

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-4-51-59>

УДК 663.222:663.252.4

© 2022

Поступила 02.11.2022

Received 02.11.2022



Принята в печать 26.12.2022

Accepted 26.12.2022

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ БРОЖЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ АРОМАТОБРАЗУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В МОЛОДЫХ КРАСНЫХ ВИНАХ

Людмила В. Гнетько*, Майя М. Удычак,
Мира М. Коблева, Белла Б. Сиюхова

*ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»;
ул. Первомайская, д. 191, г. Майкоп, 385000, Российская Федерация*

Аннотация. Одним из основных требований к молодым винам является сохранение достоинств винограда, в том числе яркого сортового аромата, характерного для эфирных масел, сконцентрированных в кожице ягод. Вместе с тем, в формировании аромата вина участвуют вещества, синтезируемые ферментными системами дрожжевых клеток в процессе спиртового брожения. Основными факторами, влияющими на образование и соотношение ароматообразующих веществ в вине, является состав субстрата, раса дрожжей и условия проведения процесса брожения. Поэтому исследования влияния условий проведения процесса брожения при производстве молодых красных виноматериалов на химический состав ароматообразующих компонентов вина являются актуальными. Анализ полученных данных свидетельствует о влиянии способов проведения процесса спиртового брожения на содержание ароматообразующих соединений: альдегидов, кетонов, высших и многоатомных спиртов, эфиров и кислот жирного ряда. Показано, что брожение суслу на мезге, в отличие от углекислотной мацерации, ведет к большему накоплению продуктов окисления: ацетальдегида, ацетоина и диацетила, а также способствует большему содержанию высших спиртов. В условиях углекислотной мацерации происходит существенное накопление ароматического спирта – фенилэтанола. Проведенные исследования показали, что использование углекислотной мацерации с использованием сорта винограда Молдова привело в целом к значительно меньшему образованию продуктов окисления как компонентов суслу, так и продуктов брожения. Дополнительное внесение углекислоты способствовало снижению ОВ-потенциала бродящего суслу, что стимулировало накопление веществ в восстановленной форме. Вместе с тем, содержание эфиров в случае искусственной мацерации выше, чем при обычных условиях, что говорит о более интенсивных ферментативных реакциях этерификации.

Установлено, что углекислотная мацерация в сравнении с классической переработкой винограда способствует большему образованию и экстракции благоприятных ароматических компонентов, а дополнительное внесение углекислоты усиливает этот процесс.

Ключевые слова: красные вина, способы экстрагирования, углекислотная мацерация, брожение, ароматообразующие вещества, альдегиды, кетоны, эфиры, спирты

Для цитирования: Исследование влияния условий брожения на содержание ароматообразующих веществ в молодых красных винах / Гнетко Л.В. [и др.] // Новые технологии. 2022. Т. 18, № 4. С. 51-59. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-4-51-59>

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF FERMENTATION CONDITIONS ON THE CONTENT OF AROMATIC SUBSTANCES IN YOUNG RED WINES

**Lyudmila V. Gnetko*, Maya M. Udychak,
Mira M. Kobleva, Bella B. Siyukhova**

*FSBEI HE «Maikop State Technological University»;
191 Pervomayskaya str., Maikop, 385000, the Russian Federation*

Abstract. One of the main requirements for young wines is preservation the qualities of the grapes, including the bright varietal aroma characteristic of essential oils concentrated in the grape skins. At the same time, in the formation of the aroma of wine, substances synthesized by the enzyme systems of yeast cells are involved in the process of alcoholic fermentation. The main factors influencing the formation and ratio of aroma-forming substances in wine are the composition of the substrate, the race of yeast and the conditions for the fermentation process. Therefore, studies of the influence of the conditions of the fermentation process in the production of young red wine materials on the chemical composition of the aroma-forming components of wine are relevant. The analysis of the data obtained indicates the influence of the methods of carrying out the alcohol process on the content of aroma-forming compounds: aldehydes, ketones, higher and polyhydric alcohols, esters and fatty acids. It has been shown that the fermentation of the pulp wort, unlike carbon dioxide maceration, leads to a greater accumulation of oxidation products: acetaldehyde, acetoin and diacetyl, and also contributes to a higher content of higher alcohols. Under conditions of carbon dioxide maceration, a significant accumulation of aromatic alcohol – phenylethanol occurs. The conducted studies have shown that the use of carbon dioxide maceration using the Moldova grape variety generally has led to a significantly lower formation of oxidation products of both wort components and fermentation products. The additional introduction of carbon dioxide contributed to a decrease in the RH potential of the fermenting wort, which stimulated the accumulation of substances in a reduced form. At the same time, the content of esters in the case of artificial maceration is higher than under normal conditions, which indicates more intense enzymatic esterification reactions.

It has been established that carbon dioxide maceration, in comparison with the classical processing of grapes, contributes to a greater formation and extraction of favorable aromatic components, and the additional introduction of carbon dioxide enhances this process.

Keywords: red wines, extraction methods, carbonic acid maceration, fermentation, aroma-forming substances, aldehydes, ketones, esters, alcohols

For citation: Study of the influence of fermentation conditions on the content of aroma-forming substances in young red wines / Gnetko L.V. [et al.] // New technologies. 2022. V. 18, No. 4. P. 51-59. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-4-51-59>

Одним из основных требований к молодым винам является сохранение достоинств винограда, в том числе яркого сортового аромата, характерного для

эфирных масел, сконцентрированных в кожице ягод. Вместе с тем, в формировании аромата вина участвуют вещества, синтезируемые ферментными системами дрожжевых клеток в процессе спиртового брожения. Известно, что основными факторами, влияющими на образование и соотношение ароматообразующих веществ в вине, является состав субстрата, раса дрожжей и условия проведения процесса брожения [1].

В связи с этим, целью работы стало исследование способов производства молодых красных виноматериалов на химический состав ароматообразующих компонентов вина. Для этого была проведена серия экспериментов по исследованию химических показателей виноматериалов, приготовленных по классической технологии красных вин и с применением метода углекислотной мацерации.

Объектом исследования послужили виноматериалы, выработанные из сорта винограда Молдова с применением различных технологических приемов. В ходе эксперимента в качестве контрольного образца использовали виноматериал, полученный по традиционной технологии, в результате брожения суслу на мезге. Опытные образцы были получены способом углекислотной мацерации, т.е.

сбраживанием целых гроздей винограда в условиях естественно образующейся углекислоты эндогенного происхождения при продолжительности процесса в течение 4 суток (опыт № 1). Второй опытный образец был получен с интенсификацией процесса углекислотной мацерации путем дополнительного введения углекислого газа экзогенного происхождения и увеличения продолжительности процесса до 7 суток. В полученных виноматериалах определяли массовую концентрацию альдегидов, кетонов, эфиров и жирных кислот, влияющих на формирование органолептических свойств виноматериалов. Экспериментальные данные представлены на рисунках 1–4.

Ацетальдегид, образующийся в ходе глицеропировиноградного брожения, является основным источником образования вторичных продуктов спиртового брожения. Для столовых вин высокое содержание ацетальдегида нежелательно, поскольку может вызвать появление резкости в аромате [1; 2]. Анализ содержания ацетальдегида показал довольно высокую его концентрацию в контрольном образце, полученном брожением суслу на мезге – 253,3 мг/дм³, однако в опытных образцах его содержание было значительно ниже (рис. 1).

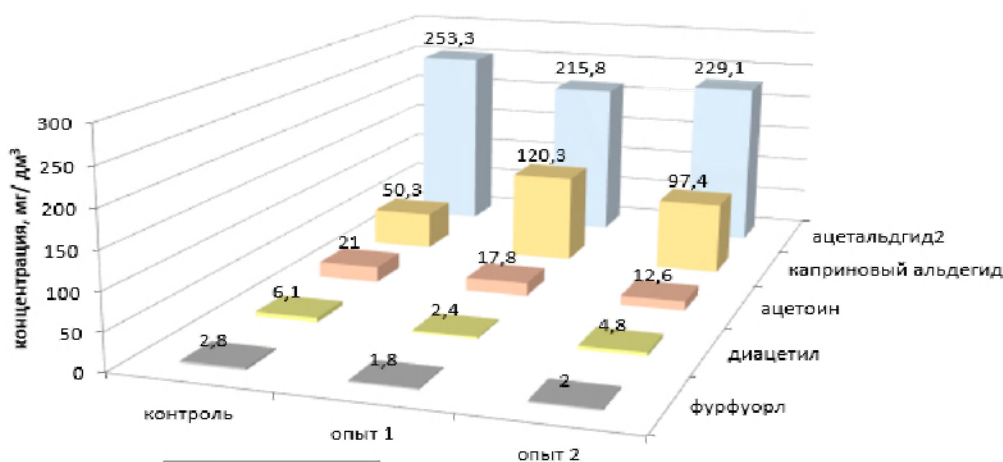


Рис. 1. Содержание альдегидов и кетонов в экспериментальных образцах молодых красных виноматериалов

Fig. 1. The content of aldehydes and ketones in experimental samples of young red wine materials

Известно, что ацетальдегид угнетает процесс брожения, поэтому физиологической необходимостью дрожжей является его превращение в другие продукты, а именно в кислоты, этиловый спирт, 2,3-бутиленгликоль и др. [3; 4]. Брожение в условиях CO_2 -мацерации, исключая контакт сула с кислородом воздуха, способствует накоплению вторичных продуктов брожения в восстановленной форме.

Установлено, что в опытных образцах содержание 2,3-бутиленгликоля, придающего вину мягкость во вкусе, превышало его концентрацию в контроле на 45,4 и 49,5 мг/дм^3 соответственно.

Полученные результаты можно объяснить большей ферментативной активностью дрожжей в условиях анаэробно-анаэробного брожения, осуществляющих дальнейшее превращение ацетальдегида.

Во всех исследуемых образцах были обнаружены диацетил и ацетон, характеризующие окисленность вина. Их содержание в контроле существенно превышало концентрации в опытных образцах, что указывает на превалирование в них восстановительных процессов. В ходе углекислотной мацерации, особенно в случае дополнительного введения

углекислоты, активность оксидаз постепенно уменьшается и в конце брожения происходит полная их инактивация вследствие жизнедеятельности дрожжей и отсутствия кислорода.

В исследуемых образцах был обнаружен фурфурол в концентрациях намного ниже порогового значения, поэтому в данном случае он не оказывает влияния на органолептические свойства виноматериалов.

Из ароматообразующих компонентов преобладающими в количественном отношении в виноматериалах являются спирты. Известно, что высшие спирты, с одной стороны имея цветочно-фруктовые оттенки в аромате, участвуют в формировании букета вина, с другой стороны, их избыток приводит к появлению сивушных оттенков, что отрицательно влияет на качество вина [5; 6].

Среди одноатомных спиртов в образовании аромата и вкуса виноматериалов большое значение имеют метанол, пропанол, изоамилол и гексанол, являющихся продуктами метаболизма дрожжей. Наибольшей массовой концентрацией метанола отличались опытные образцы, особенно образец № 2 (рис. 2). Зная, что метанол спонтанно образуется в вине в

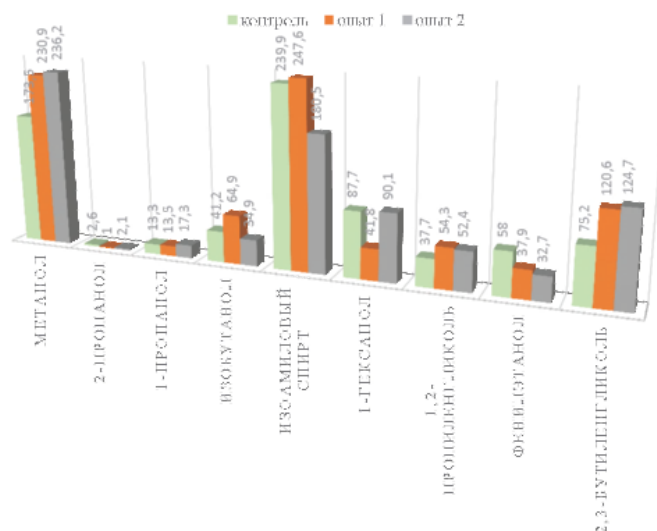


Рис. 2. Содержание спиртов в экспериментальных образцах молодых красных виноматериалов

Fig. 1. The content of alcohols in experimental samples of young red wine materials

процессе энзиматических преобразований пектиновых веществ, в состав которых входят метиловые эфиры галактуроновых кислот, можно предположить, что более продолжительная углекислотная мацерация с дополнительным внесением CO_2 экзогенного происхождения интенсифицирует экстракционные процессы и ведет к большему накоплению пектиновых веществ и их последующему гидролизу.

В результате исследований в контрольном и опытных образцах были обнаружены: 2-пропанол, 1-пропанол, изобутанол, изоамиловый и 1-гексанол. Причем наблюдается значительное варьирование их концентраций в зависимости от способа брожения.

Из известных высших спиртов вина наиболее неприятным ароматом обладает изоамиловый спирт. Наибольшее его накопление установлено в контроле ($239,9 \text{ мг/дм}^3$) и в опытном образце № 1 ($247,6 \text{ мг/дм}^3$). Существенно меньше изоамилового спирта обнаружено в опытном образце № 2 ($180,5 \text{ мг/дм}^3$). Этот же образец (№ 2) выделялся минимальным содержанием изобутанола. Как известно, изоамиловый спирт и изобутанол составляют 95% от всех сивушных спиртов. Кроме того, по сравнению с контролем, данный образец имел меньшую концентрацию 2-пропанола, также оказывающего отрицательное влияние на ароматические свойства вина, но при этом отличался максимальным содержанием 1-пропанола. Положительным фактором можно считать наиболее высокое содержание в образце № 2 высококипящего 1-гексанола, обладающего фруктовым ароматом.

Сумма сивушных спиртов в контрольном образце составила $384,7 \text{ мг/дм}^3$, что на $15,9 \text{ мг/дм}^3$ больше, чем в опытном образце № 1, и на $59,8 \text{ мг/дм}^3$, чем в опытном образце № 2. При этом, высокое суммарное содержание сивушных спиртов в контрольном варианте обусловлено высоким содержанием изоамилового спирта и изобутанола.

Положительное воздействие на аромат вина оказывают спирты ароматического ряда, в том числе фенилэтанол, обладающий интенсивным ароматом, напоминающим запах розы. Его накоплением выгодно отличался контрольный образец (58 мг/дм^3). Концентрация фенилэтанола в контроле была более чем на 20 мг/дм^3 больше, чем в опытных образцах.

Таким образом, при более продолжительном брожении в анаэробных условиях среда в меньшей степени обогащается такими побочными продуктами брожения, как сивушные спирты, при этом содержит больше высококипящих спиртов. Поэтому можно предположить, что при брожении суслу на мезге дрожжи более активно вовлекают аминокислоты и углеводы в биосинтез высших спиртов.

Определение массовых концентраций сложных эфиров в исследуемых образцах (рис. 3) выявило значительное количественное преимущество этилацетата – $100,2 \text{ мг/дм}^3$ (контроль), $127,2 \text{ мг/дм}^3$ (опыт 1) и $113,0 \text{ мг/дм}^3$ (опыт 2), что объясняется преобладанием в вине этанола и уксусной кислоты, в сравнении с содержанием других спиртов и кислот. Этиловый эфир уксусной кислоты отличается легким фруктовым тоном и в малых дозах гармонирует с букетом качественного вина. Однако в больших количествах этилацетат отрицательно влияет на вкус и аромат вина. Порог ощущения этилацетата в вине $180\text{--}200 \text{ мг/дм}^3$, поэтому в исследуемых образцах он может участвовать только в формировании фонового аромата.

Среди сложных эфиров, образующихся в процессе брожения, в опытных образцах в небольших количествах выявлены метилацетат, изоамилацетат, что объясняется невысоким содержанием в вине соответствующих спиртов и кислот, а также начальным этапом этерификации. Более существенным накоплением метилацетата ($8,3 \text{ мг/дм}^3$) отличился опытный образец № 1, изоамилацетата ($12,6 \text{ мг/дм}^3$) – контроль.

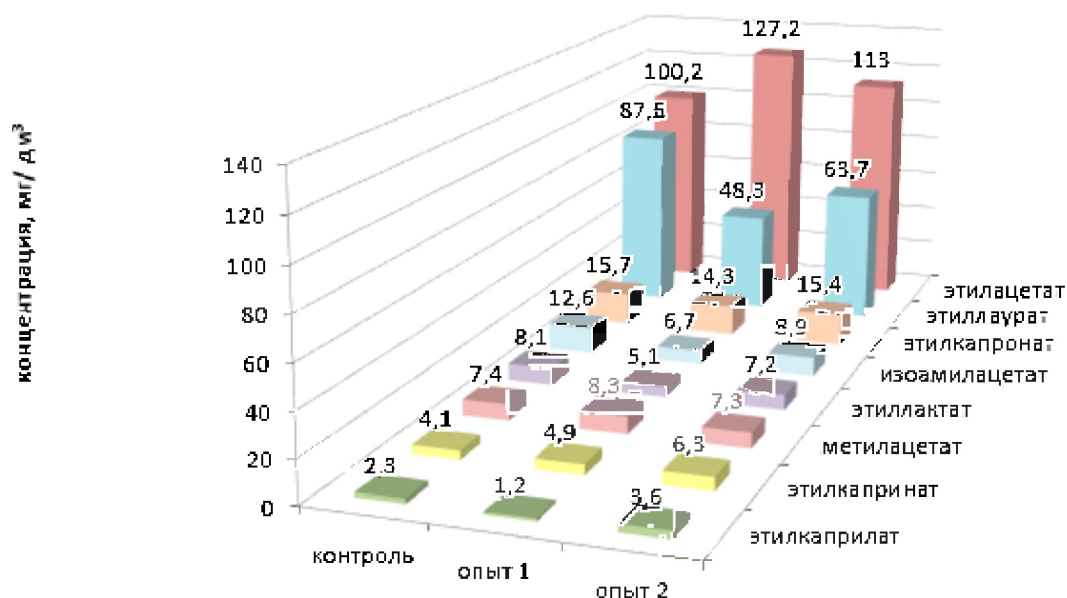


Рис. 3. Содержание эфиров в экспериментальных образцах молодых красных виноматериалов

Fig. 1. The content of esters in experimental samples of young red wine materials

Из высококипящих этиловых эфиров высших жирных кислот были идентифицированы: этилкапронат, этилкаприлат, являющийся составным компонентом энантового эфира, и этилкапринат, имеющий сильный фруктово-цветочный аромат. По накоплению этилкаприлата и этилкаприната выгодно отличался опытный образец № 2 (3,6 мг/дм³ и 6,3 мг/дм³), что можно объяснить более продолжительным контактом вина с дрожжами.

Все исследуемые образцы отличались друг от друга содержанием таких высококипящих эфиров, как этиллактат и этиллаурат. Максимальные количества этиллактата, способствующего смягчению вкуса вина, и этиллаурата были обнаружены в контроле: 8,1 мг/дм³ и 87,5 мг/дм³ соответственно. Минимальные концентрации данных эфиров были установлены в опытном образце № 1 (5,1 мг/дм³ этиллактата и 48,3 мг/дм³ этиллаурата). Увеличение продолжительности процесса углекислотной мацерации привело к увеличению содержания этиллактата на 2,1 мг/дм³ и этиллаурата на 15,4 мг/дм³ (образец № 2).

Установлено, что наиболее высокое суммарное содержание сложных эфиров принадлежит контрольному образцу (237,9 мг/дм³), при этом оно обусловлено более высоким содержанием изоамилацетата, этилкапроната, этиллактата и этиллаурата. Суммарное содержание сложных эфиров в опытных образцах было ниже на 21,9 мг/дм³ в образце № 1 и на 12,5 мг/дм³ в образце № 2.

Сравнительный анализ количественного содержания сложных эфиров в опытных образцах (№ 1 и № 2) показал значительное преобладание в образце № 2 изоамилацетата, а также высококипящих сложных эфиров с приятным фруктовым ароматом: этилкапроната, этилкаприлата, этилкаприната, этиллактата и этиллаурата.

Полученные результаты согласуются с данными ряда авторов [1–3] о гораздо большем синтезе эфиров дрожжами *Sacch. Oviformis* и *Sacch. Vini* в анаэробных условиях.

Таким образом, можно заключить, что для синтеза большего количества эфиров в процессе спиртового брожения, в условиях углекислотной мацерации,

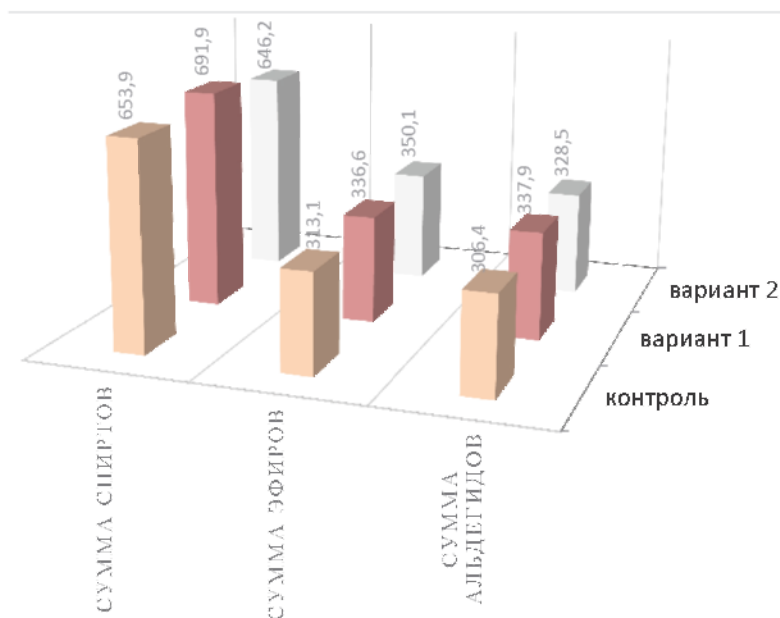


Рис. 4. Изменение суммарных значений ароматообразующих соединений в зависимости от условий брожения

Fig. 4. Change in the total values of aroma-forming compounds depending on the-fermentation conditions

требуется более продолжительное время, дополнительное введение углекислоты способствует интенсификации экстрагирования составляющих эфирного масла из кожицы, а именно высших жирных кислот и спиртов, формирующих первичный букет вина. Впоследствии часть из них в процессе брожения суслу участвует в реакции этерификации с образованием компонентов вторичного букета.

Из жирных летучих кислот, относящихся к продуктам брожения, в исследуемых образцах были обнаружены масляная, изомасляная и изовалериановая кислоты. При этом, масляная кислота присутствовала только в контроле. Концентрации изомасляной и изовалериановой кислот оказались существенно выше в опытном образце (№ 2), полученном при более продолжительной CO_2 -мацерации, с добавлением экзогенной углекислоты.

Изменения суммарных значений ароматообразующих соединений в зависимости от условий брожения представлены на рисунке 4. По общей сумме ароматообразующих соединений исследуемые образцы можно расположить в следующем

порядке: Опыт № 1 > Контроль > Опыт № 2. Анализ полученных результатов показал, что наибольшая сумма ароматообразующих компонентов в образце № 1 была обусловлена в первую очередь более высоким содержанием альдегидов и кетонов, а также высших спиртов, многоатомных спиртов и фенилэтанола. Несколько меньшее значение суммы ароматообразующих компонентов имел контрольный образец (на $24,6 \text{ мг/дм}^3$ меньше, чем контроль), в данном случае величина суммы обеспечивалась более высокими концентрациями сложных эфиров, высших спиртов и фенилэтанола. Опытный образец № 2 имел наименьшую величину суммы летучих веществ. Однако в сравнении с другими образцами он имел максимальные концентрации таких положительно влияющих на органолептические свойства вина веществ, как: 2,3-бутиленгликоль, этилкаприлат, этилкапринат и 1-гексанол.

Таким образом, представленные данные свидетельствуют о влиянии условий брожения на накопление ароматообразующих компонентов. Так, углекислотная

мацерация в сравнении с классической переработкой винограда способствует большому образованию и экстракции благоприятных ароматических компонентов, а дополнительное внесение углекислоты усиливает этот процесс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Гнетко Л.В., Неровных Л.П., Коблева М.М. Влияние рас дрожжей на ароматические свойства шампанских вин, приготовленных по классической технологии // Новые технологии. 2020. Вып. 3. С. 9–19.
2. Агеева Н.М., Бирюков А.П. Влияние ферментных препаратов на ароматообразующие компоненты красных столовых вин // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2020. Т. 10, № 2. С. 251–260.
3. Зависимость концентрации ароматообразующих компонентов и органических кислот в белом столовом виноматериале от способа технологической обработки / Алексеева А.А. [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2019. № 5/6 (371–372). С. 27–30.
4. Маркосов В.А. Биохимия, технология и медико-биологические особенности красных вин. Краснодар, 2008. 224 с.
5. Ароматообразующие компоненты виноматериалов из различных красных сортов винограда / Агеева Н.М. [и др.] // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. 2018. Т. 15. С. 141–144.
6. Биохимические и физические аспекты углекислотной мацерации / Родина О.М. [и др.] // Образование – Наука – Технологии: научные труды XXXIII Всероссийской научно-практической конференции. Майкоп, 2018. С. 159–162.

REFERENCES:

1. Gnetko L.V., Nerovnykh L.P., Kobleva M.M. The influence of yeast races on the aromatic properties of sparkling wines prepared according to the classical technology. *New technologies*. 2020; 3: 9–19. (In Russ.)
2. Ageeva N.M., Biryukov A.P. Influence of enzyme preparations on aroma-forming components of red table wines. *Proceedings of universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2020; 10(2): 251–260. (In Russ.)
3. Alekseeva A.A. [et al.] Dependence of the concentration of aroma-forming components and organic acids in white table wine material on the method of technological processing. *News of higher educational institutions. Food technology*. 2019; 5/6 (371–372): 27–30. (In Russ.)
4. Markosov V.A. *Biochemistry, technology and biomedical features of red wines*. Krasnodar; 2008. (In Russ.)
5. Ageeva N.M. [et al.] Aroma-forming components of wine materials from various red grape varieties. *Scientific works of the North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking*. 2018; 15: 141–144. (In Russ.)
6. Rodina O.M. [et al.] Biochemical and physical aspects of carbon dioxide maceration. *Education – Science – Technologies: scientific works of the XXXIII All-Russian Scientific and Practical Conference*. Maikop; 2018: 159–162. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the authors

Гнетко Людмила Васильевна, доцент кафедры технологии, машин и оборудования пищевых производств ФГБОУ ВО «Майкопский государственный

Lyudmila V. Gnetko, an associate professor of the Department of Technology, Machinery and Equipment for Food Production, FSBEI HE «Maikop State Technological

технологический университет»; доцент, кандидат технических наук

тел.: +7 (8772) 57 12 84

Удычак Майя Мугдиновна, доцент кафедры технологии, машин и оборудования пищевых производств ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет», кандидат философских наук

тел.: +7 (8772) 57 12 84

Кobleва Мира Мугдиновна, старший преподаватель кафедры технологии, машин и оборудования пищевых производств ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»

тел.: +7 (8772) 57 12 84

Сиюхова Белла Батмизовна, старший преподаватель кафедры технологии, машин и оборудования пищевых производств ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»

тел.: +7 (8772) 57 12 84

University»; an associate professor, Candidate of Technical sciences

tel.: +7 (8772) 57 12 84

Maya M. Udychak, an associate professor of the Department of Technology, Machinery and Equipment for Food Production, FSBEI HE «Maikop State Technological University», Candidate of Philosophical Sciences

tel.: +7 (8772) 57 12 84

Mira M. Kobleva, a senior lecturer of the Department of Technology, Machinery and Equipment for Food Production, FSBEI HE «Maikop State Technological University»

tel.: +7 (8772) 57 12 84

Bella B. Siyukhova, a senior lecturer of the Department of Technology, Machines and Equipment for Food Production, FSBEI HE «Maikop State Technological University»

tel.: +7 (8772) 57 12 84