 (Tibco). Метод позволил проверить равенства средних значений нескольких выборок и выделить группы выборок с одинаковыми средними значениями.

Результаты и их обсуждение

Проведенные исследования (табл. 1) показали, что массовая концентрация биогенных аминов в винах изменялась в зависимости от сорта винограда, из которого произведено вино, и наличия или отсутствия биологического кислотопонижения – яблочно-молочного брожения. Согласно полученным результатам, суммарная концентрация биогенных аминов в белых сортах вин варьировала от 4,91 (из сорта винограда Шардоне) до 9,55 мг/дм³ (из сорта винограда Совиньон блан) и в красных сортах вин – от 6,72 (из сорта винограда Каберне Совиньон) до 12,01 мг/дм³ (из сорта винограда Саперави) (рис. 1). При этом биологическое кислотопонижение с помощью бактерий яблочно-молочного брожения способствовало увеличению концентрации биогенных аминов, что согласуется с исследованиями других ученых [25]. Это позволяет считать, что лактобактерии обладают высокой активностью декарбоксилаз.

Среди отдельных биогенных аминов, идентифицированных в опытных образцах, в наибольших концентрациях обнаружен гистамин, чуть в меньших – тирамин, содержание которого существенно возросло после кислотопонижения.

При сравнении белых и красных вин отмечено, что концентрация как гистамина, так и тирамина в красных винах была выше, чем в белых. Наименьшие концентрации среди исследованных биогенных аминов были характерны для путресцина и кадаверина.

С использованием множественного рангового теста – метода LSD, который позволяет проверять равенства средних значений нескольких выборок и выделять

Таблица 1. Значения массовых концентраций биогенных аминов в сортовых винах*

Table 1. Values of mass concentrations of biogenic amines in varietal wines*

Образец	Массовая концентрация биогенных аминов, мг/дм ³				
	гистамин	тирамин	β -фенилэтиламин	путресцин	кадаверин
Вино сухое белое Шардоне	2,45 ± 0,04	1,88 ± 0,03	0,26 ± 0,03	0,16 ± 0,03	0,16 ± 0,03
Вино сухое белое Шардоне (КП)	3,84 ± 0,04	3,65 ± 0,03	0,43 ± 0,02	0,28 ± 0,02	0,32 ± 0,03
Вино сухое белое Совиньон блан	2,88 ± 0,04	2,45 ± 0,02	0,40 ± 0,03	0,24 ± 0,02	0,28 ± 0,03
Вино сухое белое Совиньон блан (КП)	4,22 ± 0,04	4,05 ± 0,04	0,63 ± 0,04	0,37 ± 0,03	0,28 ± 0,03
Вино сухое красное Каберне Совиньон	3,48 ± 0,04	2,54 ± 0,04	0,28 ± 0,03	0,22 ± 0,02	0,20 ± 0,02
Вино сухое красное Каберне Совиньон (КП)	5,10 ± 0,04	4,53 ± 0,04	0,32 ± 0,03	0,37 ± 0,03	0,31 ± 0,02
Вино сухое красное Саперави	4,22 ± 0,04	2,76 ± 0,03	0,34 ± 0,03	0,26 ± 0,02	0,20 ± 0,02
Вино сухое красное Саперави (КП)	5,34 ± 0,04	5,48 ± 0,04	0,45 ± 0,04	0,36 ± 0,02	0,38 ± 0,04
<i>p</i> < 0,05					
Минимум	2,45 ± 0,04	1,88 ± 0,03	0,26 ± 0,03	0,16 ± 0,03	0,16 ± 0,03
Максимум	5,34 ± 0,04	5,48 ± 0,04	0,63 ± 0,04	0,37 ± 0,03	0,38 ± 0,04

Примечание: * – сортовое вино, изготовленное на 100 % из винограда одного помологического сорта; КП – после кислотопонижения.

Note: * – varietal wine of one pomological grate variety; КП – after reducing acidity.

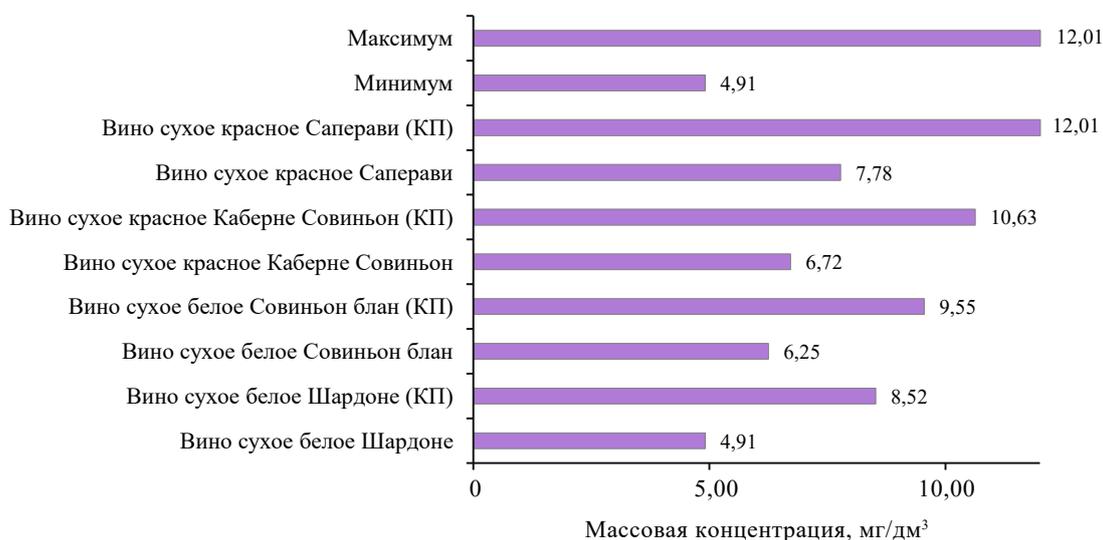


Рисунок 1. Суммарная массовая концентрация биогенных аминов в сухих белых и сухих красных винах в зависимости от сорта и наличия / отсутствия кислотопонижения (КП)

Figure 1. Effect of variety and deacidification on total mass concentration of biogenic amines in dry white and dry red wines

группы выборок с одинаковыми средними значениями, были изучены сходства и различия средних значений массовых концентраций биогенных аминов (гистамина (табл. 2), тирамина, β -фенилэтиламина, путресцина, кадаверина) в сортовых винах.

Установлено, что в сортовых винах после кислотопонижения содержание гистамина и тирамина возросло. По содержанию тирамина все варианты опыта статистически достоверно различались (табл. 3).

Вина Шардоне и Каберне Совиньон не имели достоверного различия по содержанию β -фенилэтиламина, у остальных сортовых вин его содержание увеличивалось после кислотопонижения. У образцов вин из сортов винограда Каберне Совиньон, Саперави, Совиньон блан

после кислотопонижения в содержании путресцина достоверных различий выявлено не было. В этих винах массовая концентрация путресцина была наибольшей. По содержанию кадаверина не выявлено статистически достоверного различия у вин из сортов винограда Шардоне и Саперави, Совиньон блан и Совиньон блан (после кислотопонижения), Каберне Совиньон (после кислотопонижения) и Шардоне (после кислотопонижения). В вине из винограда сорта Шардоне определена наименьшая концентрация кадаверина, в вине из сорта Саперави (после кислотопонижения) – наибольшая.

В таблице 4 представлены результаты множественного рангового теста содержания суммы биогенных аминов в сортовых винах.

Таблица 2. Результаты множественного рангового теста по содержанию гистамина в сортовых винах

Table 2. Multiple rank test of histamine content in varietal wines

Образец	Среднее значение, мг/дм ³	Множественный ранговый тест							
		–	***	–	–	–	–	–	–
Вино сухое белое Шардоне	2,450	–	***	–	–	–	–	–	–
Вино сухое белое Совиньон блан	2,883	–	–	***	–	–	–	–	–
Вино сухое красное Каберне Совиньон	3,480	–	–	–	***	–	–	–	–
Вино сухое белое Шардоне (КП)	3,843	–	–	–	–	***	–	–	–
Вино сухое красное Саперави	4,220	***	–	–	–	–	–	–	–
Вино сухое белое Совиньон блан (КП)	4,223	***	–	–	–	–	–	–	–
Вино сухое красное Каберне Совиньон (КП)	5,113	–	–	–	–	–	***	–	–
Вино сухое красное Саперави (КП)	5,340	–	–	–	–	–	–	***	–

Примечание: *** на одной вертикали – средние значения, не имеющие статистически значимых различий; *** на разных вертикалях – различия средних значений статистически достоверны на 5 % уровне значимости. КП – после кислотопонижения.

Note: *** in one column – mean values with no statistically significant differences; *** in different columns – statistically significant differences in mean values (5% significance level). КП – after reducing acidity.

Таблица 3. Результаты множественного рангового теста по содержанию тирамина в сортовых винах

Table 3. Multiple rank test of tyramine content in varietal wines

Образец	Среднее значение, мг/дм ³	Множественный ранговый тест							
		***	–	–	–	–	–	–	–
Вино сухое белое Шардоне	1,876	***	–	–	–	–	–	–	–
Вино сухое белое Совиньон блан	2,450	–	***	–	–	–	–	–	–
Вино сухое красное Каберне Совиньон	2,540	–	–	***	–	–	–	–	–
Вино сухое красное Саперави	2,760	–	–	–	***	–	–	–	–
Вино сухое белое Шардоне (КП)	3,650	–	–	–	–	***	–	–	–
Вино сухое белое Совиньон блан (КП)	4,053	–	–	–	–	–	***	–	–
Вино сухое красное Каберне Совиньон (КП)	4,536	–	–	–	–	–	–	***	–
Вино сухое красное Саперави (КП)	5,480	–	–	–	–	–	–	–	***

Примечание: *** на одной вертикали – средние значения, не имеющие статистически значимых различий; *** на разных вертикалях – различия средних значений статистически достоверны на 5 % уровне значимости. КП – после кислотопонижения.

Note: *** in one column – mean values with no statistically significant differences; *** in different columns – statistically significant differences in mean values (5% significance level). КП – after reducing acidity.

Таблица 4. Результаты множественного рангового теста по содержанию суммы биогенных аминов в сортовых винах

Table 4. Multiple rank test of biogenic amine content in varietal wines

Образец	Среднее значение, мг/дм ³	Множественный ранговый тест							
		***	–	–	–	–	–	–	–
Вино сухое белое Шардоне	4,913	***	–	–	–	–	–	–	–
Вино сухое белое Совиньон блан	6,250	–	***	–	–	–	–	–	–
Вино сухое красное Каберне Совиньон	6,720	–	–	***	–	–	–	–	–
Вино сухое красное Саперави	7,780	–	–	–	***	–	–	–	–
Вино сухое белое Шардоне (КП)	8,520	–	–	–	–	***	–	–	–
Вино сухое белое Совиньон блан (КП)	9,550	–	–	–	–	–	***	–	–
Вино сухое красное Каберне Совиньон (КП)	10,630	–	–	–	–	–	–	***	–
Вино сухое красное Саперави (КП)	12,010	–	–	–	–	–	–	–	***

Примечание: *** на одной вертикали – средние значения, не имеющие статистически значимых различий; *** на разных вертикалях – различия средних значений статистически достоверны на 5 % уровне значимости. КП – после кислотопонижения.

Note: *** in one column – mean values with no statistically significant differences; *** in different columns – statistically significant differences in mean values (5% significance level). КП – after reducing acidity.

Значения суммы массовых концентраций изученных биогенных аминов в опытных образцах вин обладали статистически значимыми различиями, несмотря на близкие значения концентраций отдельных биогенных аминов. Так как образцы вин были произведе-

нены в одинаковых условиях с применением идентичных технологических приемов, можно сделать вывод, что массовая концентрация биогенных аминов в винах зависит от сорта винограда. Так, наименьшее содержание биогенных аминов было характерно

для вина из сорта винограда Шардоне, а наибольшее – из сорта винограда Саперави. Также увеличение концентрации биогенных аминов в винах наступало в результате применения яблочно-молочного брожения (биологическое кислотопонижение).

Дальнейшие исследования проведены с образцами экспериментальных и промышленных образцов сидра (табл. 5). При сравнении полученных результатов отмечено существенное варьирование концентрации биогенных аминов в зависимости от сорта яблони

Таблица 5. Значения массовых концентраций биогенных аминов в сидрах

Table 5. Mass concentration values of biogenic amines in ciders

Образец	Массовая концентрация биогенных аминов, мг/дм ³			
	гистамин	кадаверин	тирамин	β -фенилэтиламин
Экспериментальные образцы сортовых* сухих сидров из различных сортов яблони				
Кетни (урожай 2023 г.)	0,41 ± 0,03	4,15 ± 0,04	5,17 ± 0,02	0,45 ± 0,04
Вирджиния Креб (урожай 2023 г.)	0,40 ± 0,03	4,63 ± 0,02	5,42 ± 0,04	0,38 ± 0,03
Персиковое (урожай 2022 г.)	0,57 ± 0,04	3,79 ± 0,03	3,28 ± 0,03	0,27 ± 0,02
Персиковое, (урожай 2023 г.)	0,44 ± 0,03	3,26 ± 0,03	3,67 ± 0,03	0,29 ± 0,02
Багрянец Кубани (урожай 2022 г.)	0,32 ± 0,03	3,51 ± 0,03	2,85 ± 0,03	менее 0,10
Багрянец Кубани (урожай 2023 г.)	0,30 ± 0,02	3,25 ± 0,03	3,16 ± 0,03	менее 0,10
Прикубанское (урожай 2022 г.)	0,32 ± 0,03	4,08 ± 0,03	3,63 ± 0,03	0,14 ± 0,02
Прикубанское (урожай 2023 г.)	0,41 ± 0,03	3,36 ± 0,03	4,03 ± 0,03	0,16 ± 0,02
Флорина (урожай 2023 г.)	0,46 ± 0,04	3,84 ± 0,03	5,32 ± 0,04	0,28 ± 0,02
Союз (урожай 2023 г.)	0,33 ± 0,03	3,47 ± 0,03	4,56 ± 0,04	менее 0,10
Орфей (урожай 2023 г.)	0,22 ± 0,02	3,37 ± 0,03	3,63 ± 0,04	0,31 ± 0,03
Марго (урожай 2023 г.)	0,32 ± 0,02	3,06 ± 0,03	3,26 ± 0,03	менее 0,10
Либерти (урожай 2023 г.)	0,28 ± 0,02	5,24 ± 0,04	5,27 ± 0,04	0,24 ± 0,02
Интерпрайс (урожай 2023 г.)	0,45 ± 0,03	4,82 ± 0,03	5,09 ± 0,04	менее 0,10
Лигол (урожай 2023 г.)	0,56 ± 0,03	7,04 ± 0,04	6,23 ± 0,04	менее 0,10
Ренет Платона (урожай 2023 г.)	0,27 ± 0,02	3,19 ± 0,03	3,27 ± 0,03	0,41 ± 0,03
Амулет (урожай 2023 г.)	0,52 ± 0,03	3,87 ± 0,03	4,72 ± 0,03	менее 0,10
Экзотика (урожай 2023 г.)	0,37 ± 0,02	3,28 ± 0,03	4,05 ± 0,04	0,38 ± 0,02
Кармен (урожай 2023 г.)	0,45 ± 0,03	4,04 ± 0,04	5,24 ± 0,04	0,21 ± 0,03
Чемпион (урожай 2023 г.)	0,53 ± 0,03	4,27 ± 0,04	6,18 ± 0,05	менее 0,10
Экспериментальные образцы сортовых* сухих сидров из элитных форм яблони селекции СКФНЦСВВ (урожай 2023 г.)				
12/1-20-4	0,48 ± 0,03	4,47 ± 0,04	5,64 ± 0,04	0,18 ± 0,02
12/1-20-16	0,44 ± 0,03	3,24 ± 0,03	6,21 ± 0,04	0,21 ± 0,02
12/1-20-33	1,27 ± 0,03	5,36 ± 0,04	5,35 ± 0,04	0,26 ± 0,03
12/1-21-15	1,25 ± 0,03	5,66 ± 0,04	3,72 ± 0,05	0,21 ± 0,02
12/1-21-36	0,55 ± 0,03	4,36 ± 0,04	5,17 ± 0,04	0,17 ± 0,02
Минимум	0,22 ± 0,02	3,19 ± 0,03	2,85 ± 0,03	менее 0,10
Максимум	1,27 ± 0,03	7,04 ± 0,04	6,23 ± 0,04	0,45 ± 0,04
Промышленные образцы сидров				
Сидр сухой «Натурал Трабанко», Испания	1,24 ± 0,03	6,24 ± 0,04	8,65 ± 0,05	0,38 ± 0,03
Сидр сухой «Октябрь № 20», Россия	1,28 ± 0,03	4,64 ± 0,04	5,25 ± 0,04	менее 0,10
Сидр полусладкий газированный «Абрау», Россия	0,86 ± 0,03	4,18 ± 0,04	5,83 ± 0,04	менее 0,10
Сидр сухой игристый «Гуд сайдер Сан-Себастьян. Брют», Испания	2,31 ± 0,04	7,12 ± 0,04	6,24 ± 0,04	0,17 ± 0,02
Сидр сухой «Магнерс Ориджинал», Ирландия	2,51 ± 0,04	7,32 ± 0,04	8,64 ± 0,05	0,25 ± 0,02
Сидр сухой игристый «Drunken Rat cider», Россия	1,65 ± 0,03	4,38 ± 0,04	5,37 ± 0,04	менее 0,10
Сидр сухой игристый «Русская Нормандия», Россия	0,78 ± 0,02	3,57 ± 0,03	4,57 ± 0,04	0,15 ± 0,01
Сидр сухой игристый «Белло де крью дю пей д'От брют», Франция	1,56 ± 0,03	5,15 ± 0,04	8,56 ± 0,05	0,26 ± 0,02
Сидр сухой игристый «Артизаналь Ле Кло Флери брют», Франция	1,27 ± 0,03	6,37 ± 0,04	9,12 ± 0,05	0,27 ± 0,02
Сидр сухой игристый «Керисак Кюве Розе», Франция	1,48 ± 0,03	5,86 ± 0,04	7,63 ± 0,05	0,31 ± 0,03
Сидр сухой игристый «Валь де Ранс Розе», Франция	3,08 ± 0,04	9,35 ± 0,06	9,04 ± 0,06	0,28 ± 0,02
Сидр сухой ООО «Сельхоз-Галан», Россия	1,13 ± 0,03	5,18 ± 0,05	6,13 ± 0,05	менее 0,10
Минимум	0,78 ± 0,02	4,18 ± 0,04	5,25 ± 0,04	менее 0,10
Максимум	3,08 ± 0,04	9,35 ± 0,06	9,12 ± 0,05	0,31 ± 0,03

Примечание: * – сортовой сидр, изготовленный на 100 % из яблок одного помологического сорта.

Note: * – varietal cider of one pomological variety.

при равных условиях переработки плодов и брожения яблочного суслу. Так, наибольшее количество гистамина выявлено в сидрах, произведенных из элитных форм яблони 12/1-21-15 и 12/2-20-33 – более 1,0 мг/дм³; кадаверина из сортов яблони Лигол, Либерти, форм 12/1-21-15 и 12/2-20-33 – более 5,0 мг/дм³; тирамина – сортов Лигол, Чемпион, формы 12/1-20-16 – более 6,0 мг/дм³; β-фенилэтиламина – Кетни, Вирджиния Креб, Ренет Платона – более 0,38 мг/дм³.

Далее изучали различия по сводным данным о минимальных и максимальных концентрациях биогенных аминов в виноградных винах и сидрах (табл. 6).

На основе математической обработки полученных данных установлено, что содержание гистамина имело статистическое различие у сидров, сухих белых и сухих красных вин. По содержанию тирамина, β-фенилэтиламина, кадаверина и по сумме биогенных аминов статистически достоверные различия имели только

Таблица 6. Результаты множественного рангового теста сравнительных данных концентраций биогенных аминов в винах и сидрах

Table 6. Multiple rank test of comparative data on biogenic amine concentrations in wines and ciders

Наименование образца	Среднее значение, мг/дм ³	Множественный ранговый тест		
Гистамин				
Сидры	0,600	***	–	–
Вина сухие белые	2,617	–	***	–
Вина сухие красные	3,829	–	–	***
Тирамин				
Сидры	3,187	–	***	–
Вина сухие белые	6,683	***	–	–
Вина сухие красные	8,288	***	–	–
β-фенилэтиламин				
Сидры	0,268	–	***	–
Вина сухие белые	1,698	***	–	–
Вина сухие красные	2,141	***	–	–
Путресцин				
Сидры	0,433	***	–	–
Вина сухие белые	0,290	***	–	–
Вина сухие красные	0,362	***	–	–
Кадаверин				
Сидры	1,108	–	***	–
Вина сухие белые	0,287	***	–	–
Вина сухие красные	0,403	***	–	–
Сумма биогенных аминов				
Сидры	5,595	–	***	–
Вина сухие белые	11,575	***	–	–
Вина сухие красные	15,023	***	–	–

Примечание: *** на одной вертикали – средние значения, не имеющие статистически значимых различий; *** на разных вертикалях – различия средних значений статистически достоверны на 5 % уровне значимости.

Note: *** in one column – mean values with no statistically significant differences; *** in different columns – statistically significant differences in mean values (5% significance level).

сидры. По содержанию путресцина различий между тремя исследованными группами образцов обнаружено не было.

В таблице 7 представлены сводные данные о минимальных и максимальных концентрациях биогенных аминов в винах и сидрах. Концентрация гистамина и путресцина в винах была выше в сравнении с сидрами. При этом ни в промышленных, ни в лабораторных образцах сидров не выявлено наличие путресцина, предшественником которого является аминокислота орнитин. Во всех образцах сидров присутствовал спермидин (предшественник аргинин) в концентрации от 0,26 до 1,71 мг/дм³ из сортов Амулет и Лигол соответственно. Отмечено более высокое содержание кадаверина в сидрах, особенно в промышленных образцах, и незначительное – β-фенилэтиламина.

На рисунках 2 и 3 представлены максимальные суммарные концентрации биогенных аминов в промышленных и экспериментальных образцах сидров. Следует отметить, что максимальная суммарная концентрация биогенных аминов установлена в промышленных образцах сидров (в большей степени импортных): «Валь де Ранс Розе», «Белло де крю дю пей д'От Брют» (Франция), «Магнерс Ориджинал» (Ирландия), «Сидр Натурал Трабанко» (Испания) – более 15,0 мг/дм³.

В результате статистической обработки экспериментальных данных установлено влияние срока созревания плодов яблони на содержание биогенных аминов в сортовых экспериментальных сидрах (табл. 8). Статистически значимые различия выявлены по содержанию β-фенилэтиламина, который отсутствовал в сидрах из плодов яблони летнего срока созревания и резко возрастал в сидрах из плодов яблони сортов осеннего срока созревания по сравнению с зимними сортами. Зависимости по содержанию гистамина, кадаверина, тирамина и суммы биогенных аминов не были установлены.

Также выявлены статистически значимые различия содержания биогенных аминов в сидрах в зависимости от географического происхождения сортов яблони (табл. 9).

Полученные данные позволили заключить, что сидры из плодов яблони сортов западноевропейского происхождения имели наибольшую концентрацию гистамина по сравнению с сортами российского и североамериканского происхождения, не имеющих достоверного различия по этому показателю.

Сидры из российских сортов яблони содержали меньше гистамина, кадаверина, тирамина и суммы биогенных аминов по сравнению с сидрами из западноевропейских и североамериканских сортов, которые не имели статистически значимых различий между концентрациями данных групп биогенных аминов. Установлено, что содержание β-фенилэтиламина не зависит от географического происхождения сортов яблони, т. к. различия между тремя исследованными группами статистически недостоверны.

Таблица 7. Сводная таблица сравнительных данных массовых концентраций биогенных аминов в винах и сидрах

Table 7. Comparative data on mass concentrations of biogenic amines in wines and ciders

Образец	Массовая концентрация биогенных аминов, мг/дм ³					
	гистамин	тирамин	β -фенилэтиламин	путресцин	кадаверин	сумма биогенных аминов
Вино сухое белое						
Минимум	2,45 ± 0,04	1,88 ± 0,03	0,26 ± 0,03	0,16 ± 0,03	0,16 ± 0,03	4,91 ± 0,03
Максимум	4,22 ± 0,04	4,05 ± 0,04	0,63 ± 0,04	0,37 ± 0,03	0,32 ± 0,03	9,55 ± 0,04
Вино сухое красное						
Минимум	3,48 ± 0,04	2,54 ± 0,04	0,28 ± 0,03	0,22 ± 0,02	0,20 ± 0,02	6,72 ± 0,04
Максимум	5,34 ± 0,04	5,48 ± 0,04	0,45 ± 0,04	0,36 ± 0,02	0,38 ± 0,04	12,01 ± 0,04
Сидр сухой сортовой (экспериментальные образцы)						
Минимум	0,22 ± 0,02	2,85 ± 0,03	менее 0,10	менее 0,10	3,19 ± 0,03	6,64 ± 0,03
Максимум	1,25 ± 0,03	6,23 ± 0,04	0,45 ± 0,04	менее 0,10	7,04 ± 0,04	13,83 ± 0,04
Сидр (промышленные образцы)						
Минимум	0,78 ± 0,02	5,25 ± 0,04	менее 0,10	менее 0,10	4,18 ± 0,04	10,87 ± 0,04
Максимум	3,08 ± 0,04	9,12 ± 0,05	0,31 ± 0,03	менее 0,10	9,35 ± 0,06	21,75 ± 0,05

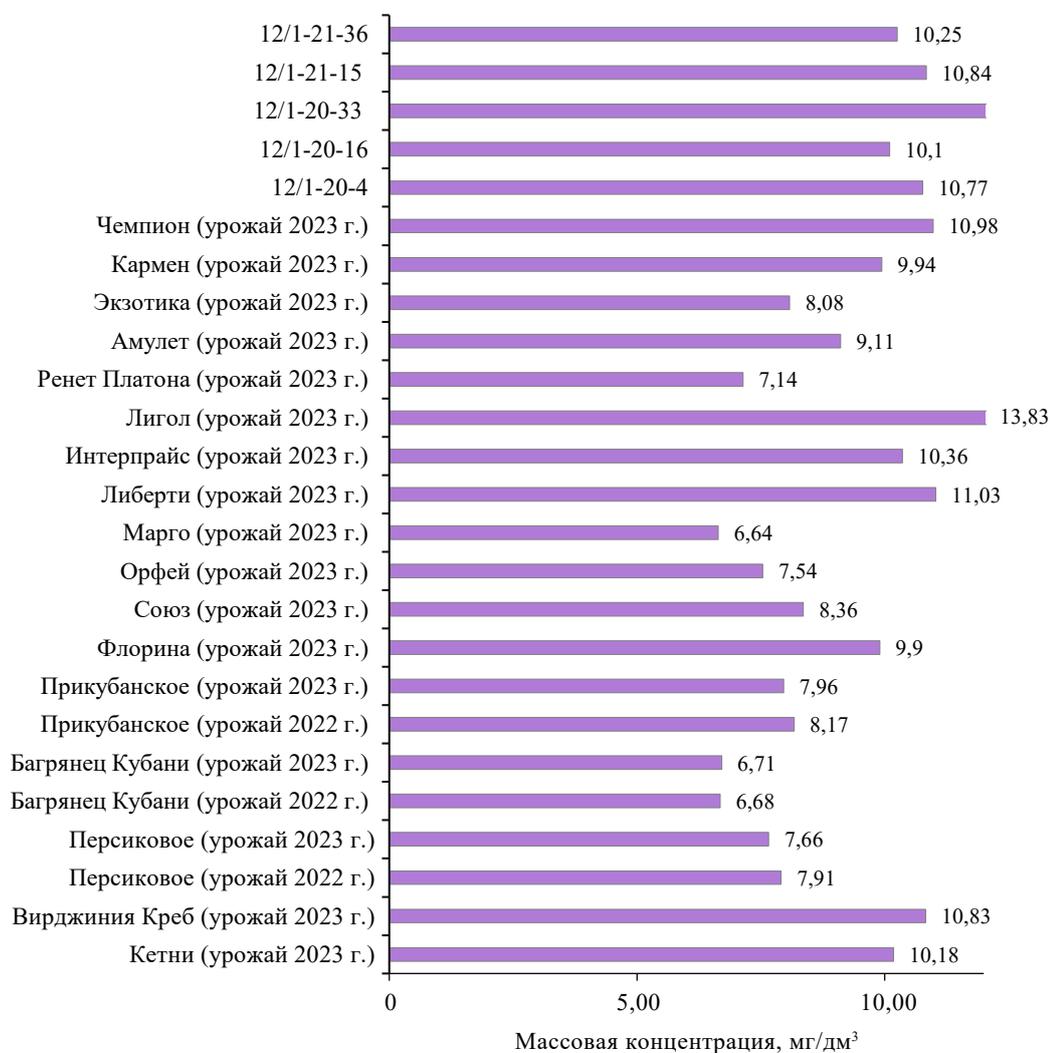


Рисунок 2. Суммарная массовая концентрация биогенных аминов в экспериментальных образцах сортовых сухих сидров из различных сортов и элитных форм яблони

Figure 2. Total mass concentration of biogenic amines in experimental samples of varietal dry ciders from different varieties and elite apple trees

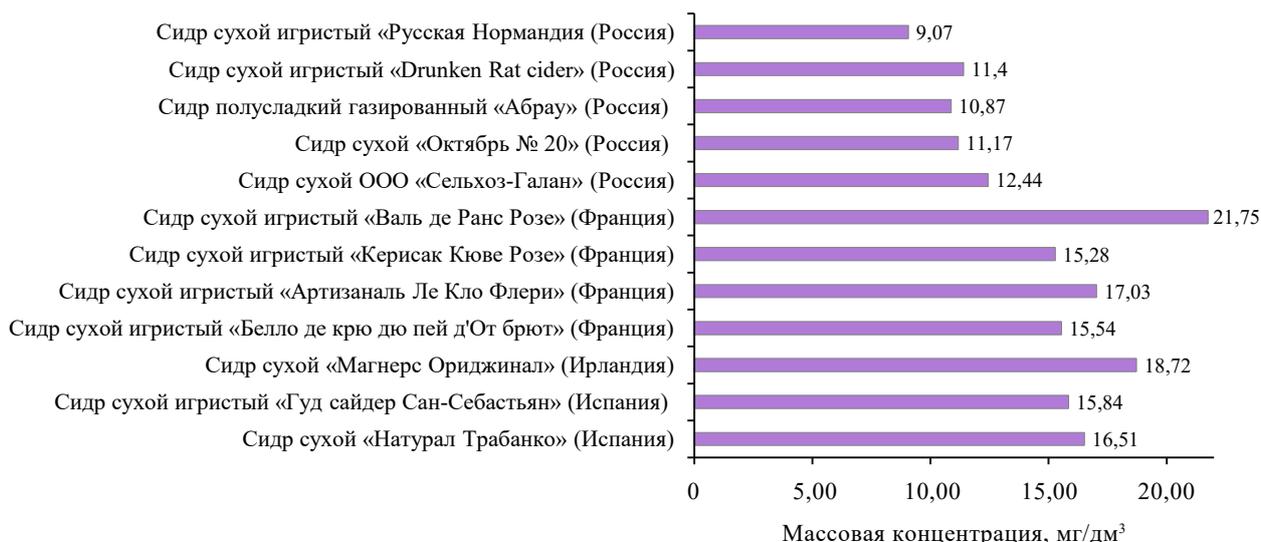


Рисунок 3. Суммарная массовая концентрация биогенных аминов в промышленных образцах сидров, приобретенных в розничной сети г. Краснодар

Figure 3. Total mass concentration of biogenic amines in industrial samples of ciders purchased in retail shops in Krasnodar

Таблица 8. Результаты множественного рангового теста по содержанию биогенных аминов в экспериментальных сидрах, изготовленных из сортов яблони разного срока созревания

Table 8. Multiple rank test of biogenic amine content in ciders made from apple varieties of different ripening time

Срок созревания плодов яблони	Среднее значение, мг/дм³	Множественный ранговый тест		
Гистамин				
Зимний	0,390	***	–	–
Осенний	0,406	***	–	–
Летний	0,425	***	–	–
Кадаверин				
Летний	3,670	***	–	–
Осенний	3,984	***	–	–
Зимний	4,015	***	–	–
Тирамин				
Зимний	4,270	***	–	–
Летний	4,640	***	–	–
Осенний	4,902	***	–	–
β-фенилэтиламин				
Летний	0,000	***	–	–
Зимний	0,169	–	***	–
Осенний	0,323	–	–	***
Сумма биогенных аминов				
Летний	8,735	***	–	–
Зимний	8,845	***	–	–
Осенний	9,616	***	–	–

Примечание: *** на одной вертикали – средние значения, не имеющие статистически значимых различий; *** на разных вертикалях – различия средних значений статистически достоверны на 5 % уровне значимости.

Note: *** in one column – mean values with no statistically significant differences; *** in different columns – statistically significant differences in mean values (5% significance level).

Таблица 9. Результаты множественного рангового теста по содержанию биогенных аминов в сидрах из сортов яблони различного географического происхождения

Table 9. Multiple rank test of biogenic amine content in ciders from apple varieties of different geographical origins

Происхождение сорта	Среднее значение, мг/дм³	Множественный ранговый тест		
Гистамин				
США	0,375	***	–	–
Россия	0,375	***	–	–
Западная Европа	0,499	–	***	–
Кадаверин				
Россия	3,550	–	***	–
Западная Европа	4,893	***	–	–
США	4,897	***	–	–
Тирамин				
Россия	3,878	–	***	–
США	5,260	***	–	–
Западная Европа	5,776	***	–	–
β-фенилэтиламин				
Западная Европа	0,084	***	–	–
Россия	0,191	***	–	–
США	0,206	***	–	–
Сумма биогенных аминов				
Россия	7,995	–	***	–
США	10,740	***	–	–
Западная Европа	11,252	***	–	–

Примечание: *** на одной вертикали – средние значения, не имеющие статистически значимых различий; *** на разных вертикалях – различия средних значений статистически достоверны на 5 % уровне значимости.

Note: *** in one column – mean values with no statistically significant differences; *** in different columns – statistically significant differences in mean values (5% significance level).

Далее показатели массовой концентрации биогенных аминов в сидрах из сортов яблони различного географического происхождения были подвергнуты группировке по комплексу признаков, характеризующих содержание биогенных аминов с помощью кластерного анализа методом Уорда (рис. 4). Особенность этого алгоритма заключалась в преобладании межгрупповой дисперсии над внутригрупповой, что позволило выделить максимально различные группы сидров в зависимости от сорта яблок, из которых они были изготовлены.

Были выделены два кластера образцов на уровне 40 усл. ед. В первый кластер включены сидры из сортов яблони: С_5 – Багрянец Кубани, С_7 – Прикубанское, С_3 – Персиковое (образцы урожая 2022 г.) и С_12 – Марго, С_6 – Багрянец Кубани, С_10 – Союз, С_18 – Экзотика, С_8 – Прикубанское, С_16 – Ренет Платона, С_11 – Орфей, С_4 – Персиковое (образцы урожая 2023 г.); во второй кластер: С_15 – Лигол, С_20 – Чемпион, С_14 – Интерпрайс, С_13 – Либерти, С_2 – Вирджиния Креб, С_17 – Амулет, С_19 – Кармен, С_9 – Флорина, С_1 – Кетни (все образцы урожая 2023 г.). В первый кластер вошли сидры только из сор-

тов яблони российской селекции; во второй – в основном из сортов зарубежной селекции, за исключением Амулет, Кармен и Кетни. Следует отметить, что сортовые сидры урожая разных лет попали в одну группу, что говорит о стабильности содержания в них биогенных аминов, которое, вероятно, определялось генотипом сорта яблони. Средние значения признаков в выделенных группах сравнивали с помощью *t*-критерия Стьюдента (табл. 10).

Согласно полученным расчетным данным (табл. 10), сидры из сортов второго кластера имели более высокое содержание биогенных аминов по сравнению с первым кластером. Различия между кластерами по содержанию β -фенилэтиламина были статистически недостоверными.

Множественный ранговый тест содержания биогенных аминов в сидрах из различных сортов и элитных форм яблони позволил выявить статистически значимые различия по концентрациям биогенных аминов (гистамина, кадаверина, тирамина) в сидрах из сорта Экзотика и элитной формы яблони 12/1-20-4.

Выявлены различия по содержанию биогенных аминов в трех группах сидров, в том числе: в экспери-

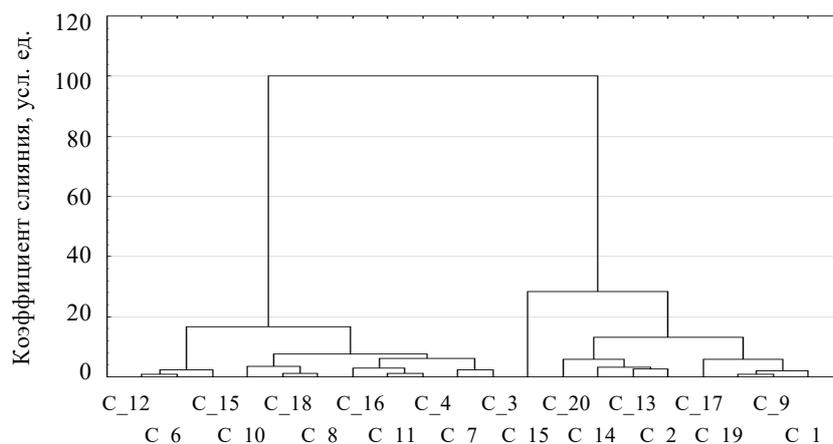


Рисунок 4. Результаты кластерного анализа показателей массовой концентрации биогенных аминов в сидрах в зависимости от сорта яблони

Figure 4. Cluster analysis of mass concentration indicators of biogenic amines in ciders depending on apple variety

Таблица 10. Сравнение средних значений признаков в выделенных кластерах

Table 10. Mean values in selected clusters

Признак	Первый кластер	Второй кластер	<i>t</i> -критерий
Содержание гистамина	0,351	0,450	2,46*
Содержание кадаверина	3,419	4,656	3,90**
Содержание тирамина	3,581	5,404	8,24**
Содержание β -фенилэтиламина	0,177	0,172	0,94
Сумма биогенных аминов	7,531	10,684	6,97**

Примечание: * – различия средних показателей, достоверных на 5 % уровне значимости; ** – различия средних показателей, достоверных на 1 % уровне значимости.

Note: * – differences in means are significant at 5%; ** – differences in means are significant at 1%.

ментальных сидрах из исследуемых сортов яблони, в экспериментальных сидрах из исследуемых элитных форм яблони, в промышленных образцах сидров (табл. 11).

Образцы сидров имели статистически значимые различия по содержанию гистамина, кадаверина и по сумме биогенных аминов, уровень которых в промышленных образцах сидров резко увеличивался. В содержании тирамина были выявлены статистически значимые изменения между группами экспериментальных образцов сидров из различных сортов яблони и элитных форм яблони селекции СКФНЦСВВ и группой промышленных образцов сидров (данный показатель резко возростал у последней группы). Среди трех исследуемых групп значительные вариации в концентрации β -фенилэтиламина не обнаружены.

В результате изучения влияния питательных добавок для дрожжей на накопление биогенных аминов при сбраживании свежего виноградного сусле и свежего яблочного сусле получены экспериментальные данные, позволяющие заключить, что добавление

подкормок при сбраживании приводит к повышению концентрации биогенных аминов как в винах, так и в сидрах (табл. 12). При этом наибольшее увеличение отмечено при внесении дрожжевого автолизата, который под действием ферментов дрожжей при брожении декарбоксилируется до образования соответствующих биогенных аминов. Кроме того, значительное увеличение массовой концентрации биогенных аминов отмечено при внесении препарата Сэлклин, состоящего из оболочек дрожжей вида *Saccharomyces cerevisiae*. Оболочки автолизированных дрожжевых клеток под действием ферментных систем винных дрожжей трансформировались до аминокислот с последующим образованием биогенных аминов.

Внесение диаммонийфосфата, не содержащего аминокислоты, также приводило к увеличению концентрации биогенных аминов во всех экспериментальных образцах. Это подтверждает существование способности винных дрожжей синтезировать аминокислоты из различных азотистых соединений, в большей мере аммонийных и аммиачных солей,

Таблица 11. Результаты множественного рангового теста по содержанию биогенных аминов в экспериментальных сидрах из сортов и форм яблони и промышленных образцах сидров

Table 11. Multiple rank test of biogenic amine content in experimental ciders from different apple varieties vs. industrial samples

Образец	Среднее значение, мг/дм ³	Множественный ранговый тест		
Гистамин				
Экспериментальные образцы сидров из различных сортов яблони	0,398	***	–	–
Экспериментальные образцы сидров из элитных форм яблони селекции СКФНЦСВВ	0,888	–	***	–
Промышленные образцы сидров	1,596	–	–	***
Кадаверин				
Экспериментальные образцы сидров из различных сортов яблони	3,941	***	–	–
Экспериментальные образцы сидров из элитных форм яблони селекции СКФНЦСВВ	4,963	–	***	–
Промышленные образцы сидров	5,780	–	–	***
Тирамин				
Экспериментальные образцы сидров из различных сортов яблони	4,488	***	–	–
Экспериментальные образцы сидров из элитных форм яблони селекции СКФНЦСВВ	4,970	***	–	–
Промышленные образцы сидров	7,086	–	–	***
β-фенилэтиламин				
Экспериментальные образцы сидров из различных сортов яблони	0,173	***	–	–
Экспериментальные образцы сидров из элитных форм яблони селекции СКФНЦСВВ	0,177	***	–	–
Промышленные образцы сидров	0,205	***	–	–
Сумма биогенных аминов				
Экспериментальные образцы сидров из различных сортов яблони	9,005	***	–	–
Экспериментальные образцы сидров из элитных форм яблони селекции СКФНЦСВВ	11,025	–	***	–
Промышленные образцы сидров	14,635	–	–	***

Примечание: *** на одной вертикали – средние значения, не имеющие статистически значимых различий; *** на разных вертикалях – различия средних значений статистически достоверны на 5 % уровне значимости.

Note: *** in one column – mean values with no statistically significant differences; *** in different columns – statistically significant differences in mean values (5% significance level).

Таблица 12. Влияние подкормок дрожжей на массовую концентрацию биогенных аминов в винах и сидрах

Table 12. Effect of different yeast dressings on mass concentration of biogenic amines in wines and ciders

Добавка	Массовая концентрация биогенных аминов, мг/дм ³					
	гистамин	тирамин	β -фенилэтиламин	путресцин	кадаверин	сумма биогенных аминов
Вино сухое белое						
Без добавок (контроль)	1,32 ± 0,02	1,45 ± 0,03	0,18 ± 0,02	0,08 ± 0,02	0,06 ± 0,02	3,09 ± 0,03
Автолизат	3,88 ± 0,03	10,47 ± 0,04	2,74 ± 0,03	0,42 ± 0,03	0,56 ± 0,03	18,07 ± 0,04
Диаммонийфосфат	2,04 ± 0,02	6,47 ± 0,03	1,64 ± 0,03	0,24 ± 0,02	0,18 ± 0,02	10,57 ± 0,03
Сэлклин	3,22 ± 0,03	8,34 ± 0,04	2,23 ± 0,03	0,42 ± 0,03	0,36 ± 0,03	14,57 ± 0,04
Вино сухое красное						
Без добавок (контроль)	2,72 ± 0,03	2,58 ± 0,03	0,32 ± 0,02	0,12 ± 0,02	0,12 ± 0,02	5,86 ± 0,03
Автолизат	5,18 ± 0,03	14,12 ± 0,04	3,06 ± 0,04	0,53 ± 0,03	0,62 ± 0,03	23,51 ± 0,04
Диаммонийфосфат	3,06 ± 0,04	6,18 ± 0,04	2,42 ± 0,04	0,34 ± 0,03	0,35 ± 0,03	12,35 ± 0,03
Сэлклин	4,35 ± 0,03	10,27 ± 0,04	2,76 ± 0,03	0,46 ± 0,03	0,53 ± 0,03	18,37 ± 0,04
Сидр сухой (экспериментальный образец)						
Без добавок (контроль)	нет	1,32 ± 0,02	нет	нет	0,56 ± 0,03	1,88 ± 0,02
Автолизат	1,23 ± 0,02	4,45 ± 0,03	0,46 ± 0,03	0,88 ± 0,03	1,42 ± 0,04	8,44 ± 0,03
Диаммонийфосфат	0,14 ± 0,02	3,12 ± 0,02	0,24 ± 0,02	0,22 ± 0,02	1,13 ± 0,04	4,85 ± 0,02
Сэлклин	1,03 ± 0,02	3,86 ± 0,03	0,37 ± 0,02	0,63 ± 0,02	1,32 ± 0,03	7,21 ± 0,03

при участии ферментов восстановления и кетокислот бродящей среды. При этом нельзя исключать роль реакций переаминирования аминокислот.

Яблочное сусло практически не содержит таких аминокислот, как гистидин, орнитин, β -фенилаланин. В экспериментальных образцах сидров не выявлены гистамин, путресцин и β -фенилэтиламин, однако в сидрах, произведенных с применением активаторов брожения, данные биогенные амины идентифицированы. Следовательно, при брожении протекают процессы трансформации одной аминокислоты в другую, создавая условия для образования биогенных аминов.

Полученные результаты позволяют отметить, что при добавлении автолизата в свежее виноградное сусло из белых сортов винограда значительно увеличилась концентрация β -фенилэтиламина (в 15 раз), кадаверина (в 9 раз), тирамина (в 7 раз) в сравнении с контрольными образцами (без внесения добавок).

При брожении мезги красного винограда в присутствии автолизата наибольшее увеличение концентрации отмечено для β -фенилэтиламина (в 9,5 раза). Концентрация остальных биогенных аминов возросла в среднем в 3–5 раз.

Внесение добавок в свежее яблочное сусло способствовало образованию гистамина, β -фенилэтиламина и путресцина, увеличению концентрации тирамина и кадаверина, особенно при добавлении к бродящему суслу автолизата дрожжей и Сэлклина. Очевидно, этим фактом объясняется присутствие биогенных аминов в промышленных вариантах сидров, преимущественно в произведенных из концентрированного яблочного сока.

Изучены статистически значимые различия концентраций биогенных аминов в винах и сидрах в зависимости от внесенных подкормок для дрожжей (табл. 13).

Выявлено, что внесение подкормок для дрожжей не оказывает влияния на концентрацию β -фенилэтиламина и кадаверина как в винах, так и в сидрах. По концентрациям гистамина, тирамина, путресцина и сумме биогенных аминов в обоих типах образцов отмечены различия, которые являются статистически значимыми. С внесением автолизата дрожжей и Сэлклина в винах и сидрах установлено наибольшее содержание гистамина в сравнении с образцами без добавок (контрольными) и с внесением диаммонийфосфата. По содержанию путресцина статистически достоверных различий у контрольных и образцов с добавлением подкормок не выявлено.

Выводы

Представленные экспериментальные данные свидетельствуют о сложном механизме образования биогенных аминов в винах – трансформации азотистых соединений под действием ферментативных систем дрожжевых клеток. Установлено влияние сорта винограда и технологии производства вина на концентрацию биогенных аминов. Полученные результаты показали, что суммарная концентрация биогенных аминов в белых сухих винах варьировалась от 4,91 мг/дм³ (из сорта винограда Шардоне) до 9,55 мг/дм³ (из сорта винограда Совиньон блан), в красных сухих винах – до 12,01 мг/дм³ (из сорта винограда Саперави). Биологическое кислотопонижение способствовало увеличению концентрации биогенных аминов.

Таблица 13. Результаты множественного рангового теста по влиянию подкормок дрожжей на концентрацию биогенных аминов в винах и сидрах

Table 13. Multiple rank test of the effect of different yeast dressings on biogenic amine concentrations in wines and ciders

Добавка	Среднее значение, мг/дм ³	Множественный ранговый тест		
Гистамин				
Без добавок	1,346	***	—	—
Диаммонийфосфат	1,749	***	***	—
Сэлклин	2,868	—	***	***
Автолизат	3,432	—	—	***
Тирамин				
Без добавок	1,783	—	—	***
Диаммонийфосфат	9,679	***	—	—
Сэлклин	5,258	***	***	—
Автолизат	7,490	—	***	—
β -фенилэтиламин				
Без добавок	0,169	—	***	—
Диаммонийфосфат	2,087	***	—	—
Сэлклин	1,432	***	—	—
Автолизат	1,788	***	—	—
Путресцин				
Без добавок	0,067	—	***	—
Диаммонийфосфат	0,610	—	—	***
Сэлклин	0,266	***	—	—
Автолизат	0,503	***	—	—
Кадаверин				
Без добавок	0,246	—	***	—
Диаммонийфосфат	0,866	***	***	—
Сэлклин	0,552	***	—	—
Автолизат	0,734	***	—	—
Сумма биогенных аминов				
Без добавок	3,610	—	—	***
Диаммонийфосфат	16,673	***	—	—
Сэлклин	9,257	***	***	—
Автолизат	13,383	—	***	—

Примечание: *** на одной вертикали – средние значения, не имеющие статистически значимых различий; *** на разных вертикалях – различия средних значений статистически достоверны на 5 % уровне значимости.

Note: *** in one column – mean values with no statistically significant differences; *** in different columns – statistically significant differences in mean values (5% significance level).

Зафиксировано высокое содержание кадаверина в сидрах, особенно в промышленных образцах, незначительное количество β -фенилэтиламина и отсутствие путресцина. Суммарная концентрация биогенных аминов имела наибольшее значение в промышленных образцах сидров, преимущественно в импортных. Выявлено существенное варьирование концентрации биогенных аминов в сидрах в зависимости от сорта яблони, срока созревания и геолого-географического происхождения.

Установлено, что добавление азотистых подкормок – активаторов брожения – приводит к увеличению концентрации биогенных аминов как в винах, так и в сидрах. Наибольшее увеличение отмечено при внесении дрожжевого автолизата и препарата Сэлклин. Снизить уровень биогенных аминов в готовой продукции возможно посредством выбора опре-

деленных молочнокислых бактерий и подкормок для дрожжей, неспособствующих продуцированию биогенных аминов или интродуцирующих их в минимальных количествах.

Полученные результаты исследований могут быть использованы при разработке нормативных актов, которые устанавливают пороговые значения массовой концентрации биогенных аминов в винах и сидрах в качестве показателя безопасности с целью обеспечения защиты потребителя.

Критерии авторства

Н. М. Агеева руководила проектом, формировала концепцию и дизайн исследования, подготавливала рукопись. А. А. Ширшова проводила исследование массовой концентрации биогенных аминов, подготавливала и оформляла рукопись. Е. В. Ульяновская

обосновывала выбор сортов яблоны для исследования, участвовала в формировании концепции и дизайна исследования. С. Н. Щеглов проводил статистическую обработку полученных экспериментальных данных, участвовал в написании рукописи. А. А. Храпов, Е. А. Чернуцкая осуществляли сбор ягод винограда и плодов яблоны, а также их переработку на вина и сидры. Все авторы утвердили окончательный вариант статьи и берут ответственность за целостность всех ее частей.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Выражаем благодарность сотрудникам центра коллективного пользования высокотехнологичным оборудованием Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия (СКФНЦСВВ) за оказанную помощь при проведении исследования.

Contribution

N.M. Ageyeva supervised the project, developed the research concept, designed the study, and prepared the manuscript. A.A. Shirshova conducted studies of the mass concentration of biogenic amines and drafted the manuscript. E.V. Ulyanovskaya chose apple varieties, developed the research concept, and designed the study. S.N. Shcheglov performed the statistical processing of the experimental data and drafted the manuscript. A.A. Khrapov and E.A. Chernutskaya collected grapes and apples to be processed into wines and ciders. The authors approved the final version of the article and take responsibility for the integrity of all its parts.

Conflict of interest

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

Acknowledgements

The authors express their gratitude to the team of the Center for Collective Use of High-Tech Equipment, North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, and Winemaking.

Список литературы / References

1. Abedini A, Sadighara P, Sani MA, McClements DJ. The impact of synthetic and natural additives on biogenic amine production in food products. *Food Bioscience*. 2023;56:103295. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103295>
2. Gao X, Li C, He R, Zhang Y, Wang B, et al. Research advances on biogenic amines in traditional fermented foods: Emphasis on formation mechanism, detection and control methods. *Food Chemistry*. 2023;405(Part A):134911. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134911>
3. Шелехова Н. В., Абрамова И. М., Шелехова Т. М. Определение анионов неорганических кислот в спиртных дистиллированных напитках методом капиллярного электрофореза с кондуктометрическим детектированием. *Техника и технология пищевых производств*. 2023. Т. 53. № 4. С. 796–806. [Shelekhova NV, Abramova IM, Shelekhova TM. Inorganic acid anions in distilled alcoholic beverages: Capillary electrophoresis with conductometric detection. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2023;53(4):796–806. (In Russ.)] <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-4-2479>
4. Diez-Ozaeta I, Amárita F, Lavilla M, Rainieri S. Ecology of indigenous lactic acid bacteria from Rioja Alavesa red wines, focusing on biogenic amine production ability. *LWT*. 2019;116:108544. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108544>
5. Angulo MF, Flores M, Aranda M, Henriquez-Aedo K. Fast and selective method for biogenic amines determination in wines and beers by ultra high-performance liquid chromatography. *Food Chemistry*. 2020;309:125689. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125689>
6. La Torre GL, Rotondo A, Salvo A. Do vine cropping and breeding practices affect the biogenic amines' content of produced wines? *Journal of Food Composition and Analysis*. 2023;115:104901. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104901>
7. Fabjanowicz M, Róžańska A, Kalinowska K, Płotka-Wasyłka J. Miniaturized, green salting-out liquid–liquid microextraction coupled with GC–MS used to evaluate biogenic amines in wine samples. *Microchemical Journal*. 2022;180:107616. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2022.107616>
8. Ubeda C, Hornedo-Ortega R, Cerezo AB, Garcia-Parrilla MC, Troncoso AM. Chemical hazards in grapes and wine, climate change and challenges to face. *Food Chemistry*. 2020;314:126222. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126222>
9. Mišková Z, Lorencová E, Salek RN, Koláčková T, Trávníčková L, et al. Occurrence of biogenic amines in wines from the Central European region (zone B) and evaluation of their safety. *Foods*. 2023;12(9):1835. <https://doi.org/10.3390/foods12091835>
10. Costantini A, Vaudano E, Pulcini L, Carafa T, Garcia-Moruno E. An overview on biogenic amines in wine. *Beverages*. 2019;5(1):19. <https://doi.org/10.3390/beverages5010019>
11. Perestrello R, Bordiga M, Locatelli M, Silva C, Câmara JS. Polyphenols, biogenic amines and amino acids patterns in Verdelho wines according to vintage. *Microchemical Journal*. 2020;153:104383. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104383>

12. Gutiérrez-Escobar R, Aliaño-González MJ, Cantos-Villar E. Variety and year: Two key factors on amino acids and biogenic amines content in grapes. *Food Research International*. 2024;175:113721. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113721>
13. Palomino-Vasco M, Rodríguez-Cáceres MI, Mora-Diez N, Pardo-Botello R, Acedo-Valenzuela MI. Biogenic amines profile in red wines regarding aging and storage conditions. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2019;83:103295. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103295>
14. Henríquez-Aedo K, Galarce-Bustos O, Aqueveque P, García A, Aranda M. Dynamic of biogenic amines and precursor amino acids during cabernet sauvignon vinification. *LWT*. 2018;97:238–244. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.06.029>
15. Comuzzo P, Rauhut D, Werner M, Lagazio C, Zironi R. A survey on wines from organic viticulture from different European countries. *Food Control*. 2013;34(2):274–282. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.04.039>
16. Proestos C. *Biogenic Amines*. London: IntechOpen; 2019. 88 p. <https://doi.org/10.5772/intechopen.75221>
17. Visciano P, Schirone M. Update on biogenic amines in fermented and non-fermented beverages. *Foods*. 2022;11(3):353. <https://doi.org/10.3390/foods11030353>
18. Ahangari H, Kurbanoglu S, Ehsani A, Uslu B. Latest trends for biogenic amines detection in foods: Enzymatic biosensors and nanozymes applications. *Trends in Food Science & Technology*. 2021;112:75–87. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.037>
19. Liao F-Y, Weng J-R, Lin Y-C, Feng C-H. Molecularly imprinted dispersive micro solid-phase extraction and tandem derivatization for the determination of histamine in fermented wines. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2024;416:945–957. <https://doi.org/10.1007/s00216-023-05083-x>
20. Tan F, Wang B, Li L, Yu Q, Cai J, *et al.* The effect of non-*Saccharomyces* yeasts on biogenic amines in Sauvignon Blanc wine and Gewürztraminer wine. *Food Bioscience*. 2024;59:104153. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104153>
21. Morata A. *Red Wine Technology*. Madrid: Academic Press; 2019. 408 p. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-01326-5>
22. Агеева Н. М., Ширшова А. А., Тихонова А. Н. Влияние спиртового и яблочно-молочного брожения на содержание биогенных аминов в винах. *Техника и технология пищевых производств*. 2021. Т. 51. № 3. С. 449–457. [Ageyeva NM, Shirshova AA, Tikhonova AN. Influence of alcoholic and malolactic fermentation on the level of biogenic amines in wine. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2021;51(3):449–457. (In Russ.)] <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-3-449-457>
23. Lorencová E, Salek RN, Buňková L, Szczybrochová M, Černíková M, *et al.* Assessment of biogenic amines profile in ciders from the Central Europe region as affected by storage time. *Food Bioscience*. 2021;41:100957. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.100957>
24. Eszergár-Kiss D, Caesar B. Definition of user groups applying Ward’s method. *Transportation Research Procedia*. 2017;22:25–34. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.03.004>
25. Vilela A. Non-*Saccharomyces* yeasts and organic wines fermentation: Implications on human health. *Fermentation*. 2020;6(2):54. <https://doi.org/10.3390/fermentation6020054>