

Анализ эффективности технологических и биотехнологических приемов производства сухих вин из винограда сорта Мускат белый

Луткова Н.Ю.[✉], Пескова И.В., Остроухова Е.В.

Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН, Россия, Республика Крым, 298600, г. Ялта, ул. Кирова, 31

[✉] lutkova1975@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается эффективность технологических и биотехнологических приемов при производстве сухих вин из винограда сорта Мускат белый. Показано, что предбродительная аэрация дрожжевой культуры приводит к формированию более окисленного фенольного комплекса виноматериалов. Значимым фактором формирования фенольного комплекса является режим сульфитации сусла: введение 75 мг/дм³ SO₂ способствует увеличению содержания фенольных компонентов в виноматериалах в 1,5 раза по сравнению с несульфитированным суслом. Установлено, что штаммы дрожжей Ленинградская и Севастопольская 23 в процессе брожения синтезируют ацетальдегид в малых количествах; сульфитация сусла увеличивает содержание ацетальдегида в виноматериалах, полученных на культуре Севастопольская 23, в 1,6 раза. Показано, что в условиях длительного брожения сусла без доступа воздуха возрастает роль дрожжей в формировании терпеновых спиртов виноматериалов; обработка сусла оклеивающими препаратами способствует образованию терпенов дрожжами. По результатам органолептического тестирования виноматериалов определена совокупность приемов, позволяющих получать сухие виноматериалы из винограда Мускат белый с выработанным сортовым ароматом и вкусом. Эти приемы включают длительное брожение без доступа воздуха при температуре 16-18°C с использованием расы дрожжей Севастопольская 23, сусла, сульфитированного до 75 мг/дм³ SO₂ и обработанного оклеивающими препаратами – в случае традиционного виноделия; самоосветленного сусла без введения диоксида серы – в случае органического виноделия.

Ключевые слова: ароматобразующий комплекс; сульфитация; осветляющие препараты; терпеновые спирты.

Для цитирования: Луткова Н.Ю., Пескова И.В., Остроухова Е.В. Анализ эффективности технологических и биотехнологических приемов производства сухих вин из винограда сорта Мускат белый // «Магарач». Виноградарство и виноделие, 2021; 23(3): 278-285. DOI 10.35547/IM.2021.87.59.012

The effectiveness analysis of technological and biotechnological methods for production of dry wines from 'Muscat Blanc' grape variety

Lutkova N.Yu.[✉], Peskova I.V., Ostroukhova E.V.

All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of the RAS, 31 Kirova Str., 298600 Yalta, Republic of Crimea, Russia

[✉] lutkova1975@mail.ru

Abstract. The article considers the effectiveness of technological and biotechnological methods for production of dry wines from grapes of 'Muscat Blanc' variety. It is shown that pre-fermentation aeration of yeast culture leads to the formation of a more oxidized phenolic complex of base wines. A significant factor of phenolic complex formation is the process of must sulfiting: the introduction of 75 mg/dm³ of SO₂ promotes to increasing the content of phenolic components in base wines by 1.5 times in comparison with unsulfited must. It is established that yeast strains 'Leningradsкая' and 'Sevastopolsкая 23' synthesize acetaldehyde in small quantities in the process of fermentation; must sulfiting increases the content of acetaldehyde in base wines obtained using culture 'Sevastopolsкая 23' by 1.6 times. It is shown that role of the yeast in the formation of base wine terpene alcohols increases under conditions of long anaerobic must fermentation; must processing with fining agents promotes to the terpene formation by the yeast. Based on the results of organoleptic base wine testing, a set of methods for obtaining dry base wines from grapes of 'Muscat Blanc' variety with a pronounced varietal aroma and flavor was determined. These methods include long anaerobic fermentation at a temperature of 16-18°C using the yeast race 'Sevastopolsкая 23', must sulfited to 75 mg/dm³ of SO₂ and treated with fining agents - in case of traditional winemaking; self-clarified must without sulfur dioxide introduction - in case of organic winemaking.

Key words: aroma-producing complex; sulfiting; clarifying agents; terpene alcohols.

For citation: Lutkova N.Yu., Peskova I.V., Ostroukhova E.V. The effectiveness analysis of technological and biotechnological methods for production of dry wines from 'Muscat Blanc' grape variety. Magarach. Viticulture and Winemaking, 2021; 23(3): 278-285 (in Russian). DOI 10.35547/IM.2021.87.59.012

Введение

На мировом рынке алкогольной продукции представлен широкий ассортимент различных вин. Одна-

ко в настоящее время большим спросом у потребителей пользуются эксклюзивные вина, которые выделяются среди остальных своими органолептическими характеристиками [1]. К такой винопродукции могут быть отнесены столовые сухие вина из винограда со-

рта Мускат белый, отличающиеся узнаваемым букетом с ярко выраженным цветочно-медовым ароматом и вкусом.

Основной задачей винодела при производстве вин из ароматичных сортов винограда является модификация технологии производства таким образом, чтобы минимизировать изменения исходного аромата винограда. Как правило, технология белых столовых вин предусматривает ограничение контакта сусла с твердыми частями виноградной ягоды [2]. Однако в связи с тем, что основная часть компонентов фенольного и ароматобразующего комплексов виноградной ягоды, аминокислот, жирных кислот локализована в ее кожуре, виноделами используются технологические приемы, направленные на экстрагирование этих соединений [3]. Одним из таких приемов является контакт сусла с кожурой виноградных ягод, который осуществляется как на этапе предброидильной подготовки, так и в процессе брожения [4]. Selli S. et al. [5] показали, что наибольшему накоплению ароматобразующих компонентов (β -дамасценон, этилгексаноат, этилбуаноат, изоамилацетат, 2-фенилэтилацетат, линалоол, гераниол и 2-фенилэтанол) способствует контакт сусла с кожурой виноградной ягоды в течение 6 ч. Вместе с этим ряд авторов связывает с использованием данного приема появление травянистых оттенков в аромате, горечи и терпкости во вкусе, окисление сусла, снижение титруемой кислотности, как результат экстрагирования калия, образования битартрата калия и его выпадения в осадок. Это обуславливает необходимость проведения дополнительных исследований для сведения к минимуму негативных воздействий на аромат и вкус вина.

Использование при производстве белых столовых вин углекислотной мацерации оказывает значительное влияние не только на содержание ароматобразующих соединений и фенольных веществ в виноматериалах, но и способствует повышению их антиоксидантной активности, следствием чего является защита от окисления компонентов аромата и стабильность получаемых вин [6]. Однако учитывая тот факт, что фенольные соединения являются не только агентами окислительно-восстановительных процессов, но и их инициаторами, а антиоксидантные свойства варьируют в зависимости от строения вещества, данное утверждение требует более глубокого изучения.

Перспективным и экономически выгодным производственным решением, направленным на формирование качества винопродукции, является использование биотехнологических приемов [7]. Наибольшее распространение в виноделии получило использование ферментных препаратов, способствующих экстрагированию компонентов виноградной ягоды в сусло. С этой целью используют пектолитические ферментные препараты, часто с сопутствующей активностью – целлюлазной или гликозидазной [8, 9], широко представленные на рынке вспомогательных материалов для виноделия.

Одной из основных задач при производстве белых столовых вин является защита сусла/виноматериалов от окисления. Свободный доступ кислорода может

не только привести к окислительному покоричневению сусла и виноматериалов, но и явиться причиной окисления ряда других компонентов (в частности, терпеновых спиртов), переходящих из виноградной ягоды [10]. Традиционным приемом ингибирования оксидаз винограда является использование диоксида серы. При внесении его в сусло в дозе 100 мг/дм³ происходит блокирование активности МФМО и пероксидазы на 97–100% [11]. Вместе с этим ряд автор отмечает, что применение диоксида серы в больших дозах нейтрализует аромат вин, придает им привкус горечи [7].

Важным технологическим этапом производства белых столовых вин является осветление сусла перед брожением. Использование вспомогательных материалов для осветления способно повлиять на содержание компонентов, участвующих в формировании органолептического качества виноматериалов [12]. Так, в работе Picariello L. et al. [13] показано, что использование галлотанинов, эллаготанинов или процианидиновых танинов способствует повышению концентрации альдегидов в вине. Учитывая, что ацетальдегид способен окисляться кислородом с образованием надукусной кислоты, являющейся сильнейшим окислителем, что приводит к окислению этанола и фенольных соединений [14], использование препаратов танинов может стать причиной окисления вин, что негативно скажется на их качестве. Vignault A. et al. [15] отмечено, что танины обладают антиоксидантной активностью, напрямую потребляют кислород и оказывают ингибирующее действие на окислительно-восстановительные процессы в винах.

Значительную роль в формировании аромата, цвета и вкуса вин оказывают используемые штаммы дрожжей [16, 17]. Синтезируемые ими в процессе жизнедеятельности редуктоны влияют на направленность окислительно-восстановительных процессов; ацетоин, диацетил, 2,3-бутиленгликоль могут вызвать тона окисленности в вине; ацетальдегид – один из ключевых компонентов процессов окисления виноматериалов при хранении; ацетальдегид и кетокислоты – компоненты, проявляющие аддитивные свойства к SO₂ и снижающие его антисептическое и антиоксидантное действие [18]; эфиры, высшие спирты оказывают влияние на формирование аромата и вкуса вина. Состав и количество образуемых микроорганизмами метаболитов зависит от штамма. Актуальными остаются исследования по выделению промышленно ценных штаммов дрожжей из агроампелоценозов, созданию генмодифицированных микроорганизмов, обладающих теми или иными промышленно ценными свойствами [19, 20]. Некоторыми исследователями выбран путь модификации способа предброидильной подготовки дрожжей. Пермяковой Л.В. предложен способ снижения потребности дрожжевых клеток в кислороде за счет обогащения среды ферментации стеринами и ненасыщенными жирными кислотами путем внесения специально подготовленного дрожжевого автолизата. Особенностью его получения является предварительная аэрация дрожжевой суспензии сжатым воздухом с последующим проведением

автолиза. Такой прием при производстве продуктов брожения способствует интенсификации обменных процессов дрожжей без ухудшения качества готового продукта [21]. Таким образом, можно отметить, что, несмотря на большое количество исследований, остаются проблемные вопросы, требующие дальнейшего рассмотрения. Одним из них является сохранение сортового аромата мускатных вин в процессе хранения.

Целью настоящей работы являлся анализ параметров и условий предбродильной подготовки и брожения сусла с позиций их влияния на качество виноматериалов из винограда сорта Мускат белый.

Объекты и методы исследований

Объектами исследований являлись виноматериалы, полученные в условиях микровиноделия из винограда сорта Мускат белый 2019 г. урожая (концентрация сахаров составляла 210 ± 10 г/дм³, титруемых кислот – $8,0 \pm 0,8$ мг/дм³, терпеновых соединений: свободных – 0,44, связанных – 0,31, общих – 0,75 мг/дм³), произрастающего в условиях Южного берега Крыма.

На основании результатов ранее проведенных исследований [22], брожение осветленного сусла осуществляли на штаммах Севастопольская 23 (I-525) и Ленинградская (I-307) из ЦКП КМВ «Магарач». Использование для сбраживания виноградного сусла штаммов Севастопольская 23 и Ленинградская способствует формированию аромата цветочного направления с легкими медово-пряными нотами и тонкими фруктово-ягодными оттенками. [22, 23]. Кроме этого, штамм Севастопольская 23 приводит к обогащению столовых виноматериалов свободными формами монотерпенолов [22]. Отстаивание сусла осуществлялось при температуре 14-16°C в течение 12 ч, после чего вносили чистую культуру дрожжей из расчета 3% от объема сусла. Брожение сусла проходило при температуре 16-18°C без доступа воздуха (под гидрозатвором).

В ходе исследований: варьировали дозы вносимого в сусло диоксида серы (0 и 75 мг/дм³) – схемы 1, 2 – (Севастопольская 23), 3, 4 – (Ленинградская); условия осветления сусла без или с использованием вспомогательных материалов (препарата танина Витания В, Martin Vialatte) – 2 г/дм³; желатин – 50 см³/дм³ и бентонит – 1 г/дм³) – схемы 5, 6 – (Севастопольская 23), 7, 8 – (Ленинградская). Образцы обрабатывали по следующей схеме: танин – желатин – бентонит.

Предбродильную подготовку дрожжей по схеме 9 проводили следующим образом: разводку дрожжей (Севастопольская 23 (I-525)), в количестве 3% от объема, аэрировали в течение 30–40 мин., затем выдерживали без доступа воздуха в течение 2–4 ч и вносили в осветленное сусло. Контроль процесса брожения осуществляли по изменению плотности бродящего сусла, измеряемой ареометрическим методом по ГОСТ 27198. Отбор проб сусла для анализа производился с периодичностью раз в сутки, начиная от начала внесения в сусло разводки чистой

культуры дрожжей вплоть до полного выбраживания сахаров.

Микробиологический контроль технологического процесса осуществляли по ИК 9170-1128-00334600-07. Оценку качества виноматериалов проводили согласно ГОСТ 32051-2013 «Продукция винодельческая. Методы органолептического анализа» с привлечением членов дегустационной комиссии ФГБУН «ВНИИВИВ «Магарач» РАН» по общепринятой системе, включающей словесное описание элементов качества и их балловую оценку по 10-балльной системе по шкале для молодых виноматериалов

Анализ физико-химического состава виноматериалов осуществляли по стандартизированным и принятыми в энологической практике методам анализа [24].

Результаты исследований

Анализ динамики брожения сусла показал следующее (рис. 1):

- наиболее короткий период забраживания отмечен для несulfитированного сусла (схемы 1 и 5) – 2 сут. независимо от способа осветления сусла, по истечении которых было утилизировано 11-14 г/дм³ сахаров. Дальнейший процесс брожения сусла происходил при равной скорости утилизации сахаров – в среднем, 12 г/дм³ в сутки (схема 1) и 11,1 г/дм³ в сутки (схема 5);

- sulfитация сусла в дозе 75 мг/дм³ увеличивала период забраживания до 4 сут. в случае самопроизвольного осветления сусла (схемы 2 и 5) и до 8 суток – при проведении осветления сусла с использованием препарата танина, желатина, бентонита (схема 6). При этом в вариантах 2 и 6 полная утилизация сахаров достигалась на 31-е и 40-е сутки брожения. Предбродильная подготовка дрожжевой культуры (схема 9) сокращала период полной утилизации сахаров до 27 сут.

Таким образом, интенсификации процесса брожения в условиях опыта способствовало использование несulfитированного сусла и предбродильная подготовка дрожжевой культуры.

Полученные виноматериалы по основным физико-химическим показателям: объемной доле спирта – от 9,9 до 11,7 % об., концентрации титруемых кислот – от 5,0 до 8,1 г/дм³, общего диоксида серы от 14,0 до

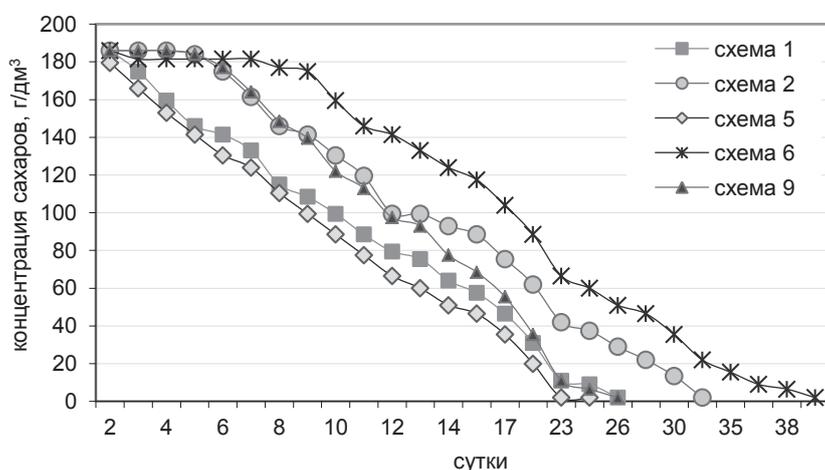


Рис. 1. Влияние схем обработки сусла на скорость брожения
Fig. 1. The effect of must processing schemes on fermentation rate

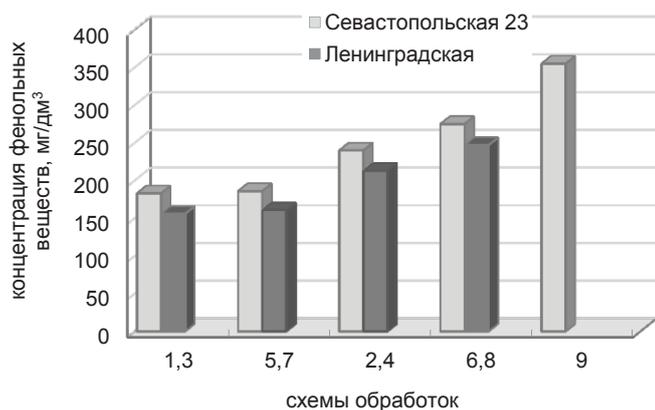


Рис. 2. Влияние технологических приемов на содержание фенольных веществ в виноматериалах
Fig. 2. The effect of technological methods on the content of phenolic substances in base wines

Таблица 1. Значение потенциометрических характеристик виноматериалов
Table 1. Values of potentiometric characteristics of base wines

Вариант опыта	Потенциометрические характеристики			
	Eh, мВ	dEh, мВ	W, мВ*дм³/мг	V I ₂
<i>Штамм дрожжей Севастопольская 23</i>				
Схема 1	219,2	211,1	1,15	1,4
Схема 2	268,0	157,7	0,66	1,4
Схема 5	270,4	162,6	0,87	1,3
Схема 6	261,6	153,1	0,56	1,8
Схема 9	252,1	176,	0,50	1,6
<i>Штамм дрожжей Ленинградская</i>				
Схема 4	266,8	165,2	0,77	1,4
Схема 7	243,4	193,9	1,2	8,1
Схема 8	263,8	152,6	0,62	2,1

51 мг/дм³ соответствовали требованиям ГОСТ 32030.

Анализ фенольного комплекса (рис 2.) и его окислительно-восстановительного состояния (табл. 1) показал следующее. Концентрация фенольных веществ в образцах виноматериалов варьировала от 161 до 355 мг/дм³. Наименьшее содержание фенольных компонентов отмечено в виноматериалах, полученных без сульфитации сусле в среднем 172 ± 15 мг/дм³. Сульфитация сусле в дозе 75 мг/дм³ способствовала значимому ($\alpha < 0,02$) накоплению фенольных компонентов (до 266 ± 54 мг/дм³) в виноматериалах: в среднем на 1,5 раза выше по сравнению с образцами, полученными без сульфитации сусле. Возможно, это результат разнонаправленного воздействия диоксида серы при отстаивании сусле: с одной стороны, интенсификация экстрагирования фенольных веществ из взвесей; с другой – ингибирование оксидаз винограда, предохранение фенольных веществ от окисления.

Удельная восстановительная способность фенольных веществ по отношению к йоду в виноматериалах, приготовленных без использования диоксида серы, составляла $7,6 \pm 0,5$ см³ дм³/г, с сульфитацией сусле – $6,4 \pm 1,4$ см³ дм³/г. Выявленная разница значений показателя I₂/ФВ статистически незначима, что свидетельствует о сопоставимом уровне окисленности феноль-

ного комплекса и указывает на превалирование процесса экстрагирования в формировании фенольного комплекса виноматериалов.

Виноматериалы, полученные на разных культурах дрожжей, независимо от предброидильной подготовки сусле, не имели статистически значимых различий по содержанию фенольных веществ и уровню их окисления. Виноматериалы, полученные на штамме Севастопольская 23, характеризовались содержанием фенольных веществ 183-275 мг/дм³ с удельной восстановительной способностью по отношению к йоду $6,3 \pm 1,2$ см³ дм³/г, на штамме Ленинградская – $156-247$ мг/дм³ и $7,7 \pm 1,0$ см³ дм³/г, соответственно.

Более высокое содержание фенольных соединений (355 мг/дм³, что в среднем в 1,7 раза выше, чем в остальных виноматериалах) отмечено в варианте с использованием сульфитированного сусле и предварительно аэрированной дрожжевой культуры. При этом фенольный комплекс этих виноматериалов значительно отличался ($\alpha < 0,05$) наибольшей окисленностью: показатель его удельной восстановительной способности по отношению к йоду составлял $4,5$ см³ дм³/г, что в среднем в 1,6 раза меньше, чем в других виноматериалах.

Отмечено, что обработка сусле на этапе осветления танином, желатином, бентонитом не оказала существенного влияния на содержание и уровень окисленности фенольных компонентов в виноматериалах – относительно образцов полученных при самоосветлении сусле (табл. 1).

Обобщение представленных данных позволяет заключить, что в условиях опыта исследуемые приемы и параметры осветления и брожения сусле способствовали формированию фенольного комплекса, характерного для неокисленных белых сухих виноматериалов [25]. Отрицательное действие на окисленность фенольного комплекса виноматериалов оказало предброидильное аэрирование дрожжевой культуры.

В литературных источниках указывается на то, что ацетальдегид может быть как причиной, так и следствием окисления вина, что приводит к нежелательной, особенно в случае белых вин, трансформации органолептических свойств [26]. Основная масса ацетальдегида образуется дрожжами во время брожения, и его количество будет зависеть от используемого штамма дрожжей [27]. В исследуемых партиях виноматериалов (рис. 3) концентрация ацетальдегида варьировала в диапазоне от 9,7 до 21,2 мг/дм³ (Севастопольская 23) и от 8,8 до 15,8 мг/дм³ (Ленинградская). Таким образом, в виноматериалах, полученных на штамме Севастопольская 23, содержание ацетальдегида в среднем составляло $15,1$ мг/дм³, что в 1,3 раза выше, чем в виноматериалах, приготовленных с использованием штамма Ленинградская.

Содержание ацетальдегида в виноматериалах, полученных без использования диоксида серы на этапе отстаивания сусле, составляло $11,3 \pm 2,9$ мг/дм³. Сульфитация сусле приводила к увеличению содержания ацетальдегида в виноматериалах в среднем в 1,1 (при использовании культуры дрожжей Ленинградская) – в 1,6 раза (Севастопольская 23).

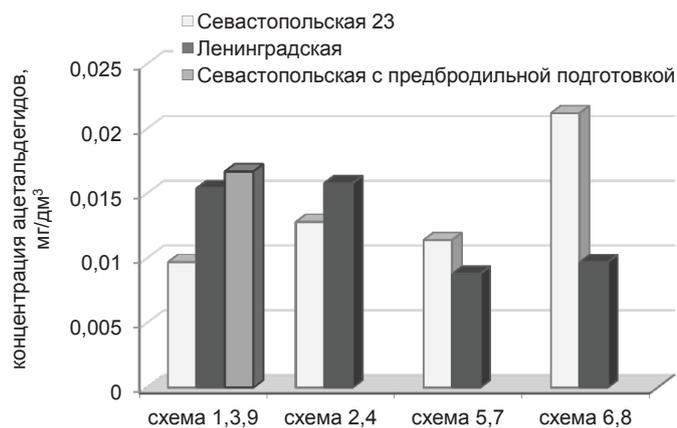


Рис. 3. Влияние технологических приемов на содержание ацетальдегидов в виноматериалах
Fig. 3. The effect of technological methods on the content of acetaldehydes in base wines

В зависимости от используемого штамма дрожжей предбродильная обработка сусла препаратами танина и оклеивающими материалами оказывала различное влияние на концентрацию ацетальдегида в виноматериалах. При использовании культуры дрожжей Севастопольская 23 обработка несulfитированного сусла приводила к увеличению содержания ацетальдегида в виноматериалах на 17 % относительно виноматериалов, полученных из самоосветленного сусла; sulfитированного сусла – на 65 %. При использовании штамма Ленинградская была отмечена обратная тенденция – введение осветляющих препаратов как в sulfитированное, так и несulfитированное сусло способствовало снижению концентрации ацетальдегида в виноматериалах на 39-42 % по сравнению с вариантом без обработок. Полученные результаты могут быть объяснены как разнонаправленным действием диоксида серы, который, с одной стороны, ингибирует альдегиддегидрогеназу, что тормозит трансформацию ацетальдегида в этанол и способствует его накоплению в виноматериалах, и, с другой стороны, непосредственно взаимодействует с ацетальдегидом и тем самым уменьшает количество последнего, так и с особенностями используемых культур дрожжей [28].

При прочих равных условиях осветления и броже-

ния сусла (доза sulfитации 75 мг/дм³, самоосветленные сусла, дрожжи Севастопольская 23), предбродильная подготовка дрожжевой культуры аэрированием приводила к увеличению концентрации ацетальдегида в виноматериалах в 1,3 раза.

В целом в условиях опыта с использованием изучаемых приемов получены сухие виноматериалы из винограда Мускат белый с содержанием ацетальдегида, характерным для неокисленных вин [25]. Тем не менее, следует индивидуально подбирать дозы диоксида серы при переработке винограда в зависимости от его санитарного состояния, активности оксидаз, поскольку даже доза 75 мг/дм³ SO₂ способствует аккумуляции ацетальдегида в виноматериалах, а также исключить предбродильное аэрирование дрожжевой разводки.

Важнейшими компонентами, участвующими в формировании сортового аромата вин из винограда сорта Мускат белый, являются терпеновые спирты. Основным источником поступления терпеновых спиртов в вина служит виноградная ягода, а концентрация их разных форм в винах, в значительной мере, определяется балансом процессов их экстрагирования, гидролиза и окисления на этапах переработки винограда и брожения сусла [29]. Кроме того, в анаэробных условиях дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* также способны к образованию терпенов при торможении процесса синтеза эргостерола из геранилпирофосфата [30, 31].

В настоящих исследованиях показано (рис. 4), что при содержании терпеновых компонентов в виноматериалах, полученных без применения диоксида серы, составляло при самоосветлении сусла (схемы 1, 3) – 1,58-2,09 мг/дм³, при обработке сусла оклеивающими препаратами (схемы 6, 8) – 2,12-3,44 мг/дм³. Доля свободных терпеновых спиртов в виноматериалах, приготовленных по схемам 1 и 3, составляла в среднем 61±11 %, что соответствовало их концентрации 1,14±0,42 мг/дм³, по схемам 6 и 8 – 68±9 % и 1,93±0,89 мг/дм³.

Использование диоксида серы в дозе 75 мг/дм³ в варианте, предусматривающем обработку сусла оклеивающими материалами (схемы 6 и 8), приводило к снижению содержания терпеновых соединений в виноматериалах в среднем в 1,8 раза, не оказав зна-

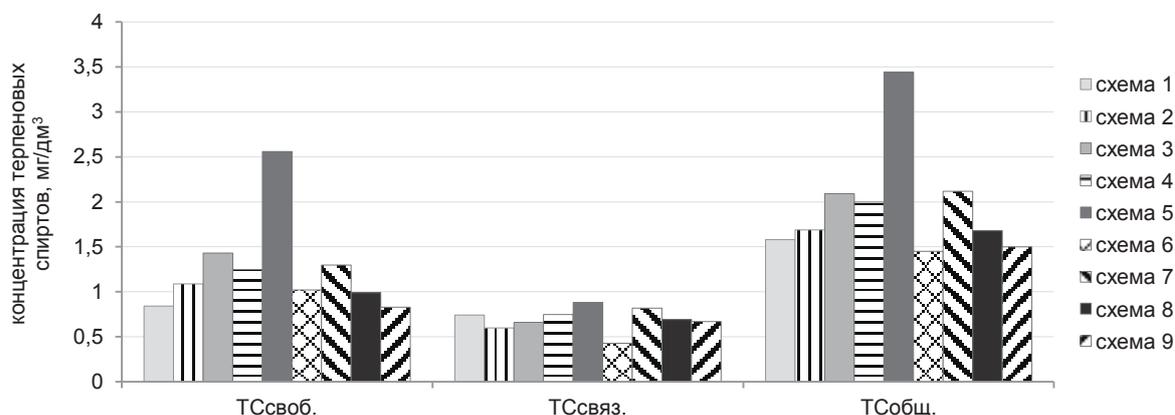


Рис. 4. Влияние схем обработки сусла перед осветлением на концентрацию терпеновых спиртов в виноматериалах
Fig. 4. The effect of must processing schemes before clarifying on the content of terpene alcohols in base wines

чительного влияния на долю свободных терпеновых спиртов, которая составила $64 \pm 8,3\%$. Напротив, в вариантах, включающих самоосветление сусла, использование диоксида серы (схемы 2 и 4) в зависимости от применяемой культуры дрожжей либо не оказало влияния на общее содержание терпенов, повысив долю гликозидных форм на 6% (Ленинградская); либо увеличивало их содержание в 1,1 раза, за счет свободных форм, доля которых возросла на 12% (Севастопольская 23). Дополнительное предбродильное аэрирование дрожжевой культуры Севастопольская 23 нивелировало указанный эффект: содержание терпеновых компонентов в виноматериалах, полученных по схеме 9, было сопоставимо с таковым в виноматериалах из самоосветленного несulfитированного сусла – схема 1.

Наибольшим содержанием терпеновых спиртов ($3,44 \text{ мг/дм}^3$) и самой высокой долей их свободных форм (74%) характеризовались виноматериалы, полученные с использованием несulfитированного сусла, обработанного оклеивающими препаратами, и культуры дрожжей Севастопольская 23.

Обобщение представленных данных позволяет прокомментировать их следующим образом: в условиях эксперимента, а именно длительного (23-30 суток) брожения сусла без доступа воздуха (под гидрозатвором), возрастает роль дрожжей в формировании терпенового комплекса виноматериалов. Проведенные нами [31] на модельном виноградном сусле исследования показали, что в анаэробных условиях раса Севастопольская 23 синтезировала свыше $1,5 \text{ мг/дм}^3$ терпеновых соединений (в основном свободных форм монотерпенов: гераниевая кислота, линалоол, α -терпинеол). Обработка сусла оклеивающими препаратами снижает содержание азотистых веществ и тиамин в сусле, что способствует образованию монотерпенов дрожжами [32, 33]. Внесенный в сусло диоксид серы угнетающе действует на дрожжевую клетку [28], что может быть причиной снижения новообразования терпеновых спиртов дрожжами. С другой стороны, в самоосветленном сусле сохраняется активность оксидаз, способствующая окислению фенольных веществ (рис. 2) и сопряженному с ним окислению других соединений, включая терпеновые.

Органолептическое тестирование показало (табл. 2), что все опытные виноматериалы характеризовались светло-соломенным или соломенным цветом; чистым ароматом и гармоничным вкусом.

Наиболее высоко были оценены дегустаторами виноматериалы, полученные на культуре дрожжей Севастопольская 23 по схеме 1 (без применения диоксида серы и осветляющих

препаратов на стадии осветления сусла) и по схеме 6 (с использованием диоксида серы 75 мг/дм^3 и вспомогательных материалов) – 7,78 и 7,75 балла соответственно (табл. 2). Эти виноматериалы отличались хорошо выраженным сортовым ароматом с медово-цветочными тонами, оттенками чайной розы или цитрона, переходящими во вкус.

Во всех остальных вариантах наблюдалось снижение интенсивности сортового аромата с усилением медово-пряных тонов, оттенков сухих трав, плодовых нот. Дегустационные оценки варьировали от 7,67 до 7,70 баллов. Обращает на себя внимание тот факт, что сравнительно высокое содержание терпеновых соединений в виноматериалах, полученных по схемам 5, 3, 4, не привело к усилению сортового мускатного аромата. Это является косвенным подтверждением участия дрожжей в формировании комплекса терпеновых соединений виноматериалов.

Таким образом, анализ технологических и биотехнологических факторов предбродильной подготовки и брожения сусла показал положительное влияние на качество сухих вин из винограда Мускат белый совокупности следующих приемов:

- самоосветление сусла без введения диоксида серы при температуре $14-16 \text{ }^\circ\text{C}$, брожение без доступа воздуха (под гидрозатвором) при температуре $16-18 \text{ }^\circ\text{C}$ с использованием культуры дрожжей Севастопольская 23 – эти приемы целесообразно применять в секторе органического виноделия;

- sulfитация сусла в дозе 75 мг/дм^3 , последовательная обработка сусла препаратом танина, желатином, бентонитом, брожение без доступа воздуха

Таблица 2. Органолептическая оценка молодых виноматериалов

Table 2. Organoleptic assessment of young base wines

Образец (№ схемы)	Органолептическая оценка	Средний балл
<i>Штамм дрожжей Севастопольская 23</i>		
$\text{SO}_2 - 0 \text{ мг/дм}^3$ (№ 1)	<i>аромат</i> – хорошо выраженный, сортовой медово-цветочный с оттенком чайной розы; <i>вкус</i> – чистый, свежий, гармоничный, с мускатными нотами	$7,78 \pm 0,06$ 7,70-7,90
$\text{SO}_2 - 75 \text{ мг/дм}^3$ (№ 2)	<i>аромат</i> – приглушенный, с легкими цветочными нотами; <i>вкус</i> – в меру полный, сортовой, гармоничный	$7,68 \pm 0,07$ 7,60-7,85
$\text{SO}_2 - 0 \text{ мг/дм}^3$ Танин, желатин, бентонит (№ 5)	<i>аромат</i> – умеренный, цветочно-медового направления с пряно-цитронными нотами; <i>вкус</i> – изысканный полный, с горчинкой	$7,69 \pm 0,05$ 7,60-7,75
$\text{SO}_2 - 75 \text{ мг/дм}^3$ Танин, желатин, бентонит (№ 6)	<i>аромат</i> – тонкий, мускатный с легкой цитронной ноткой; <i>вкус</i> – полный, свежий, гармоничный, сортовой	$7,75 \pm 0,07$ 7,65-7,80
$\text{SO}_2 - 75 \text{ мг/дм}^3$ подготовка дрожжей (№ 9)	<i>аромат</i> – умеренный, медово-пряного направления; <i>вкус</i> – легкий с горчинкой	$7,68 \pm 0,07$ 7,55-7,80
<i>Штамм дрожжей Ленинградская</i>		
$\text{SO}_2 - 0 \text{ мг/дм}^3$ Танин, желатин, бентонит (№ 3)	<i>аромат</i> – приглушенный, медовый, с тонами сухих трав; <i>вкус</i> – мягкий, недостаточно гармоничный	$7,57 \pm 0,11$ 7,50-7,85
$\text{SO}_2 - 75 \text{ мг/дм}^3$ (№ 4)	<i>аромат</i> – не выраженный, с карамельно-дюшесными оттенками; <i>вкус</i> – облепченный, слабо выражен сорт	$7,67 \pm 0,07$ 7,55-7,75
$\text{SO}_2 - 75 \text{ мг/дм}^3$ Танин, желатин, бентонит (№ 8)	<i>аромат</i> – умеренный, мускатного направления с легкими оттенками сухих трав; <i>вкус</i> – свежий, легкий, гармоничный	$7,70 \pm 0,07$ 7,60-7,80

при температуре 16-18°C с использованием культур дрожжей Севастопольская 23 (предпочтительно) или Ленинградская – для традиционного виноделия.

Выводы

Анализ параметров и условий предброидильной подготовки сусла и культур дрожжей показал, что интенсификация процесса брожения без доступа воздуха способствует использованию несulfитированного сусла и предброидильной аэрации дрожжевой культуры. При этом аэрация дрожжей приводила к формированию более окисленного фенольного комплекса виноматериалов. Другим значимым фактором его формирования является режим sulfитации сусла: введение 75 мг/дм³ SO₂ способствует увеличению содержания фенольных компонентов в виноматериалах в 1,5 раза по сравнению с несulfитированным суслом.

Установлено, что штаммы дрожжей Ленинградская и Севастопольская 23 в процессе брожения синтезируют меньше ацетальдегида; sulfитация сусла увеличивает его содержание в виноматериалах, полученных на культуре Севастопольская 23, в 1,6 раза.

Показано, что в условиях длительного брожения сусла без доступа воздуха возрастает роль дрожжей в формировании терпенового комплекса виноматериалов; обработка сусла оклеивающими препаратами способствует образованию терпенов дрожжами.

Определена совокупность приемов, позволяющих получать сухие виноматериалы из винограда сорта Мускат белый с выраженным сортовым ароматом и вкусом. Эти приемы включают длительное брожение без доступа воздуха при температуре 16-18°C с использованием культуры дрожжей Севастопольская 23 сусла, sulfитированного до 75 мг/дм³ SO₂ и обработанного оклеивающими препаратами, – в случае традиционного виноделия; и самоосветленного сусла без введения диоксида серы – в случае органического виноделия.

Результаты настоящих исследований послужат обоснованием для разработки технологии производства белых столовых сухих вин из винограда сорта Мускат белый (в том числе с пониженным содержанием диоксида серы).

Благодарность. Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории микробиологии ВНИИВиВ «Магарач» за предоставленные культуры дрожжей и проведение микробиологического контроля процесса виноделия.

Источник финансирования

Работа выполняется в рамках государственного задания № 0833-2019-0022.

Financing source

The study was conducted under public assignment No. 0833-2019-0022.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

References / Список литературы

1. Albisu-Aguado L.M., Zeballos M.G. Consumo de vino en Espana. Tendencias y comportamiento del consumidor. In La Economia del Vino en Espana y en el Mundo. 1st ed.; Compes-Lopez R., Castillo-Valero J.S.- Eds. Monografias Cajamar.

Murcia, Espana. 2014:99-140.

2. Pszczolkowski P. Manual de Vinificacion: Guia Practica Para la Elaboracion de Vinos. ISSN 0719-4994. Ediciones UC: Santiago de Chile. Chile. 2015:277-278.
3. Tomasevic M., Lisjak K., Vanzo A., Basa-Cesnik H., Grancin L. et al. Change in the compositions of aroma and phenolic compounds induced by different enological practices of Croatian white wine. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. 2019;69(4):343-358. DOI:10.31883/pjfn/112328.
4. Aleixandre-Tudo J.L., Weightman C., Panzeri V., Nieuwoudt H.H., du Toit W.J. Effect of skin contact before and during alcoholic fermentation on the chemical and sensory profile of South African Chenin blanc white wines. Vitic. 2015;36:366-377.
5. Selli S., Canbas A., Cabaroglu T., Erten H., Gunata Z. Aroma components of cv. Muscat of Bornova wines and influence of skin contact treatment. Food Chem. 2006;94:319-326. DOI:10.1016/j.foodchem.2004.11.019.
6. Olejar K.J., Fedrizzi B., Kilmartin P.A. Influence of harvesting technique and maceration process on aroma and phenolic attributes of Sauvignon blanc wine Food Chem. 2015;9:181-183. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.03.040.
7. Jackowetz J.N., Mira de Orduña R. Survey of SO₂ binding carbonyls in 237 red and white table wines. Food Control. 2013;32(2):687-692. DOI:10.1016/j.foodcont.2013.02.001.
8. Lancien M., Gadal P., Hodges M. Enzyme redundancy and the importance of 2-oxoglutarate in higher plant ammonium assimilation. Plant Physiol. 2000;123:817-824. DOI:/10.1104/pp.123.3.817.
9. Van Rensburg P., Pretorius I.S. Enzymes in winemaking: harnessing natural catalysts for efficient biotransformations. South African Journal of Enology and Viticulture. 2000;21(1):52-73. DOI:10.21548/21-1-3558.
10. Tarko T., Duda-Chodak A., Sroka P., Siuta M. The Impact of Oxygen at Various Stages of Vinification on the Chemical Composition and the Antioxidant and Sensory Properties of White and Red Wines. International Journal of Food Science. 2020;(3):1-11. DOI:10.1155/2020/7902974.
11. Pambianchi D. A Review of Sulfite Management Protocols Based on SO₂ Levels and Type of Wine [Электронный ресурс]. 2014. URL: https://morewinemaking.com/web_files/morebeer.com/files/SO2%20Management%20Protocol.pdf (Date of application: 06.10.2020).
12. Seabrook B.A., Westhuizen T. Fining during fermentation: focus on white and rosé advantages of fining in must rather than wine on aroma and colour. Wine & Viticulture journal. 2018;1:30-33.
13. Picariello L., Gambuti A., Petracca F., Rinaldi A. et al. Enological tannins affect acetaldehyde evolution, colour stability and tannin reactivity during forced oxidation of red wine. International Journal of Food Science & Technology. 2018;53(1):228-236. DOI:10.1111/ijfs.13577.
14. Picariello L., Rinaldi A., Forino M., Errichiello F. et al. Effect of different enological tannins on oxygen consumption, phenolic compounds, color and astringency evolution of Aglianico wine. Molecules. 2020;25(20):4607. <https://doi.org/10.3390/molecules25204607>.
15. Vignault A., Pascual O., Gombau J., Jourdes M., Moine V., Fermaud M., Roudet J., Canals J.M., Teissedre P.-L., Zamora F. New insight about the functionality of oenological tannins; Main results of the working group on oenological tannins. BIO Web of Conferences. 2019;12:02005. DOI:10.1051/bioconf/20191202005.
16. Ostroukhova E.V., Peskova I.V., Probeigolova P.A., Vinogradov B.A. The effect of yeast races on the formation of the aroma-producing complex and the aroma profile of Ekim

- Kara red table wine materials. Collection of scientific works of NIV&W Magarach. 2013; 43:51-55 (*in Russian*).
Остроухова Е.В., Пескова И.В., Пробейголова В.А., Виноградов Б.А. Влияние рас дрожжей на формирование ароматобразующего комплекса и профиля аромата красных столовых виноматериалов из винограда сорта Эким кара. Виноградарство и виноделие: Сб. научн. тр. НИВиВ «Магарач». 2013; 43:51-55.
17. Furdíková K., Malík F. Influence of yeast on the aroma profile of wine. *Kvasny Průmysl*. 2007; 53:215-221.
 18. Oliveira C., C Ferreira A., Freitas V.De, Silva A. Oxidation mechanisms occurring in wines. *Food Research International*. 2011;44(5):1115-1126. DOI:10.1016/j.foodres.2011.03.050.
 19. Schuller D., Casal M. The use of genetically modified *Saccharomyces cerevisiae* strains in the wine industry. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2005;68(3):292-304. DOI:10.1007/s00253-005-1994-2.
 20. Steensels J., Snoek T., Meersman E., Picca Nicolino M. et al. Improving industrial yeast strains: exploiting natural and artificial diversity. *FEMS Microbiol Rev*. 2014;38(5):947-995. DOI:10.1111/1574-6976.12073.
 21. Permyakova L.V. Dependence between sterols synthesis and the method of beer yeast oxygenation. Equipment and technology of food production. 2018;48(1):89-99 (*in Russian*).
Пермякова Л.В. Влияние способа обеспечения пивных дрожжей кислородом на синтез стеринов. Техника и технология пищевых производств. 2018;48(1):89-99.
 22. Peskova I.V., Lutkova N.Yu, Ostroukhova E.V. The influence of yeast races on the formation of flavour-building complex in table base wines of Muscat White variety. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2016;3:21-24 (*in Russian*).
Пескова И.В., Луткова Н.Ю., Остроухова Е.В. Влияние рас дрожжей на формирование ароматобразующего комплекса столовых виноматериалов из винограда сорта Мускат белый. «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2016;3:21-24.
 23. Lutkova N.Yu., Peskova I.V., Ostroukhova E.V. The impact of a yeast strain and fermentation conditions on the quality of wines made of 'Muscat White' grapes. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2018;4:88-90 (*in Russian*).
Луткова Н.Ю., Пескова И.В., Остроухова Е.В. Влияние штамма дрожжей и условий брожения на качество вин из винограда сорта Мускат белый. «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2018; 4:88-90.
 24. Methods of technochemical control in winemaking. Edited by Gerzhikova V.G. Simferopol: Tavrida. 2009:303 p. (*in Russian*).
Методы технохимического контроля в виноделии / Под ред. В. Г. Гержиковой. Симферополь: Таврида, 2009:303 с.
 25. Gherzhikova V.G., Peskova I.V., Tkachenko O.B., Pogorelov D.Yu. A new approach to the assessment of the degree of oxidation of table wine materials. *Viticulture and Winemaking: Collection of scientific works of NIV&W Magarach*. 2009;39:70-73 (*in Russian*).
Гержикова В.Г., Пескова И.В., Ткаченко О.Б., Погорелов Д.Ю. Новый подход к оценке окисленности белых столовых виноматериалов. Виноградарство и виноделие: Сб. науч. трудов НИВиВ «Магарач». 2009;39:70-73.
 26. Bueno M., Carrascón V., Ferreira V. Release and Formation of Oxidation Related Aldehydes during Wine Oxidation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2015;64(3):608-617. DOI:10.1021/acs.jafc.5b04634.
 27. Erhu L., Mira de Orduña R. Acetaldehyde kinetics of enological yeast during alcoholic fermentation in grape must. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*. 2017;44:229-236. DOI:10.1007/s10295-016-1879-7.
 28. Divol B., Toit M. Du., Duckitt E. Surviving in the presence of sulphur dioxide: Strategies developed by wine yeasts. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2012;95(3):601-613. DOI:10.1007/s00253-012-4186-x.
 29. Maicas S., Mateo J. Hydrolysis of terpenyl glycosides in grape juice and other fruit juices: A review. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2005; 67(3):322-335. DOI:10.1007/s00253-004-1806-0.
 30. de Klerk D. Co-expression of aroma liderating enzymes in wine yearst strain. Thesis presented in partial fulfillment of the requirements the degree of Master of Science at Stellenbosch University. 2009: 90 p.
 31. Peskova I.V., Ostroukhova E.V., Lutkova N.Yu., Uluantsev S.O. The impact of the yeast strain and fermentation conditions on the terpen accumulation in the grape must. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2017;4:46-49 (*in Russian*).
Пескова И.В., Остроухова Е.В., Луткова Н.Ю., Ульяновцев С.О. Влияние штамма дрожжей и условий брожения на накопление терпенов в виноградном сусле. «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2017; 4:46-49.
 32. Gracheva I.M. Theoretical foundations of biotechnology. Biochemical basis for the synthesis of biologically active substances. M.: Elevar. 2003:553 p. (*in Russian*).
Грачева И.М. Теоретические основы биотехнологии. Биохимические основы синтеза биологически активных веществ. М.: Элевар. 2003:553 с.
 33. Rosenfeld E., Beauvoit B., Blondin B., Salmon J.-M. Oxygen consumption by anaerobic *Saccharomyces cerevisiae* under enological conditions: effect on fermentation kinetics. *Applied and Environmental Microbiology*. 2003;69(1):113-121. DOI:10.1128%2FAEM.69.1.113-121.2003.

Информация об авторах

Наталья Юрьевна Луткова, мл. науч. сотр. лаборатории тихих вин, lutkova1975@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8126-7596>;

Ирина Валериевна Пескова, канд. техн. наук, вед. науч. сотр. лаборатории тихих вин, yarinka-73@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5107-518X>;

Елена Викторовна Остроухова, д-р техн. наук, глав. науч. сотр. лаборатории тихих вин, elenostroukh@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-0638-9187>.

Information about authors

Natalia Yu. Lutkova, Junior Staff Scientist, Still Wines Laboratory, lutkova1975@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8126-7596>;

Irina V. Peskova, Cand.Tech.Sci., Leading Staff Scientist, Still Wines Laboratory, yarinka-73@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5107-518X>;

Elena V. Ostroukhova, Dr.Tech.Sci., Chief Staff Scientist, Still Wines Laboratory, elenostroukh@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-0638-9187>.

Статья поступила в редакцию 02.08.2021, одобрена после рецензии 12.08.2021, принята к публикации 02.09.2021