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

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-3-449-457
УДК 663.256

Оригинальная статья
http://fptt.ru

Влияние спиртового и яблочно-молочного брожения на содержание биогенных аминов в винах

Н. М. Агеева, А. А. Ширшова*, А. Н. Тихонова

Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, Краснодар, Россия

Поступила в редакцию: 19.05.2021

Принята после рецензирования: 20.06.2021
Принята в печать: 15.07.2021

**e-mail: anastasiya_1987@inbox.ru*
© Н. М. Агеева, А. А. Ширшова, А. Н. Тихонова, 2021

Аннотация.
Введение. Важным показателем безопасности пищевой продукции является концентрация биогенных аминов. В виноградных винах их концентрация варьируется в зависимости от сорта винограда, его микробиологического состояния, технологии переработки, расы дрожжей, штаммов молочнокислых бактерий, условий спиртового и яблочно-молочного брожения и др. Цель работы – установить влияние технологии производства столовых сухих белых и красных вин на концентрацию биогенных аминов.
Объекты и методы исследования. Массовую концентрацию биогенных аминов определяли методом высокоэффективного капиллярного электрофореза на высокоточном приборе Капель 105Р в столовых сухих белых виноматериалах из сорта винограда «Шардоне» и столовых сухих красных виноматериалах из сорта винограда «Каберне-Совиньон», приготовленных в лабораторных условиях.
Результаты и их обсуждение. В столовом сухом белом вине в больших концентрациях обнаружены тирамин (1,12 мг/дм³), фенилэтидамин (0,58 мг/дм³) и гистамин (0,57 мг/дм³), в красном – тирамин (0,62 мг/дм³), гистамин (0,45 мг/дм³), путресцин (0,43 мг/дм³) и кадаверин (0,38 мг/дм³). На примере столового сухого белого вина установлены оптимальные значения pH (3,2–3,6), при которых отмечено минимальное образование биогенных аминов. В столовых красных сухих винах, полученных по схеме с термической обработкой мезги, концентрация биогенных аминов была меньше (особенно летучих биогенных аминов – метиламина и фенилэтиламина) в сравнении с белыми винами. Наибольшее образование биогенных аминов отмечено во время процесса кислотопонижения за счет активности ферментов яблочно-молочных бактерий, под действием которых происходило образованием биогенных аминов в результате декарбоксилирования аминокислот.
Выводы. Установлено влияние технологии производства столовых сухих белых и красных вин на концентрацию биогенных аминов. Для снижения уровня биогенных аминов в готовой продукции необходимо контролировать каждый этап винификации и уделять внимание выбору расы дрожжей и молочнокислых бактерий, неспособных продуцировать биогенные амины или интродуцировать их в минимальных количествах, а также контролировать условия процессов брожения и кислотопонижения (температуру и pH).

Ключевые слова. Амины, виноматериалы, алкогольные напитки, аминокислоты, брожение, pH

Финансирование. Работа выполнена на базе научного центра «Виноделие» и центра коллективного пользования технологичным оборудованием Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. Исследование выполнено в рамках госзадания Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия (СКФНЦСВВ).

Для цитирования: 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. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-3-449-457.

Original article

Available online at http://fptt.ru/eng

Influence of Alcoholic and Malolactic Fermentation on the Level of Biogenic Amines in Wine

Natalia M. Ageyeva, Anastasia A. Shirshova*, Anastasia N. Tikhonova

North-Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture and Winemaking, Krasnodar, Russia

Received: May 19, 2021
Accepted in revised form: June 20, 2021
Accepted for publication: July 15, 2021

*e-mail: anastasiya_1987@inbox.ru
© N.M. Ageyeva, A.A. Shirshova, A.N. Tikhonova, 2021

Abstract.
Introduction. The concentration of biogenic amines is an important indicator of the safety of food products, especially winemaking. In grape wines, this concentration varies widely depending on the grape variety, its microbiological state, processing technology, the race of yeast and bacteria of malolactic fermentation, conditions of alcoholic and malolactic fermentation, etc. This research is aimed at determining the effect of the production technology of dry white and red wines on the concentration of biogenic amines.
Study objects and methods. The mass concentration of biogenic amines was determined by the method of high-performance capillary electrophoresis using a Kapel 105R in laboratory-obtained samples of dry white wine from the Chardonnay grape variety and table dry red wine from the Cabernet-Sauvignon grape variety.
Results and discussion. The dry white wine samples revealed high concentrations of tyramine (1.12 mg/dm³), phenylethydamine (0.58 mg/dm³), and histamine (0.57 mg/dm³), while the red wine samples demonstrated tyramine (0.62 mg/dm³), histamine (0.45 mg/dm³), putrescine (0.43 mg/dm³), and cadaverine (0.38 mg/dm³). The white wine samples had optimal pH values (3.2–3.6) with minimal formation of biogenic amines. The red wine samples, especially those obtained by heat treatment, had a lower concentration of biogenic amines, especially volatile biogenic amines, i.e. methylamine and phenylethylamine. The greatest formation of biogenic amines occurred during the acid reduction process: under the effect of enzymes of malolactic bacteria, biogenic amines formed as a result of decarboxylation of amino acids.
Conclusion. The technology of production of table dry white and red wines affects the concentration of biogenic amines. To reduce the level of biogenic amines in the finished product, each stage of vinification has to be controlled, especially the stages of fermentation and acid reduction (temperature and pH). The race of yeast and lactic acid bacteria cannot include those that produce biogenic amines or introduce them in minimal quantities.

Keywords. Amines, wine materials, alcoholil bererages, amino acids, fermentation, pH

Funding. The research was performed on the basis of the scientific center “Winemaking” and center for collective use of technological equipment North-Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture and Winemaking. The study was financially supported the state task of the North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, and Wine-Making (NCFSCHVW).

For citation: 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.

Введение

Биогенные амины – это азотсодержащие соединения с низкой молекулярной массой, обладающие биологической активностью и образующиеся путем декарбоксилирования аминокислот и/или трансаминирования альдегидов и кетонов во время нормальных метаболических процессов в живых клетках. Они обнаруживаются в различных биологических объектах – животных и растительных. Их образование связано с жизнедеятельностью микроорганизмов и инициируемыми ими биохимическими процессами. К числу таких процессов относятся протекающие в производстве вин спиртовое и яблочно-молочное брожение, а также уксуснокислое скисание, свидетельствующее о порче винодельческой продукции. В винах идентифицированы тирамин, триптамин, этиламин, метиламин, н-бутиламин, диэтиламин, путресцин, гистамин, кадаверин, фенилэтиламин в концентрациях до 30 мг/дм³. При этом в красных винах его количество намного больше, чем в белых [1–4]. В пиве амины присутствуют в количестве 8–30 мг/дм³, а в инфицированном пиве и в пиве в конце срока годности их содержание гораздо выше (до 150 мг/дм³) [5]. Употребление напитков, содержащих биогенные амины, оказывает вредное воздействие на организм человека из-за ингибирования алкоголем ферментов, расщепляющих биогенные амины (преимущественно аминооксидазы) [6]. Практически все продукты питания, которые содержат белки или свободные аминокислоты, являются благоприятной средой для образования биогенных аминов. В неферментированных пищевых продуктах наличие биогенных аминов рассматривается как маркер качества, поскольку их присутствие свидетельствует о нежелательной активности микроорганизмов и нарушении технологии производства продукта. В связи с этим, согласно Регламенту комиссии ЕС №2073/2005 от 15 ноября 2005 г. о микробиологических показателях для

пищевых продуктов, концентрация суммы биогенных аминов в некоторых пищевых продуктах нормируется [7, 8]. В России в винодельческой продукции концентрация биогенных аминов не нормируется. Тем временем некоторые страны установили максимально предельные значения содержания гистамина в вине: в Германии – 2 мг/дм^3, в Бельгии – 6 мг/дм^3, в Швейцарии и Австрии – 10 мг/дм^3, во Франции – 8 мг/дм^3, в Голландии – 4 мг/дм^3 [1, 4]. Максимальным пределом содержания суммы биогенных аминов, безопасным для потребителей, считают 10 мг/дм^3.

Концентрация биогенных аминов в виноградных винах варьируется в широких пределах в зависимости от сорта винограда и его микробиологического состояния: агротехнических приемов возделывания виноградной лозы, технологии переработки, pH среды, расы дрожжей, бактерий, условий яблочно-молочного брожения и т. п. [2, 3, 9, 10]. Считается, что накопление биогенных аминов в красных винах больше, чем у белых, из-за инактивации процессов декарбоксилирования фенольными соединениями аминооксидаз [4, 9, 11, 12]. Однако имеются данные о высоких концентрациях биогенных аминов в белых винах. Например, в хересах [13].

Биогенные амины – продукты декарбоксилирования соответствующих аминокислот. Их концентрация зависит не только от количества аминокислот, но и от активности ферментов – декарбоксилаз аминокислот – гистидиндекарбоксилазы, тираминдекарбоксилазы, путресциндекарбоксилазы, кадавериндекарбоксилазы, метиламиндекарбоксилазы и т. п., имеющих микробиальное происхождение и обладающих высокой активностью в кислых средах [14, 15]. В виноградных винах встречаются гистамин, тирамин, фенилэтиламин. Кадаверин образуется из лизина, путресцин – из орнитина, агматин – из аргинина, гистамин – из гистидина, тирамин – из тирозина, фенилэтиламин – из фенилаланина и т. п. Следовательно, технологические процессы, приводящие к повышению концентрации аминокислот, могут спровоцировать образование биогенных аминов. К таким процессам можно отнести спиртовое и яблочно-молочное брожение, дображивание и батонаж. При их проведении имеет место продолжительный контакт виноматериалов с микроорганизмами – дрожжами и молочнокислыми бактериями [15]. Яблочно-молочное брожение при высоких концентрациях яблочной кислоты в виноматериалах часто применяют с целью снижения уровня кислотности и повышения розливостойкости готовой продукции. Биологическое кислотопонижение проводят с помощью штаммов молочнокислых бактерий [16].

Целью работы стало установление влияния технологии производства столовых сухих белых и красных виноматериалов на концентрацию биогенных аминов.

Объекты и методы исследования

Концентрацию биогенных аминов определяли в столовых сухих белых виноматериалах из сорта винограда «Шардоне» на стадиях забраживания и активного брожения, по окончании спиртового брожения, после контакта виноматериала с дрожжевой биомассой в течение 30 и 60 суток, по завершении процесса биологического кислотопонижения (яблочно-молочного брожения). Сбраживание виноградного сусла сорта «Шардоне» проводили с использование расы дрожжей Оеноферм LW 317-28 рода *Saccharomyces cerevisiae* (ERBSLOEH Geisenheim Getraenketechnologie). Для проведения яблочно-молочного брожения применяли штамм бактерий Инобактер (Франция, институт энологии Шампани) – специально селекционированнный высокоактивный штамм рода *Oenococcus oeni*.

Столовые сухие красные виноматериалы из сорта винограда «Каберне-Совиньон» готовили по двум схемам. Согласно первой схеме виноград дробили с отделением гребней, полученную мезгу сбраживали дрожжами расы Каберне 5 (Россия) рода *S. cerevisiae*. По второй схеме мезгу винограда нагревали до температуры 50–55 °С, выдерживали при этой температуре 2 ч, после чего ее прессовали с помощью пневматического пресса. Полученное сусло сбраживали дрожжами расы Каберне 5 рода *S. cerevisiae*.

Массовую концентрацию биогенных аминов определяли методом высокоэффективного капиллярного электрофореза [17]. Метод базируется на разделении и количественном определении биогенных аминов с помощью твердофазной экстракции на патронах С18 и идентификации в растворе элюента с помощью метода капиллярного электрофореза на высокоточном приборе Капель 105Р. Прибор оборудован кварцевым капилляром эффективной длиной 50 см и внутренним диаметром 75 мкм; фотометрическим детектором, работающим при длине волны 254 нм, со следующими характеристиками: регулируемый источник высокого напряжения положительной полярности 3–25 кВ; пневматический и электрический ввод пробы; принудительное воздушное охлаждение капилляра. Определение биогенных аминов в пробе проводили путем пневматического дозирования проб (30 мБар, 10 с) и регистрации полученных данных в течение 10 мин в виде электрофореграмм. Диапазон измерений массовых концентраций биогенных аминов (путресцин, метиламин, кадаверин, этиламин, этаноламин, пирролидин, пропиламин, изопропиламин, изобутиламин, изоамиламин, фенилэтиламин) составляет от 0,1 до 50 мг/дм^3 включительно.

Результаты и их обсуждение

В виноградном сусле, находившемся на

Таблица 1. Влияние технологии столового сухого белого вина на концентрацию биогенных аминов

Table 1. Effect of technology on the concentration of biogenic amines in dry white wine

Этап технологии	Концентрация биогенных аминов, мг/дм^3					
	Гистамин	Тирамин	Метиламин	Кадаверин	Путресцин	Фенилэтиламин
1. Брожение сусла						
– забраживание	0,12	0,14	нет	0,03	нет	0,04
– активное брожение	0,27	0,35	0,08	0,08	нет	0,12
2. Дображивание молодого вина	0,32	0,44	0,15	0,12	0,08	0,24
3. Выдержка на дрожжевом осадке (1 месяц)						
– без перемешивания	0,36	0,56	0,23	0,14	0,16	0,34
– с перемешиванием	0,31	0,55	0,20	0,16	0,14	0,36
4. Выдержка на дрожжевом осадке (2 месяца)						
– без перемешивания	0,45	0,73	0,34	0,23	0,27	0,43
– с перемешиванием	0,38	0,78	0,32	0,19	0,22	0,40
5. Яблочно-молочное брожение	0,57	1,12	0,44	0,27	0,33	0,58

стадии забраживания, т. е. на той стадии, когда происходила активация ферментных систем дрожжей, биогенные амины присутствовали в минимальных количествах (табл. 1). Это позволило считать, что на ягодах винограда, поступившего на переработку, отсутствовали в достаточном количестве микроорганизмы, способные трансформировать аминокислоты до биогенных аминов. По мере сбраживания сахаров до 40–45 г/дм^3 (активное брожение) отмечалось постепенное увеличение концентрации всех исследованных биогенных аминов (наибольшее гистамина и тирамина). Это свидетельствовало об активации декарбоксилаз винных дрожжей.

Дальнейшие исследования показали, что при дображивании увеличивалась концентрация всех исследованных биогенных аминов, в том числе и летучих, особенно тирамина, гистамина, кадаверина и фенилэтиламина. Это можно объяснить тем, что при дображивании вина, когда концентрация сахаров имела низкие значения (около 30–40 г/дм^3), большая часть дрожжевых клеток находилась в стационарной стадии развития, т. е. размножение дрожжей практически прекращалось. Другая часть клеток автолизировалась, т. е. отдельные компоненты клетки расщеплялись под действием различных ферментов, освободившихся в результате распада клеточных мембран. При этом активировались массообменные процессы между клеткой и средой, приводящие к обогащению виноматериала аминокислотами и другими азотистыми веществами, фосфорными соединениями, липидами, полисахаридами, ароматообразующими веществами. Тем самым создались благоприятные условия для активации декарбоксилаз. Согласно ранее проведенным исследованиям концентрация сахара в среде может влиять на активность декарбоксилазы [13, 15]. Недостаток сахаров обусловливает продукцию биогенных аминов, а избыток глюкозы и фруктозы ингибирует образование гистамина. Эта ассоциация может быть объяснена тем, что система транспорта декарбоксилатного пути обеспечивает метаболическую энергию.

Выдержка виноматериалов на дрожжевом осадке (ботанаж) – это технологический прием, который часто используется в технологии белых вин. Его применение позволяет получить вина с наилучшими органолептическими характеристиками: сложным, глубоким, длительным ароматом, сливочными оттенками во вкусе и плотной структурой. При дальнейшем контакте виноматериала с дрожжевым осадком наблюдалось увеличение концентрации биогенных аминов. Большая часть дрожжевых клеток переходила в стадию автолиза. В результате аминокислоты секретировались из дрожжевой клетки в среду и подвергались декарбоксилированию до биогенных аминов. С увеличением продолжительности контакта дрожжевого осадка и виноматериала с одного до двух месяцев тенденция увеличения концентрации биогенных аминов сохранялась.

Перемешивание дрожжевых осадков с виноматериалом не оказало существенного влияния на концентрацию биогенных аминов. Однако отмечено снижение содержания метиламина, путресцина и фенилэтиламина. Возросла концентрация гистамина. Это свидетельствует о том, что перемешивание активирует другие биохимические процессы, связанные с аминокислотами. Например, их дезаминирование и даже переаминирование, способствовавшие снижению активности декарбоксилаз за исключением гистидиндекарбоксилазы [18].

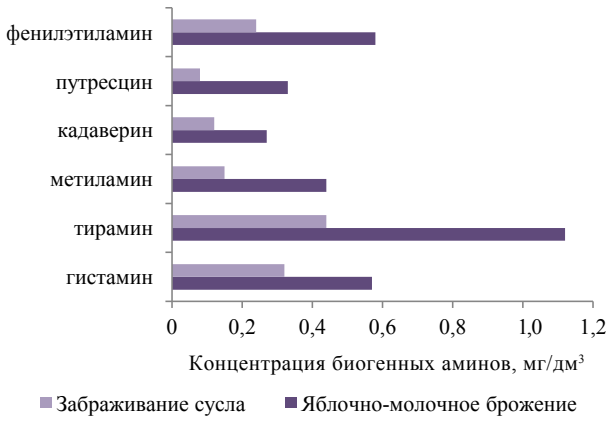

Рисунок 1. Изменение концентрации биогенных аминов в столовом сухом белом виноматериале в результате яблочно-молочного брожения

Figure 1. Effect of malolactic fermentation on the concentration of biogenic amines in dry white wine

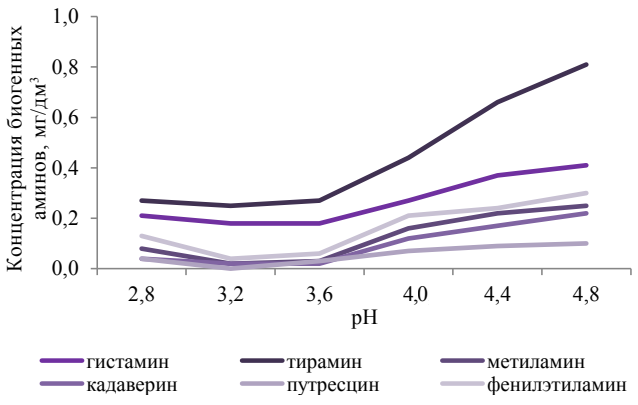

Рисунок 2. Влияние pH столового сухого белого вина на концентрацию биогенных аминов

Figure 2. Effect of pH on the concentration of biogenic amines in dry white wine

Малолактическая ферментация или яблочно-молочное брожение – это технологический процесс, при котором под действием ферментных систем молочнокислых бактерий яблочная кислота, которая в высоких концентрациях придает винам излишнюю свежесть, превращается в молочную кислоту, имеющую меньшую кислотность. Проведение яблочно-молочного брожения приводило к дальнейшему увеличению концентрации биогенных аминов в белом столовом вине (рис. 1). В сравнении с «молодым» вином, полученным в результате дображивания, концентрация гистамина после яблочно-молочного брожения увеличилась в 1,6 раза, тирамина – в 8 раз, металамина – в 2,9 раза, кадаверина – в 2,3 раза, путресцина – в 4,1 раза, фенилэтиламина – в 2,4 раза.

Активность декарбоксилаз аминокислот зависит от pH среды [15, 19]. В связи с этим был проведен эксперимент, целью которого стало установление влияния pH среды на образование биогенных аминов при яблочно-молочном брожении. Величину pH вина изменяли в диапазоне от 2,8 до 4,8. Для этого в исходное вино (контроль – pH 3,3) добавляли растворы винной кислоты или гидроокиси натрия соответственно. Затем в вино вносили активные бактерии яблочно-молочного брожения штамма Инобактер в одинаковом количестве. В процессе и по завершении яблочно-молочного брожения (снижение концентрации яблочной кислоты до необходимого количества) контролировали изменение концентрации биогенных аминов.

Анализ экспериментальных данных показал, что в процессе адаптации бактерий и в начале яблочно-молочного брожения (3–4 суток) концентрация биогенных аминов в вине практически не изменялась или уменьшалась даже при высоких значениях pH. Это свидетельствует о том, что бактерии или потребляют биогенные амины (особенно метиламин, фенилэтиламин), или трансформируют их до других соединений. На 7–8-е сутки отмечался рост концентрации тирамина и гистамина. В вариантах с pH выше 4,0 увеличивалась концентрация гистамина. На 11–12-е сутки яблочно-молочного брожения отмечен рост концентрации практически всех биогенных аминов независимо от величины pH.

В результате проведенных исследований (рис. 2) установлено, что с увеличением величины pH отмечается рост концентраций всех изучаемых биогенных аминов: гистамина – в 2,3 раза, тирамина и метиламина – в 3,8 раза, кадаверина – в 6 раз, путресцина – в 3,5 раза, фенилэтаноламина – в 2,8 раза. При pH 2,8 отмечено увеличение всех биогенных аминов (особенно фенилэтиламина), т. е. активность декарбоксилаз ферментных систем малолактических бактерий увеличивалась в сравнении с контролем (pH 3,3).

Полученные результаты можно объяснить различными причинами. Спецификой бактерий яблочно-молочного брожения является рост накопления биомассы с увеличением pH. Таким образом, в менее кислых винах создаются условия для активации ферментативных процессов, связанных с декарбоксилированием аминокислот и увеличением количества биогенных аминов. Это согласуется с данными, в которых биосинтез декарбоксилаз максимален в слабокислых средах, когда большая часть яблочной кислоты превращается в менее кислую молочную кислоту [20].

С красными виноматериалами, приготовленными по двум схемам, были проведены аналогичные

Таблица 2. Влияние технологии столового сухого красного вина концентрацию биогенных аминов

Table 2. Effect of technology on the concentration of biogenic amines in dry red wine

Этап технологии	Концентрация биогенных аминов, мг/дм^3					
	Гистамин	Тирамин	Метиламин	Кадаверин	Путресцин	Фенилэтиламин
Схема 1 – брожение мезги, сумма фенольных веществ 3750 мг/дм^3						
1. Брожение мезги – забраживание – активное брожение	 0,08 0,22	 0,08 0,34	 нет 0,08	 0,05 0,17	 0,04 0,12	 нет 0,06
2. Дображивание молодого вина	0,27	0,48	0,10	0,23	0,16	0,14
3. Выдержка на дрожжевом осадке (1 месяц)	0,32	0,57	0,15	0,27	0,18	0,21
4. Выдержка на дрожжевом осадке (2 месяца)	0,38	0,62	0,25	0,31	0,33	0,33
5. Яблочно-молочное брожение	0,58	0,83	0,47	0,51	0,47	0,53
Схема 2 – брожение сусла, сумма фенольных веществ 3430 мг/дм^3						
1. Брожение сусла – забраживание – активное брожение	 0,02 0,13	 0,12 0,28	 нет 0,12	 0,02 0,10	 0,02 0,10	 нет 0,06
2. Дображивание молодого вина	0,15	0,30	0,08	0,12	0,16	0,10
3. Выдержка на дрожжевом осадке (1 месяц)	0,18	0,35	нет	0,27	0,18	0,07
4. Выдержка на дрожжевом осадке (2 месяца)	0,38	0,44	нет	0,31	0,33	0,03
5. Яблочно-молочное брожение	0,45	0,62	0,07	0,38	0,43	0,12

эксперименты (табл. 2). Различия в схемах опыта заключались в том, что по второй схеме мезгу винограда нагревали до температуры 50–55 °С и выдерживали при этой температуре 2 ч.

Полученные результаты показали, что в красных винах (в том числе полученных по схеме с термической обработкой мезги) концентрация биогенных аминов была меньше (особенно летучих биогенных аминов – метиламина и фенилэтиламина), чем у белых. Это связано с инактивацией декарбоксилаз микроорганизмов фенольными соединениями красных вин. В виноматериале, в котором сумма фенольных веществ была больше (3750 мг/дм^3), отмечена высокая концентрация биогенных аминов.

По нашему мнению, концентрация фенольных соединений в вине не является главным фактором, влияющим на концентрацию биогенных аминов, т. к. в варианте с термовинификацией мезги содержание суммы фенольных соединений было несколько меньше по сравнению с брожением мезги по классической технологии. Определяющим фактором является большее количество микроорганизмов, присутствовавших в среде при брожении мезги без термовинификации. Кроме дрожжей, в ферментации могли принимать участие и другие микроорганизмы, находившиеся в мезге, в том числе молочнокислые бактерии различных видов и родов, постоянно присутствующие на поверхности виноградной ягоды. Например, *Lactobacillus*, *Leuconostoc oenos* и др., способные продуцировать биогенные амины, особенно тирамин [21–24].

Применение термической обработки мезги способствовало инактивации микроорганизмов, в том числе их ферментных систем, ответственных за протекание процессов трансформации аминокислот, и массовому отмиранию дрожжевых клеток, находящихся на поверхности винограда. Это и привело к снижению концентрации биогенных аминов в варианте опыта с красным вином с термовинификацией.

Выводы

Проведенные исследования показали, что концентрация биогенных аминов увеличивалась после спиртового и яблочно-молочного брожения (в большей степени). Во время спиртового брожения содержание биогенных аминов варьировалось в зависимости от количества фенольных веществ в бродящей мезге, процесса термовинификации, продолжительности контакта виноматериала и дрожжевого осадка, pH среды. Установлены оптимальные значения pH, при которых отмечено минимальное содержание биогенных аминов (3,2–3,6). Среди изученных биогенных аминов в белом вине в больших концентрациях присутствовали тирамин, фенилэтидамин, гистамин, в красном – тирамин, гистамин, путресцин, кадаверин. Наибольшее образование биогенных аминов отмечено во время процесса кислотопонижения за счет активности

ферментов яблочно-молочных бактерий, под действием которых и происходило образованием биогенных аминов в результате декарбоксилирования аминокислот.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что для снижения уровня биогенных аминов в готовой продукции необходимо контролировать каждый этап винификации и уделять внимание выбору расы дрожжей и молочнокислых бактерий, неспособных продуцировать биогенные амины или интродуцировать их в минимальных количествах.

Критерии авторства

Н. М. Агеева – 50 %, А. А. Ширшова – 30 %, А. Н. Тихонова – 20 %.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Благодарности

Авторы выражают благодарность сотрудникам НЦ «Виноделия» и Ю. Ф. Якуба, руководителю Центра коллективного пользования технологичным оборудованием ФГБНУ СКФНЦСВВ за оказанную помощь при проведении анализов.

Contribution

N.M. Ageyeva – 50%, A.A. Shirshova – 30%, A.N. Tikhonova – 20%.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Acknowledgements

The authors express their gratitude to the researcher team of the Research Center “Winemaking” and to Yu.F. Yakuba, Head of the Resource Sharing Center of the North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, and Wine-making.

Список литературы

1. Morata A. Red wine technology. Madrid: Academic Press, 2019. 408 p. https://doi.org/10.1016/C2017-0-01326-5.

2. Doeun D., Davaatseren M., Chung M.-S. Biogenic amines in foods // Food Science and Biotechnology. 2017. Vol. 26. № 6. P. 1463–1474. https://doi.org/10.1007/s10068-017-0239-3.

3. The dietary biogenic amines tyramine and histamine show synergistic toxicity towards intestinal cells in culture / B. del Rio [et al.] // Food Chemistry. 2017. Vol. 218. P. 249–255. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.046.

4. An overview on biogenic amines in wine / A. Costantini [et al.] // Beverages. 2019. Vol. 5. № 1. https://doi.org/10.3390/beverages5010019.

5. Biogenic amines occurrence in beers produced in Czech microbreweries / E. Lorencová [et al.] // Food Control. 2020. Vol. 117. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107335.

6. An altered gene expression profile in tyramine-exposed intestinal cell cultures supports the genotoxicity of this biogenic amine at dietary concentrations / B. del Rio [et al.] // Scientific Reports. 2018. Vol. 8. № 1. https://doi.org/10.1038/s41598-018-35125-9.

7. Saad B., Tofalo R. Biogenic amines in food: Analysis, occurrence and toxicity. Croydon: Royal Society of Chemistry, 2019. 343 p. https://doi.org/10.1039/9781788015813.

8. Ruiz-Capillas C., Herrero A. M. Impact of biogenic amines on food quality and safety // Foods. 2019. Vol. 8. № 2. https://doi.org/10.3390/foods8020062.

9. The content of biogenic amines in croatian wines of different geographical origins / I. Mitar [et al.] // Molecules. 2018. Vol. 23. № 10. https://doi.org/10.3390/molecules23102570.

10. Wüthrich B. Allergic and intolerance reactions to wine // Allergologie. 2011. Vol. 34. № 8. P. 427–436.

11. Occurence of ochratoxin A and biogenic amines in Croatian commercial red wines / P. Žurga [et al.] // Foods. 2019. Vol. 8. № 8. https://doi.org/10.3390/foods8080348.

12. The impact of cultivar on polyphenol and biogenic amine profiles in Calabrian red grapes during winemaking / D. Restuccia [et al.] // Food Research International. 2017. Vol. 102. P. 303–312. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.10.012.

13. Biogenic amines and other polar compounds in long aged oxidized Vernaccia di Oristano white wines / C. I. G. Tuberoso [et al.] // Food Research International. 2018. Vol. 111. P. 97–103. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.020.

14. Biogenic amine contents and microbial characteristics of Cambodian fermented foods / D. Ly [et al.] // Foods. 2020. Vol. 9. № 2. https://doi.org/10.3390/foods9020198.

15. Vilela A. Non-*Saccharomyces* yeasts and organic wines fermentation: Implications on human health // Fermentation. 2020. Vol. 6. № 2. https://doi.org/10.3390/fermentation6020054.

16. Assessment of biogenic amines profile in ciders from the Central Europe region as affected by storage time / E. Lorencová [et al.] // Food Bioscience. 2021. Vol. 41. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.100957.

17. Методы идентификации биогенных аминов в пищевых продуктах / Е. В. Кушнерева [и др.] // Стратегические вопросы мировой науки. 2012. Т. 27. С. 15–18.

18. Evaluation of biogenic amines profile in opened wine bottles: Effect of storage conditions / J. L. Ordóñez [et al.] // Journal of Food Composition and Analysis. 2017. Vol. 63. P. 139–147. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.07.042.

19. Proestos C. Biogenic Amines. London: Intech Open, 2019. 88 p. https://doi.org/10.5772/intechopen.75221.

20. Restuccia D., Loizzio M. R., Spizzirri U. G. Accumulation of biogenic amines in wine: Role of alcoholic and malolactic fermentation // Fermentation. 2018. Vol. 4. № 1. https://doi.org/10.3390/fermentation4010006.

21. Ozogul F., Hamed I. The importance of lactic acid bacteria for the prevention of bacterial growth and their biogenic amines formation: A review // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2018. Vol. 58. № 10. P. 1660–1670. https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1277972.

22. Chemical hazards in grapes and wine, climate change and challenges to face / C. Ubeda [et al.] // Food Chemistry. 2020. Vol. 314. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126222.

23. Biogenic amines and the antioxidant capacity of juice and wine from brazilian hybrid grapevines / H. Gomez [et al.] // Plant Foods for Human Nutrition. 2020. Vol. 75. № 2. P. 258–624. https://doi.org/10.1007/s11130-020-00811-5.

24. Impact of using organic yeast in the fermentation process of wine / B. Nagy [et al.] // Processes. 2021. Vol. 9. № 1. https://doi.org/10.3390/pr9010155.

References

1. Morata A. Red wine technology. Madrid: Academic Press; 2019. 408 p. https://doi.org/10.1016/C2017-0-01326-5.

2. Doeun D, Davaatseren M, Chung M-S. Biogenic amines in foods. Food Science and Biotechnology. 2017;26(6):1463–1474. https://doi.org/10.1007/s10068-017-0239-3.

3. del Rio B, Redruello B, Linares DM, Ladero V, Fernandez M, Martin MC, et al. The dietary biogenic amines tyramine and histamine show synergistic toxicity towards intestinal cells in culture. Food Chemistry. 2017;218:249–255. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.046.

4. Costantini A, Vaudano E, Pulcini L, Carafa T, Garcia-Moruno E. An overview on biogenic amines in wine. Beverages. 2019;5(1). https://doi.org/10.3390/beverages5010019.

5. Lorencová E, Salek RN, Cernikova M, Bunkova L, Hylkova A, Bunka F. Biogenic amines occurrence in beers produced in Czech microbreweries. Food Control. 2020. Vol. 117. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107335.

6. del Rio B, Redruello B, Ladero V, Cal S, Obaya AJ, Alvarez MA. An altered gene expression profile in tyramine-exposed intestinal cell cultures supports the genotoxicity of this biogenic amine at dietary concentrations. Scientific Reports. 2018;8(1). https://doi.org/10.1038/s41598-018-35125-9.

7. Saad B, Tofalo R. Biogenic amines in food: Analysis, occurrence and toxicity. Croydon: Royal Society of Chemistry; 2019. 343 p. https://doi.org/10.1039/9781788015813.

8. Ruiz-Capillas C, Herrero AM. Impact of biogenic amines on food quality and safety. Foods. 2019;8(2). https://doi.org/10.3390/foods8020062.

9. Mitar I, Ljubenkov I, Rohtek N, Prkic A, Andelic I, Vuletic N. The content of biogenic amines in croatian wines of different geographical origins. Molecules. 2018;23(10). https://doi.org/10.3390/molecules23102570.

10. Wüthrich B. Allergic and intolerance reactions to wine. Allergologie. 2011;34(8):427–436.

11. Žurga P, Vahcic N, Paskovic I, Banovic M, Staver MM. Occurence of ochratoxin A and biogenic amines in Croatian commercial red wines. Foods. 2019;(8). https://doi.org/10.3390/foods8080348.

12. Restuccia D, Sicari V, Pellicano TM, Spizzirri UG, Loizzo MR. The impact of cultivar on polyphenol and biogenic amine profiles in Calabrian red grapes during winemaking. Food Research International. 2017;102:303–312. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.10.012.

13. Tuberoso CIG, Serreli G, Montoro P, D'Urso G, Congiu F, Kowalczyk A. Biogenic amines and other polar compounds in long aged oxidized Vernaccia di Oristano white wines. Food Research International. 2018;111:97–103. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.020.

14. Ly D, Mayrhofer S, Schmidt J-M, Zitz U, Domig KJ. Biogenic amine contents and microbial characteristics of Cambodian fermented foods. Foods. 2020;9(2). https://doi.org/10.3390/foods9020198.

15. Vilela A. Non-*Saccharomyces* yeasts and organic wines fermentation: Implications on human health. Fermentation. 2020;6(2). https://doi.org/10.3390/fermentation6020054.

16. Lorencová E, Salek RN, Bunkova L, Szczybrochova M, Cernikova M, Bunka F. Assessment of biogenic amines profile in ciders from the Central Europe region as affected by storage time. Food Bioscience. 2021;41. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.100957.

17. Kushnereva EV, Markovskiy MG, Guguchkina TI, Ageeva NM. Metody identifikatsii biogennykh aminov v pishchevykh produktakh [Methods for the identification of biogenic amines in food]. Strategicheskie voprosy mirovoy nauki [Strategic Issues of World Science]. 2012;27:15–18. (In Russ.).

18. Ordóñez JL, Callejon RM, Troncoso AM, Garcia-Parrilla MC. Evaluation of biogenic amines profile in opened wine bottles: Effect of storage conditions. Journal of Food Composition and Analysis. 2017;63:139–147. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.07.042.

19. Proestos C. Biogenic Amines. London: Intech Open; 2019. 88 p. https://doi.org/10.5772/intechopen.75221.

20. Restuccia D, Loizzio MR, Spizzirri UG. Accumulation of biogenic amines in wine: Role of alcoholic and malolactic fermentation. Fermentation. 2018;4(1). https://doi.org/10.3390/fermentation4010006.

21. Ozogul F, Hamed I. The importance of lactic acid bacteria for the prevention of bacterial growth and their biogenic amines formation: A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2018;58(10):1660–1670. https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1277972.

22. 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. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126222.

23. Gomez H, Marques MOM, Borges CV, Minatel IO, Monteiro GC, Ritschel PS, et al. Biogenic amines and the antioxidant capacity of juice and wine from brazilian hybrid grapevines. Plant Foods for Human Nutrition. 2020;75(2):258–624. https://doi.org/10.1007/s11130-020-00811-5.

24. Nagy B, Varga Z, Matolcsi R, Kellner N, Sardy DN, Szovenyi A. Impact of using organic yeast in the fermentation process of wine. Processes. 2021;9(1). https://doi.org/10.3390/pr9010155.