

УДК 663.256

DOI 10.30679/2219-5335-2023-3-81-290-308

**ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ
И СРОКОВ ХРАНЕНИЯ ВИН
НА КОНЦЕНТРАЦИЮ
БИОГЕННЫХ АМИНОВ**

Агеева Наталья Михайловна¹
д-р техн. наук, профессор
главный научный сотрудник
НЦ «Виноделие»
e-mail: ageyeva@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9165-6763>

Чемисова Лариса Эдуардовна¹
канд. техн. наук
старший научный сотрудник
НЦ «Виноделие»
e-mail: nognichenko@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9377-5515>

Ширшова Анастасия Александровна¹
канд. техн. наук науч.
старший научный сотрудник
научного центра «Виноделие»
e-mail: anastasiya_1987@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1428-5935>

Мацкул Анастасия Владимировна²
аспирант
e-mail: klochko_nastasya@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2120-9527>

¹*Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
«Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия»,
Краснодар, Россия*

²*Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кубанский государственный
технологический университет»,
Краснодар, Россия*

Массовая концентрация биогенных аминов – важный показатель качества и безопасности пищевой продукции, в том числе и алкогольной. В большинстве европейских стран в винодельческой продукции этот показатель нормируется.

UDC 663.256

DOI 10.30679/2219-5335-2023-3-81-290-308

**INFLUENCE OF CONDITIONS
AND PERIODS OF STORAGE
OF WINE ON THE CONCENTRATION
OF BIOGENIC AMINES**

Ageyeva Natalia Mikhailovna¹
Dr. Sci. Tech., Professor
Chief Research Associate
of SC «Wine-making»
e-mail: ageyeva@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9165-6763>

Chemisova Larisa Eduardovna¹
Cand. Tech. Sci.
Senior Research Associate
of SC «Wine-making»
e-mail: nognichenko@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9377-5515>

Shirshova Anastasia Aleksandrovna¹
Cand. Tech. Sci.
Senior Research Associate
of SC «Wine-making»
e-mail: anastasia.he@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1428-5935>

Mackul Anastasia Vladimirovna²
graduate student
e-mail: klochko_nastasya@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2120-9527>

*Federal State Budget
Scientific Institution
«North Caucasian Federal
Scientific Center of Horticulture,
Viticulture, Wine-making»,
Krasnodar, Russia*

²*Federal State
Budgetary Educational
Institution of Higher Education
«Kuban State
Technological University»,
Krasnodar, Russia*

The mass concentration of biogenic amines is an important indicator of the quality and the safety of food products, including alcohol. This indicator is standardized in wine products in most European countries. Many factors

На накопление биогенных аминов в винах влияет множество факторов, важными среди которых являются условия и срок хранения. В результате изучения влияния температуры воздуха, вида упаковки, положения бутылки и сроков хранения белых виноматериалов на концентрацию биогенных аминов установлено, что хранение в бочке не оказывает существенного влияния на биогенные амины. В белом вине, хранившемся в бутылках в вертикальном положении, с повышением температуры выше 22 °С и увеличением продолжительности срока хранения концентрации всех изученных биогенных аминов увеличились в среднем в 2 раза. В вине, хранившемся в бутылках в горизонтальном положении, с увеличением температуры и длительности хранения также отмечалось увеличение концентрации биогенных аминов, но в меньшей степени, чем в вертикальном положении. В процессе хранения красных виноматериалов в бочке суммарная концентрация биогенных аминов снижалась, за счет уменьшения концентраций фенилэтиламина, путресцина и кадаверина. Эти биогенные амины не были обнаружены в образцах по истечении 60 суток, что могло быть связано с ингибирующим действием фенольных соединений на ферменты декарбоксилазы. Статистическая обработка полученных экспериментальных данных позволила установить зависимость изменения биогенных аминов от нескольких качественных признаков (вида упаковки, положения бутылки, температуры и продолжительности хранения), что способствовало обнаружению взаимосвязи между факторами в исследовании сложной модели. Полученные данные подтверждают, что необходимо контролировать условия хранения вин (при температуре от 5 °С до 20 °С), установленные в нормативной документации, обеспечивающие качество и безопасность готовой продукции.

Ключевые слова: БИОГЕННЫЕ АМИНЫ, ВИНА, УСЛОВИЯ И СРОК ХРАНЕНИЯ, СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

influence the concentration of biogenic amines in wines. The important factors among them are the conditions and duration of storage. As a result of studying the influence of air temperature, type of packaging, bottle position and keeping period of white wine materials on the concentration of biogenic amines, it was found that storage in a barrel does not significantly affect biogenic amines. In white wine stored in bottles in a vertical position, with an increase in temperature to 22 °C and with an increase in the duration of storage, an increase by 2 times on average in the concentration of all the studied biogenic amines was noted. In wine stored in bottles in a horizontal position, with an increase in temperature and duration of storage, an increase in the concentration of biogenic amines was also noted, but to a lesser extent than in a vertical position. During the storage of red wine materials in a barrel, the total concentration of biogenic amines decreased due to a decrease in the concentrations of phenylethylamine, putrescine and cadaverine. These biogenic amines were not detected in the samples after 60 days, which could be due to the inhibitory effect of phenolic compounds on decarboxylase enzymes. Statistical processing of the obtained experimental data made it possible to establish the dependence of the change in biogenic amines on several qualitative features (type of packaging, bottle position, temperature and storage time), which contributed to the discovery of the relationship between factors in the study of a complex model. The obtained data confirm that during the storage of wines it is necessary to control the conditions (at temperatures from 5 °C to 20 °C) established in the regulatory documentation and ensuring the quality and safety of the finished product.

Key words: BIOGENIC AMINES, WINE, THE CONDITIONS AND TERMS OF STORAGE, STATISTICAL PROCESSING

Введение. Биогенные амины представляют собой азотсодержащие соединения, образующиеся в результате реакции декарбоксилирования аминокислот под действием ферментов дрожжей, молочных бактерий и других микроорганизмов, наиболее часто встречающихся в ферментированных пищевых продуктах [1-3]. В винодельческой продукции идентифицированы такие биогенные амины, как гистамин, тирамин, фенилэтиламин, путресцин и кадаверин, высокие концентрации которых могут оказывать токсическое действие на организм человека [4, 5]. Так, в некоторых странах установлена предельно-допустимая концентрация биогенных аминов в вине – 10 мг/дм³ [6]. Уровень их содержания в готовой продукции зависит от множества факторов, среди которых важными являются условия и продолжительность хранения готовой продукции. Даже в винах, разлитых в бутылки, концентрации биогенных аминов могут изменяться в зависимости от температуры, положения бутылки и продолжительности хранения [7, 8]. Встречаются данные, что в пиве и сидрах в конце сроков годности концентрации биогенных аминов достигают 150 мг/дм³ [9, 10, 11]. Некоторые ученые [12, 13] установили, что при повышении температуры воздуха в период хранения готовой продукции активизируются микроорганизмы и их ферментные системы, в том числе декарбоксилазы дрожжей и молочнокислых бактерий, что способствует образованию биогенных аминов в высоких концентрациях [14, 15]. В связи с этим целью исследования стало изучение изменения концентраций биогенных аминов в винах наливом (виноматериалах) и винах в зависимости от условий и продолжительности хранения.

Объекты и методы исследований. Объекты исследований: белые и красные виноматериалы (вина наливом) и вина из винограда сортов Совиньон блан и Саперави, произведенные в лабораторных условиях с использованием сульфитоустойчивых активных сухих дрожжей рода *Saccharomyces cerevisiae*, штаммов ИОС1102 (Франция, для сбраживания сусла из винограда сорта Совиньон блан), *Oenoferm Ruog* (Германия, для сбраживания

сусла на мезге из винограда сорта Саперави) и молочнокислых бактерий *BioStart oenos* (Германия). По завершению спиртового и яблочно-молочного брожения определяли массовую концентрацию биогенных аминов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с помощью прибора «Agilent Technologies» (США) с использованием системы элюирования, состоящей из ацетонитрила и дистиллированной воды. Исследования проводили в НЦ «Виноделие» и центре коллективного пользования технологичным оборудованием ФГБНУ СКФНЦСВВ. Хранение виноматериалов и вин осуществляли по следующим схемам (варианты опыта):

- 1 – в бочке при температуре 4-6 °С;
- 2 – в бочке при температуре 12-16 °С;
- 3 – в вертикально хранящейся бутылке при температуре 4-6 °С;
- 4 – в вертикально хранящейся бутылке при температуре 12-16 °С;
- 5 – в вертикально хранящейся бутылке при температуре 22-25 °С;
- 6 – в вертикально хранящейся бутылке при температуре 30-35 °С;
- 7 – в горизонтально хранящейся бутылке при температуре 4-6 °С;
- 8 – в горизонтально хранящейся бутылке при температуре 12-16 °С;
- 9 – в горизонтально хранящейся бутылке при температуре 22-25 °С;
- 10 – в горизонтально хранящейся бутылке при температуре 30-35 °С.

Температуру воздуха в помещениях, где хранили опытные образцы, в экспериментальных целях варьировали в диапазоне от 4 до 35 °С. Данный температурный диапазон был выбран в связи с тем, что согласно информации литературных источников [16, 17], биогенные амины не образуются при температуре ниже 5 °С или выше 40 °С, потому что при низких и высоких температурах рост дрожжей и молочнокислых бактерий замедляется или прекращается, сводится к минимуму активность протеиназ и декарбоксилаз, в результате чего не происходит реакции декарбоксилирования, а, следовательно, и увеличения концентраций биогенных аминов в вине.

Массовую концентрацию биогенных аминов во всех опытных вариантах контролировали по истечении 7, 15, 30 и 60 суток. В исходных образцах кадаверин и путресцин не были обнаружены, поэтому они были внесены в экспериментальные образцы в концентрации 0,16 мг/дм³.

Статистическую обработку результатов исследований проводили с использованием компьютерных программ Microsoft Excel 2019 и Statistika V.10.1. Обработка данных производилась посредством факторного дисперсионного анализа.

Обсуждение результатов. Анализ экспериментальных данных показал, что концентрация биогенных аминов в виноматериале из сорта винограда Совиньон блан при его выдержке (хранении) в бочке при температуре 4-6 °С в течение 60 суток практически не изменялась. Повышение температуры до 12-16 °С также не привело к существенному изменению их концентрации, отмечено лишь незначительное увеличение гистамина и тирамина с увеличением продолжительности хранения виноматериалов в бочке (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1 – Изменение концентрации биогенных аминов в процессе хранения белого виноматериала и вина из сорта винограда Совиньон блан

№ опыта	Массовая концентрация биогенных аминов, мг/дм ³ при продолжительности хранения 0/7/15/30/60 сут				
	гистамин	тирамин	фенилэтиламин	путресцин	кадаверин
1	2,43/2,43/2,43/2,53/2,58	1,88/1,82/1,82/1,93/1,98	0,17/0,12/0,12/0,12/0,14	0,16/0,16/0,16/0,16/0,16	0,16/0,16/0,16/0,16/0,16
2	2,43/2,48/2,51/2,58/2,67	1,88/1,88/1,87/1,98/2,14	0,17/0,22/0,20/0,24/0,24	0,16/0,17/0,17/0,17/0,16	0,16/0,16/0,16/0,16/0,16
3	2,43/2,45/2,45/2,61/2,68	1,88/1,88/1,86/2,09/2,12	0,17/0,17/0,16/0,26/0,32	0,16/0,16/0,16/0,16/0,18	0,16/0,16/0,16/0,16/0,16
4	2,43/2,48/2,54/2,64/2,73	1,88/1,92/1,96/2,14/2,19	0,17/0,22/0,24/0,29/0,37	0,16/0,17/0,17/0,17/0,18	0,16/0,17/0,17/0,17/0,19
5	2,43/2,64/2,67/2,83/2,97	1,88/2,12/2,19/2,36/2,47	0,17/0,31/0,35/0,38/0,51	0,16/0,21/0,23/0,27/0,29	0,16/0,18/0,18/0,31/0,34
6	2,43/3,03/3,13/3,25/3,40	1,88/2,64/2,87/3,04/3,31	0,17/0,33/0,35/0,38/0,63	0,16/0,31/0,34/0,37/0,41	0,16/0,23/0,26/0,42/0,47
7	2,43/2,40/2,40/2,46/2,53	1,88/1,81/1,85/1,91/2,16	0,17/0,17/0,18/0,18/0,23	0,16/0,16/0,14/0,14/0,14	0,16/0,16/0,14/0,14/0,14
8	2,43/2,44/2,45/2,49/2,53	1,88/1,85/1,88/1,97/2,38	0,17/0,17/0,18/0,18/0,23	0,16/0,16/0,16/0,16/0,16	0,16/0,16/0,16/0,16/0,16
9	2,43/2,56/2,61/2,54/2,75	1,88/1,97/2,12/2,21/2,56	0,17/0,25/0,27/0,27/0,35	0,16/0,18/0,18/0,21/0,25	0,16/0,18/0,18/0,21/0,27
10	2,43/2,78/2,84/2,93/3,13	1,88/2,31/2,36/2,40/2,85	0,17/0,27/0,31/0,31/0,43	0,16/0,18/0,18/0,22/0,29	0,16/0,18/0,18/0,23/0,29

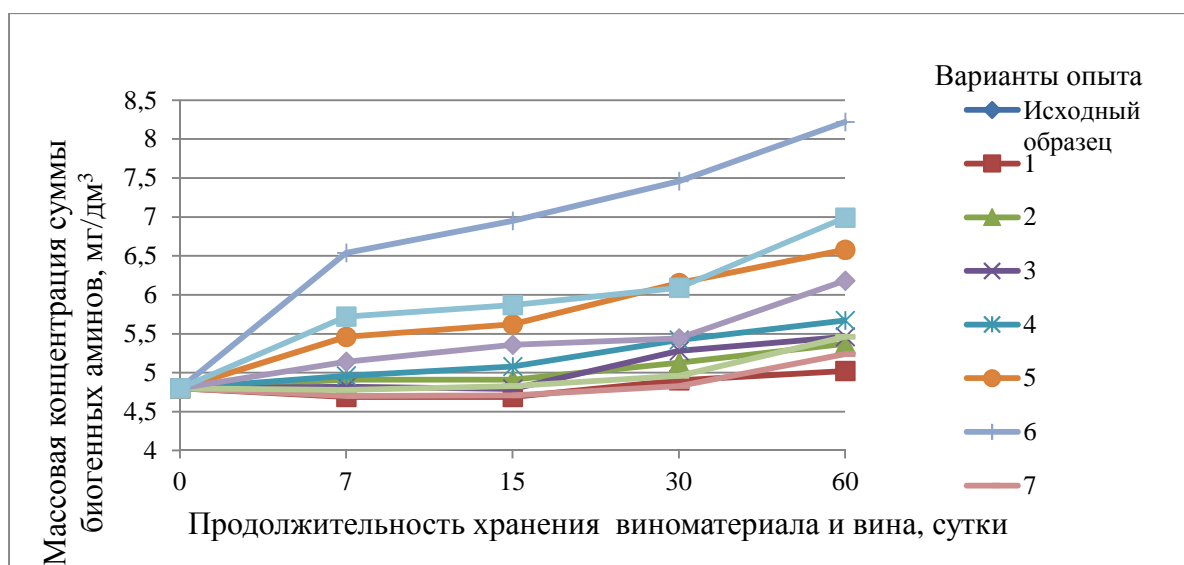


Рис. 1. Изменение суммарной концентрации биогенных аминов в зависимости от условий хранения белого виноматериала и вина из сорта винограда Совиньон блан

Наибольшее увеличение суммарной концентраций биогенных аминов отмечено при температуре 22-25 °С и 30-35 °С как в вертикально хранившихся бутылках, так и в бутылках в горизонтальном положении.

В вертикально хранившихся бутылках с повышением температуры и увеличением продолжительности хранения отмечался рост концентрации всех изученных биогенных аминов. Их суммарная концентрация возросла в среднем в 2 раза по истечении 60 суток. Полученные данные можно объяснить тем, что при вертикальном положении бутылки между поверхностью вина и корковой пробкой существует воздушная камера. Следовательно, наличие даже небольшого количества воздуха в воздушной камере бутылки с вином могло вызвать активацию оксидаз, в том числе декарбоксилаз аминокислот, вследствие чего концентрация биогенных аминов возросла. Кроме того, небольшая доля кислорода могла проникнуть в вино через пористое пространство корковой пробки.

В горизонтально хранившихся бутылках также отмечалось увеличение концентрации биогенных аминов с увеличением температуры и длительности хранения, но в меньшей степени, чем при вертикальном хранении бутылки (в 1,5 раза в сравнении с контролем (исходным образцом)).

Аналогичные исследования проведены с красными виноматериалами и винами (табл. 2, рис. 2). При выдержке красного виноматериала в бочке по истечении 7 суток существенных изменений концентрации биогенных аминов не выявлено (в пределах погрешности методики определения биогенных аминов). С увеличением продолжительности выдержки в бочке до 15 суток независимо от температуры концентрация всех изучаемых биогенных аминов незначительно уменьшилась. Эта же тенденция отмечена по истечении 30 суток. Наибольшее снижение концентрации биогенных аминов выявлено после 60 суток выдержки виноматериалов в бочке, при этом фенилэтиламин, путресцин и кадаверин не были обнаружены.

Таблица 2 – Изменение концентрации биогенных аминов в процессе хранения красного виноматериала и вина из сорта винограда Саперави

№ опыта	Массовая концентрация биогенных аминов, мг/дм ³ при продолжительности хранения 0/7/15/30/60 сут				
	гистамин	тирамин	фенилэтиламин	путресцин	кадаверин
1	3,43/3,42/3,37/3,30/3,18	2,34/2,46/2,41/2,34/2,12	0,21/0,18/0,16/0,14/0	0,16/0,16/0,14/0,10/0	0,16/0,16/0,14/0,10/0
2	3,43/3,41/3,34/3,23/3,04	2,34/2,48/2,40/2,27/2,07	0,21/0,18/0,16/0,15/0	0,16/0,16/0,14/0,10/0	0,16/0,16/0,14/0,11/0
3	3,43/3,43/3,43/3,49/3,50	2,34/2,30/2,30/2,51/2,53	0,21/0,20/0,20/0,30/0,30	0,16/0,16/0,16/0,18/0,18	0,16/0,16/0,16/0,18/0,18
4	3,43/3,43/3,43/3,54/3,54	2,34/2,30/2,30/2,67/2,61	0,21/0,20/0,20/0,37/0,32	0,16/0,16/0,16/0,18/0,18	0,16/0,16/0,16/0,18/0,18
5	3,43/3,48/3,47/3,55/3,55	2,34/2,43/2,44/2,57/2,57	0,21/0,28/0,26/0,34/0,34	0,16/0,18/0,18/0,14/0,10	0,16/0,19/0,18/0,16/0,06
6	3,43/3,51/3,50/3,63/3,63	2,34/2,48/2,46/2,74/2,74	0,21/0,31/0,30/0,38/0,38	0,16/0,18/0,18/0,10/0	0,16/0,21/0,18/0,14/0
7	3,43/3,41/3,38/3,39/3,40	2,34/2,34/2,24/2,37/2,34	0,21/0,18/0,20/0,22/0,23	0,16/0,16/0,16/0,14/0,18	0,16/0,16/0,16/0,16/0,18
8	3,43/3,41/3,37/3,43/3,44	2,34/2,35/2,25/2,37/2,41	0,21/0,18/0,20/0,25/0,23	0,16/0,16/0,16/0,14/0,18	0,16/0,16/0,16/0,14/0,18
9	3,43/3,43/3,41/3,47/3,47	2,34/2,35/2,27/2,43/2,46	0,21/0,21/0,26/0,28/0,26	0,16/0,16/0,18/0,10/0,12	0,16/0,17/0,18/0,10/0,18
10	3,43/3,45/3,43/3,523,51	2,34/2,38/2,32/2,47/2,53	0,21/0,22/0,30/0,33/0,30	0,16/0,16/0,18/0,10/0	0,16/0,16/0,18/0,10/0

Сравнивая результаты исследований белых и красных виноматериалов, хранившихся в бочках, можно отметить существенное различие: в белых виноматериалах концентрация биогенных аминов незначительно возросла, а в красных – снизилась. Возможно, это связано с ингибирующим действием фенольных соединений на декарбоксилазы [18, 19, 20].

При вертикально и горизонтально хранившихся бутылках с красным вином при температурах 4-6 °С и 12-16 °С изменения концентрации биогенных аминов отмечено не было. Повышение температуры хранения

до 22-25 °С и более 30 °С привело к увеличению концентрации биогенных аминов в винах в вертикально хранившихся бутылках. С увеличением продолжительности хранения образцов до 30 и 60 суток продолжился рост концентрации гистамина, тирамина и фенилэтиламина (в меньшей степени), а концентрация путресцина и кадаверина снизилась.

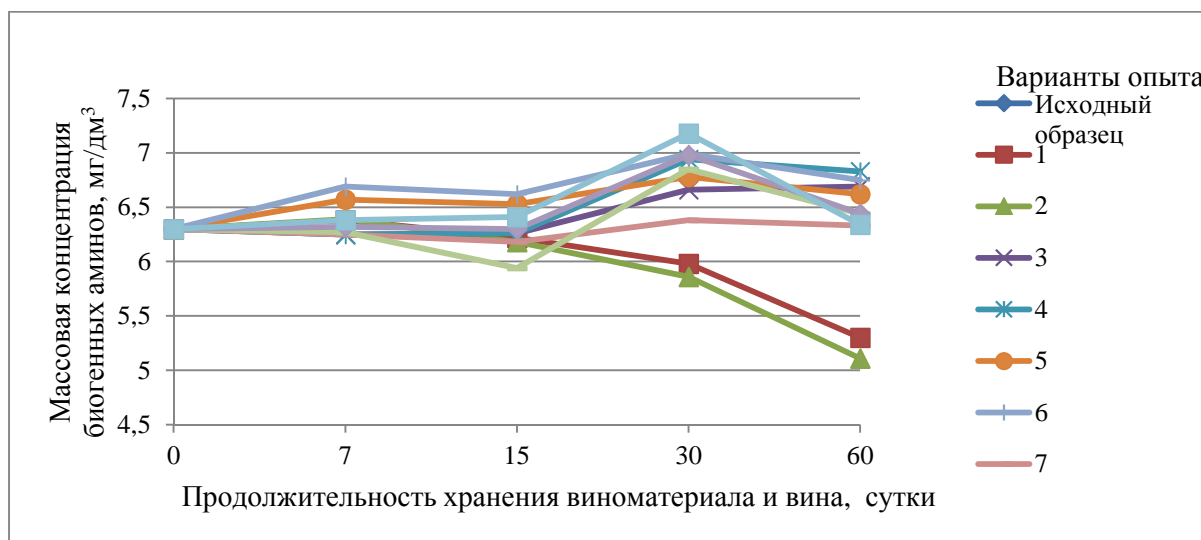


Рис. 2. Изменение суммарной концентрации биогенных аминов в процессе хранения красного виноматериала и вина из сорта винограда Саперави

Суммарная концентрация биогенных аминов возросла с 6,30 до 6,99 мг/дм³ после 30 суток хранения, после чего наблюдалось ее снижение.

При горизонтально хранящихся бутылках с красным вином, протекали аналогичные процессы, как и в белом. При этом концентрация биогенных аминов изменилась в меньшей степени, чем при хранении бутылок в вертикальном положении. Суммарная концентрация биогенных аминов возросла с 6,30 до 7,18 мг/дм³ после 30 суток хранения, затем уменьшилась на 60-е сутки до 6,34 мг/дм³ за счет снижения концентрации кадаверина и путресцина.

Далее была проведена статистическая обработка экспериментальных данных по изменению концентрации биогенных аминов в виноматериалах и винах из сортов винограда Совиньон блан и Саперави в зависимости от вида упаковки, положения бутылки, температуры и продолжительности

хранения. Обработка данных производилась посредством факторного дисперсионного анализа, который дал возможность проанализировать зависимость количественного признака от нескольких качественных, что позволило исследовать взаимосвязь в сложных моделях. Основная цель данного анализа – это проверка статистической значимости между средними значениями для рассматриваемых переменных. В данном исследовании переменными выступали показатели концентраций биогенных аминов, которые формировались относительно вида упаковки, температуры и продолжительности хранения, а также наименование виноматериала, относительно сортовой принадлежности и цветовой характеристики.

На рис. 3 и 4 представлена графическая интерпретация изменения суммы концентраций биогенных аминов в зависимости от варианта опыта и продолжительности хранения.

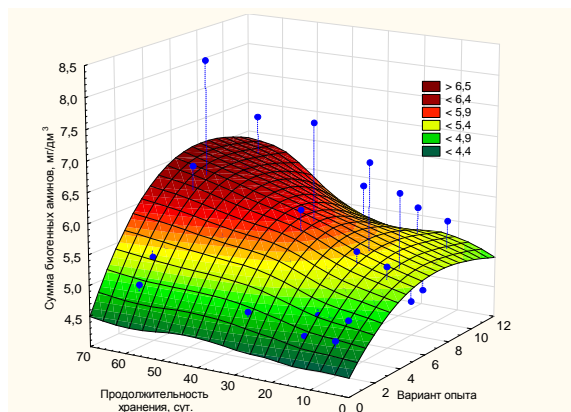


Рис. 3. Трехмерный график поверхности изменения суммарной концентрации биогенных аминов в зависимости от продолжительности хранения для виноматериала и вина из винограда сорта Совиньон блан

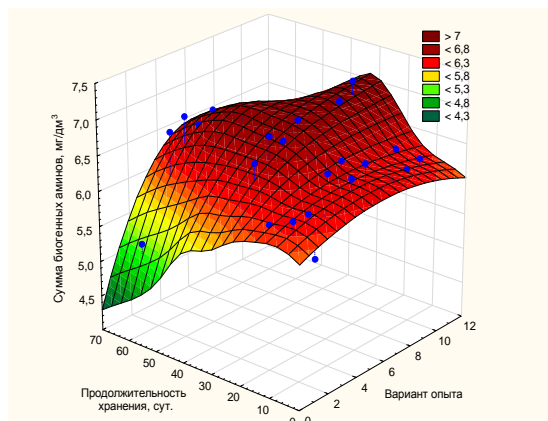


Рис. 4. Трехмерный график поверхности изменения суммарной концентрации биогенных аминов в зависимости от продолжительности хранения для виноматериала и вина из винограда сорта Сaperави

Анализ данных рисунка 3 показал, что зона плоскости для виноматериала и вина из винограда сорта Совиньон блан, отвечающая за низкие концентрации суммарного содержания биогенных аминов, приходилась на варианты 2, 3 и 4 с продолжительностью хранения 50 суток. Наибольшее сум-

марное накопление биогенных аминов отмечалось для условий хранения вариантов с 5 по 10 при продолжительности хранения более 50 суток. Среднее содержание биогенных аминов отмечено в вариантах 2, 4, 7, 8 на протяжении всего исследуемого процесса (до 70 суток включительно).

Для виноматериала и вина из винограда сорта Саперави (рис. 4) плоскость с наименьшими значениями суммарного содержания биогенных аминов отмечалась в 1 и 2 вариантах опыта, начиная с 50 суток хранения. Максимальное накопление биогенных аминов отмечено в вариантах 5-10 уже после 30 суток хранения.

В результате использования модели многофакторного дисперсионного анализа, позволяющего в отличие от обычного дисперсионного анализа учитывать такой источник изменчивости, как взаимодействие факторов, установлено, что за варьирование концентрации биогенных аминов отвечают не только все рассматриваемые факторы по отдельности, но и прослеживается их совместное влияние: «вариант опыта x наименование вина» и «продолжительность хранения x наименование вина». Фактор «наименование вина» включает сортовую принадлежность, технологию приготовления вина и его цветовую характеристику.

Для проверки гипотезы об однородности дисперсий для всех зависимых переменных относительно подтвержденных эффектов (предикторов) и их взаимодействия было проведено апостериорное оценивание методами Хартли, Кохрена, Бартлетт.

В результате оценивания методом Хартли установлено, что фактор «вариант опыта» способствует изменению концентраций фенилэтиламина, путресцина и кадаверина. При этом характер изменения этих биогенных аминов в вине из сорта винограда Совиньон блан идентичен, максимальное их значение приходится на варианты хранения 5 и 6 (рис. 5). Для вина из сорта винограда Саперави варьирование концентрации фенилэтиламина отличается от изменений концентрации путресцина и кадаверина (6-й вариант

опыта). При этом отмечается наибольшая концентрация фенилэтиламина и наименьшая – путресцина и кадаверина.

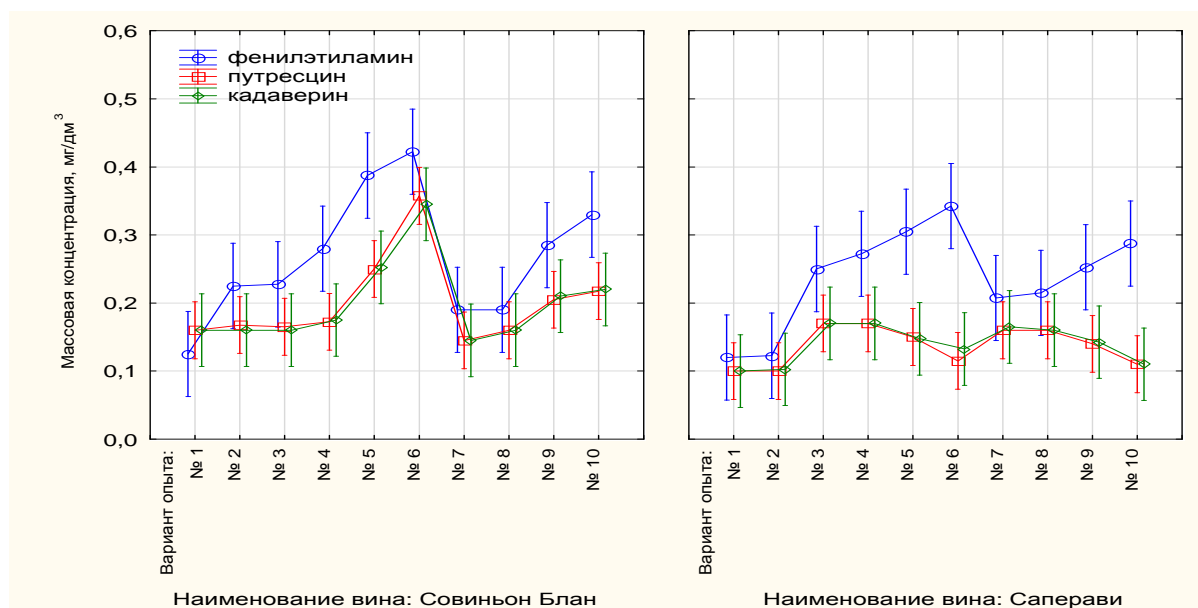


Рис. 5. График средних для зависимых переменных «концентрация биогенных аминов» с учетом эффекта «вариант опыта»

Фактор «наименование вина» оказывает значимое влияние на накопление гистамина, тирамина, а также общую сумму всех биогенных аминов (рис. 6).

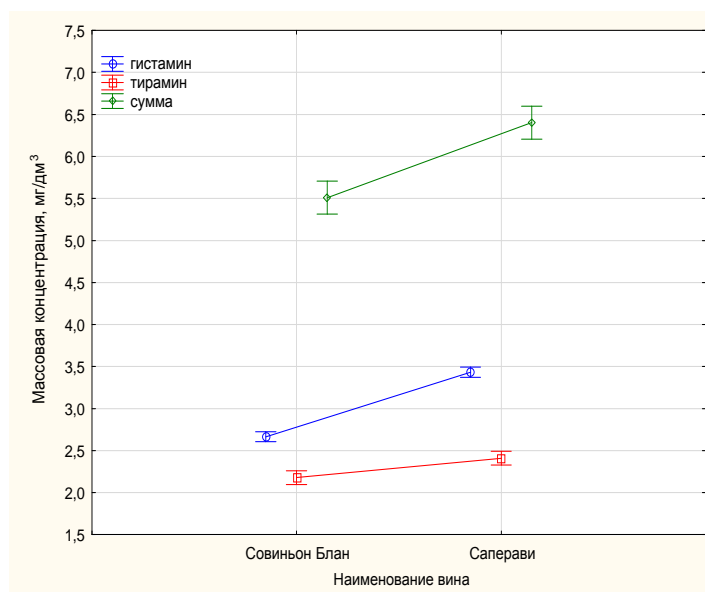


Рис. 6. График средних для зависимых переменных «концентрация биогенных аминов» с учетом эффекта «наименование вина»

Совместное влияние факторов «вариант опыта x наименование вина» способствует изменению количества гистамина, фенилэтиламина, а также путресцина и кадаверина, однородность дисперсий которых подтверждена только двумя методами (Кохрена и Бартлетт). Характер варьирования указанных биогенных аминов относительно их номенклатуры, а также цветовой характеристики и сортовой принадлежности вина идентичен (рис. 7).

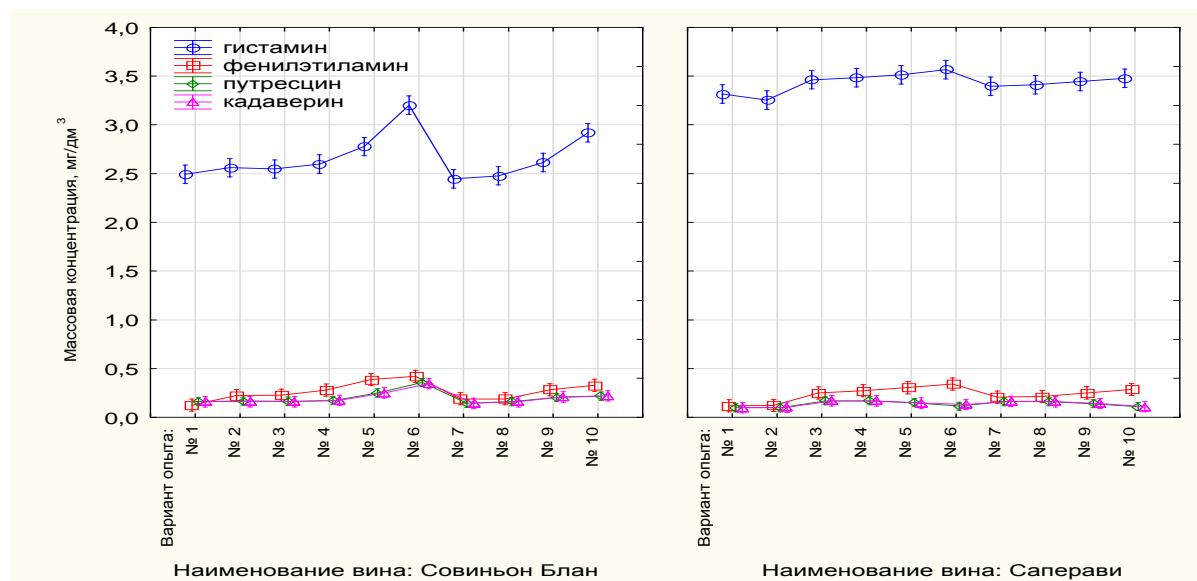


Рис. 7. Изменение зависимых переменных (концентрация биогенных аминов) с учетом эффекта «вариант опыта x наименование вина»

Продолжительность хранения вин способствовала вариабельности концентраций таких биогенных аминов, как фенилэтиламин, путресцин и кадаверин. Динамика изменения концентрации путресцина и кадаверина идентична, концентрации этих биогенных аминов практически не изменялись на протяжении всего процесса хранения независимо от температуры хранения. Фенилэтиламин имел прямую взаимосвязь со сроком хранения и характеризовался стабильным увеличением концентрации на протяжении всего процесса хранения (рис. 8).

Изменение зависимых переменных биогенных аминов, включая сумму их концентраций относительно совместного и одновременного учета «наименования вина» и «продолжительности хранения» подтверждено для всех исследуемых биогенных аминов.

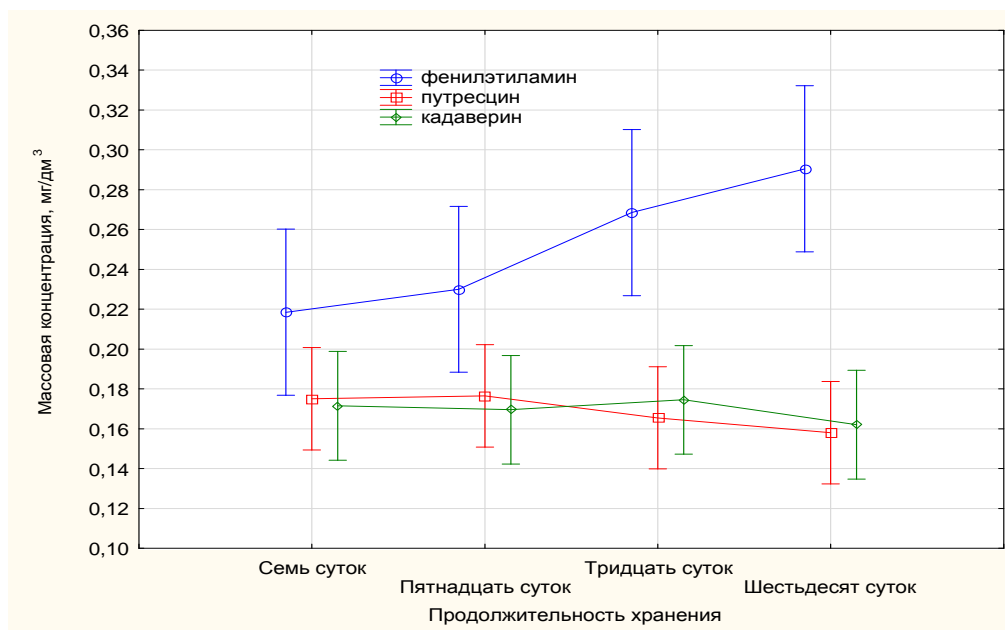


Рис. 8. Изменение зависимых переменных «концентрация биогенных аминов» с учетом эффекта «продолжительность хранения»

Графическая интерпретация данных (рис. 9) дает полную визуализацию пластичности всей номенклатуры биогенных аминов относительно продолжительности хранения с отдельным представлением для вина Совиньон блан и вина Саперави.

Характер изменения концентраций биогенных аминов относительно рассматриваемых факторов «наименование вина x продолжительность хранения» совершенно различный, за исключением вариантов с переменными путресцин и кадаверин, которые, судя по графикам, дают идентичную тенденцию варьирования на протяжении всего процесса хранения, с той лишь разницей, что в вине Совиньон блан концентрация этих показателей увеличивалась, а в вине Саперави – наоборот уменьшалась (см. рис. 9 г, д).

Аналогичным образом визуализируются зависимости данных для переменных тирамин и суммарной концентрации биогенных аминов, однако в данном случае тенденция увеличения показателей характерна для вина Совиньон блан, а в вине Саперави отчетливой направленности не прослеживается (см. рис. 9 б, е).

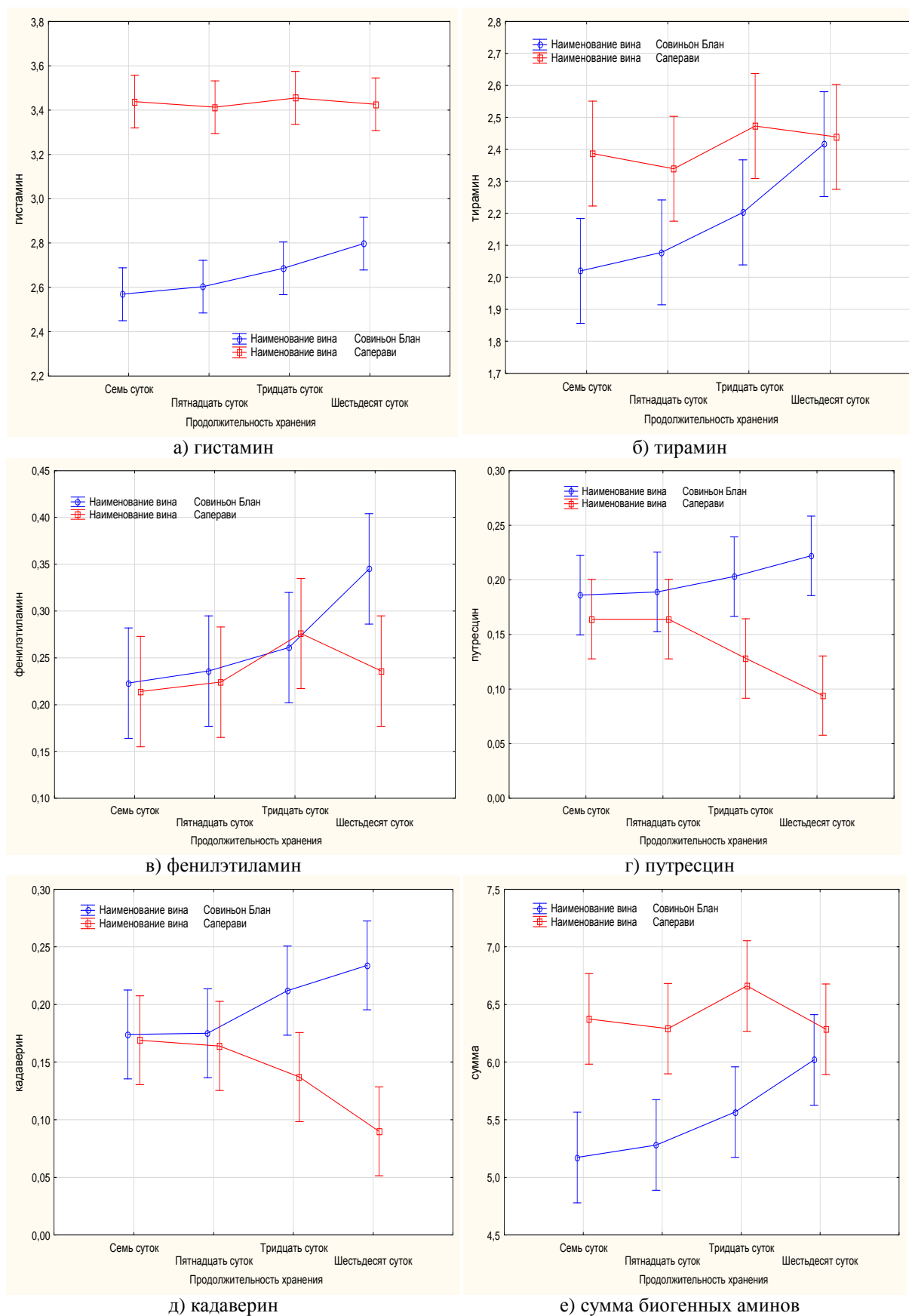


Рис. 9. Изменение зависимых переменных «концентрация биогенных аминов» с учетом эффекта «наименование вина x продолжительность хранения»

В целях исключения объединенной ошибки при межгрупповом взаимодействии проведена оценка ошибки методом Саттерсвейта, как правило, используемого для вычисления объединенных степеней свободы линейной комбинации независимых выборочных отклонений, соответствующих объединенной дисперсии.

Установлено, что для гистамина статистически значимыми эффектами воздействия являются (расположены по степени убывания значимости): «наименование вина», «продолжительность хранения x наименование вина», «вариант опыта x наименование вина».

В варианте с тирамином можно отметить такие факторы, как «наименование вина» и «вариант опыта x наименование вина».

К подтвержденным значимым эффектам, влияющим на фенилэтиламин (рис. 9 в), можно также отнести «наименование вина» и «продолжительность хранения x опыт», «продолжительность хранения x наименование вина», «опыт x наименование вина».

Путресцин изменялся под воздействием фактора «наименование вина» и «продолжительность хранения x наименование вина».

Концентрация кадаверина наиболее отзывчива только к эффекту «наименование вина».

На рис. 10 представлена графическая интерпретация данных, наглядно выделившая основной фактор для всех исследуемых биогенных аминов – это «наименование вина». В случае с накоплением тирамина значимым эффектом (воздействием) обладают «вариант опыта x наименование вина», а также все факторы вкупе «продолжительность хранения x вариант опыта x наименование вина», что не было учтено в предыдущих обработках данных. Кроме того, необходимо отметить, что кадаверин также отзывчив на взаимное влияние этих трех факторов.

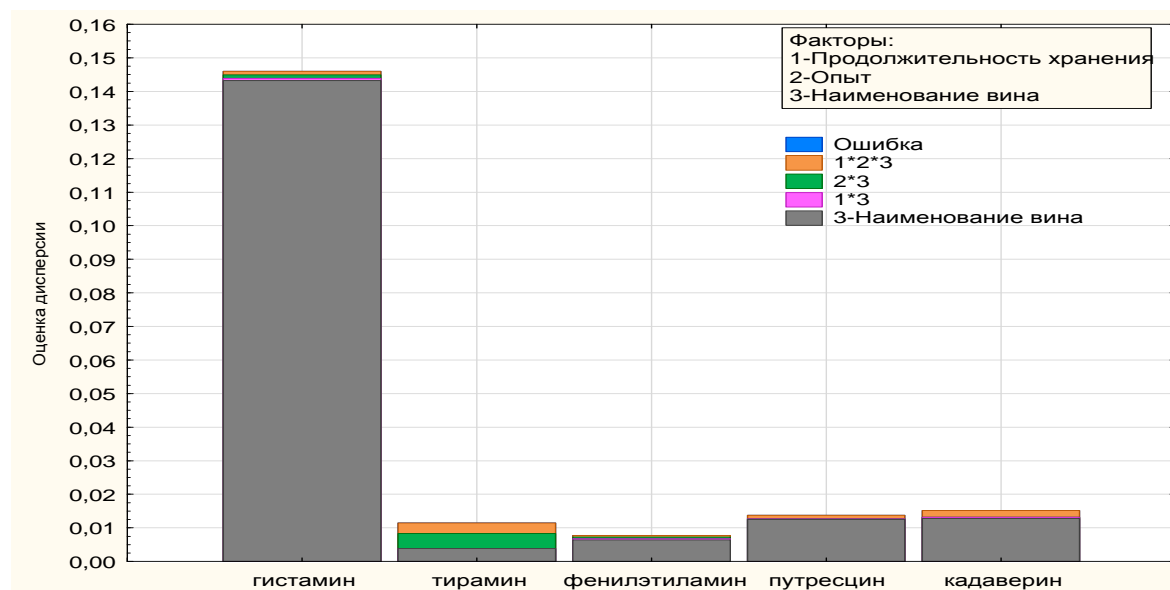


Рис. 10. Значимые эффекты после исключения ошибки Саттерсвейта

Обработка данных по оценке пластичности концентрации биогенных аминов, исследуемых в рамках данного опыта, в зависимости от воздействия рассматриваемых факторов показала, что в первую очередь на концентрации всех биогенных аминов оказывает сильное влияние «наименование вина», а точнее его сортовая принадлежность, цветовая характеристика и соответственно особенности технологии производства. Усиливается указанный фактор при рассмотрении его совместно с продолжительностью хранения, преимущественно за счет активации изменчивости фенилэтиламина, путресцина и кадаверина. Условия хранения (вариант опыта) также стимулируют изменение концентрации фенилэтиламина, путресцина и кадаверина, и если дополнительно учесть особенности, связанные с наименованием вина, то к указанным биогенным аминам добавляется гистамин.

Выводы. Хранение белых виноматериалов в дубовой бочке привело к незначительному увеличению концентрации биогенных аминов, красных – к ее снижению за счет уменьшения концентрации фенилэтиламина, путресцина и кадаверина. Повышение температуры более 22 °С и увеличение продолжительности срока хранения вин в бутылках в вертикальном положении

способствовало росту концентрации всех изученных биогенных аминов, в среднем в 2 раза; в горизонтальном положении – увеличению в 1,5 раза. Полученные данные подтверждают, что необходимо контролировать и соблюдать необходимые условия хранения вин, установленные в нормативной документации, для того чтобы обеспечить качество и безопасность готовой продукции.

Литература

1. Ruiz-Capillas C., Herrero A.M. Impact of biogenic amines on food quality and safety // *Foods*. 2019. Vol. 8(2). 62. <https://doi.org/10.3390/foods8020062>
2. Galanakis C.M. *Innovations in Traditional Foods* // Sawston, Cambridge: Woodhead Publishing, 2019. 334 p. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-02480-11>
3. Akan S., Demirağ M.K. Gıdalarda bulunan biyojen aminlerin önemi ve detoksifikasyon mekanizmaları // *Food and Health*. 2018. Vol. 4(3). P. 166-175. <https://doi.org/10.3153/FH18017>
4. Stój A. et al. The content of biogenic amines in Rondo and Zweigelt wines and correlations between selected wine parameters. *Food Chemistry*. 2022. Vol. 371. 131172. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131172>
5. Wüthrich B. Allergic and intolerance reactions to wine // *Allergologie Select*. 2018. Vol. 2(1). P. 80-88. <https://doi.org/10.5414/alx01420e>
6. Žurga P. et al. Occurrence of ochratoxin A and biogenic amines in croatian commercial red wines // *Foods*. 2019. Vol. 8(8). P. 348-362. <https://doi.org/10.3390/foods8080348>
7. Cheong Y.C. et al. The effects of food processing on biogenic amines formation // *Chemistry. International Food Research Journal*. 2011. Vol. 18(3). P. 867-876
8. Ordóñez J.L., Callejón R.M., Troncoso A.M., García-Parrilla M.C. Evaluation of biogenic amines profile in opened wine bottles: Effect of storage conditions // *J. Food Comp. Analysis*. 2017. Vol. 63. P. 139-147. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.07.042>
9. Vinci G., Maddaloni L. Biogenic amines in alcohol-free beverages // *Beverages*. 2020. Vol. 6(1). 17. <https://doi.org/10.3390/beverages6010017>
10. Kalač P. et al. Biogenic amine formation in bottled beer // *Food Chemistry*. 2002. Vol. 79(4). P. 431-434.
11. Lorencová E. et al. Assessment of biogenic amines profile in ciders from the Central Europe region as affected by storage time // *Food Bioscience*. 2021. Vol. 41. 100957. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.100957>
12. Costantini A. et al. An overview on biogenic amines in wine // *Beverages*. 2019. Vol. 5(1). 19. <https://doi.org/10.3390/beverages5010019>
13. Martuscelli M., Arfelli G., Manetta AC, Suzzi G. Biogenic amines content as a measure of the quality of wines of Abruzzo (Italy) // *Food Chemistry*. 2013. Vol. 140(3). P. 590-597. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.01.008>
14. Esposito F. et al. Level of biogenic amines in red and white wines, dietary exposure, and histamine-mediated symptoms upon wine ingestion // *Molecules*. 2019. Vol. 24 (19). 3629. <https://doi.org/10.3390/molecules24193629>

15. 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>.

16. Moreno-Arribas M.V., Smit A.Y., du Toit M. Biogenic amines and the winemaking process // *Managing Wine Quality*. 2022. Vol. 2. P. 595-627. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102065-4.00038-9>

17. Visciano P. et al. Effect of storage temperature on histamine formation in *Sardina pilchardus* and *Engraulis encrasicolus* after catch // *Food Biochem*. 2007. Vol. 31. P. 577-588.

18. Palomino-Vasco M. et al. Biogenic amines profile in red wines regarding aging and storage conditions // *Journal of Food Composition and Analysis*. 2019. Vol. 83. 103295. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103295>.

19. Restuccia D. et al. The impact of cultivar on polyphenol and biogenic amine profiles in Calabrian red grapes during winemaking // *Food research international*. 2017. Vol. 102. P. 303-312. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.10.012>

20. Агеева Н.М., Ширшова А.А., Мацкул А.В. Влияние условий брожения суслу на содержание биогенных аминов в белых столовых виноматериалах // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2021. № 2-3. (380-381). С. 22- 24. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2021.2-3.5>

References

1. Ruiz-Capillas C., Herrero A.M. Impact of biogenic amines on food quality and safety // *Foods*. 2019. Vol. 8(2). 62. <https://doi.org/10.3390/foods8020062>

2. Galanakis C.M. *Innovations in Traditional Foods* // Sawston, Cambridge: Woodhead Publishing, 2019. 334 p. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-02480-11>

3. Akan S., Demirağ M.K. Gıdalarda bulunan biyojen aminlerin önemi ve detoksifikasyon mekanizmaları // *Food and Health*. 2018. Vol. 4(3). P. 166-175. <https://doi.org/10.3153/FH18017>

4. Stój A. et al. The content of biogenic amines in Rondo and Zweigelt wines and correlations between selected wine parameters. *Food Chemistry*. 2022. Vol. 371. 131172. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131172>

5. Wüthrich B. Allergic and intolerance reactions to wine // *Allergologie Select*. 2018. Vol. 2(1). P. 80-88. <https://doi.org/10.5414/alx01420e>

6. Žurga P. et al. Occurrence of ochratoxin A and biogenic amines in croatian commercial red wines // *Foods*. 2019. Vol. 8(8). P. 348-362. <https://doi.org/10.3390/foods8080348>

7. Cheong Y.C. et al. The effects of food processing on biogenic amines formation // *Chemistry. International Food Research Journal*. 2011. Vol. 18(3). P. 867-876

8. Ordóñez J.L., Callejón R.M., Troncoso A.M., García-Parrilla M.C. Evaluation of biogenic amines profile in opened wine bottles: Effect of storage conditions // *J. Food Comp. Analysis*. 2017. Vol. 63. P. 139-147. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.07.042>

9. Vinci G., Maddaloni L. Biogenic amines in alcohol-free beverages // *Beverages*. 2020. Vol. 6(1). 17. <https://doi.org/10.3390/beverages6010017>

10. Kalač P. et al. Biogenic amine formation in bottled beer // *Food Chemistry*. 2002. Vol. 79(4). P. 431-434.

11. Lorencová E. et al. Assessment of biogenic amines profile in ciders from the Central Europe region as affected by storage time // *Food Bioscience*. 2021. Vol. 41. 100957. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.100957>

12. Costantini A. et al. An overview on biogenic amines in wine // *Beverages*. 2019. Vol. 5(1). 19. <https://doi.org/10.3390/beverages5010019>

13. Martuscelli M., Arfelli G., Manetta AC, Suzzi G. Biogenic amines content as a measure of the quality of wines of Abruzzo (Italy) // Food Chemistry. 2013. Vol. 140(3). P. 590-597. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.01.008>
14. Esposito F. et al. Level of biogenic amines in red and white wines, dietary exposure, and histamine-mediated symptoms upon wine ingestion // Molecules. 2019. Vol. 24 (19). 3629. <https://doi.org/10.3390/molecules24193629>
15. Ageeva N.M., Shirshova A.A., Tikhonova A.N. Influence of alcoholic and malolactic fermentation on the level of biogenic amines in wines // Food processing: Technique and technology. 2021. №. 51(3). P. 449-457. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-3-449-457> (in Russian)
16. Moreno-Arribas M.V., Smit A.Y., du Toit M. Biogenic amines and the winemaking process // Managing Wine Quality. 2022. Vol. 2. P. 595-627. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102065-4.00038-9>
17. Visciano P. et al. Effect of storage temperature on histamine formation in *Sardina pilchardus* and *Engraulis encrasicolus* after catch // Food Biochem. 2007. Vol. 31. P. 577-588.
18. Palomino-Vasco M. et al. Biogenic amines profile in red wines regarding aging and storage conditions // Journal of Food Composition and Analysis. 2019. Vol. 83. 103295. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103295>.
19. Restuccia D. et al. The impact of cultivar on polyphenol and biogenic amine profiles in Calabrian red grapes during winemaking // Food research international. 2017. Vol. 102. P. 303-312. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.10.012>
20. Ageeva N.M., Shirshova A.A., Matskul A.V. Influence of wort fermentation conditions on the content of biogenic amines in white table wine materials // Izvestia vuzov. Food technology. 2021. №. 2-3. (380-381). P. 22-24. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2021.2-3.5> (in Russian)