

Перспективные расы дрожжей для молодых игристых вин с мускатным ароматом

И. П. Лутков¹, Д. В. Ермолин^{2,*}, Д. С. Задорожная², Н. Ю. Луткова¹

¹ Всероссийский национальный научно-исследовательский институт
виноградства и виноделия «Магарач» РАН^{ROR}, Ялта, Россия



² Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского^{ROR}, Симферополь, Россия

Дата поступления в редакцию: 17.02.2021

Дата принятия в печать: 17.03.2021



*e-mail: ermolindv@cfuv.ru

© И. П. Лутков, Д. В. Ермолин, Д. С. Задорожная, Н. Ю. Луткова, 2021

Аннотация.

Введение. С целью удовлетворения растущего спроса на мускатные игристые вина можно перенаправить часть винограда мускатных сортов, используемого для выработки ликерных вин, на производство игристых вин. Для сокращения цикла производства можно использовать технологию приготовления молодых игристых вин. Научно обоснованный выбор расы дрожжей позволит получить молодые игристые вина с чистым, ярким мускатным ароматом.

Объекты и методы исследования. Молодые игристые вина из винограда «Мускат белый», выработанные с использованием разных дрожжей. Применялись общепринятые в энохимии и модифицированные методы анализа.

Результаты и их обсуждение. Активное брожение сусла «Мускат белый» проходило на расах LALVIN QA-23 и Одесский черный-СД-13. Медленное брожение на расе Севастопольская 23 способствовало большему накоплению в этом образце связанных форм диоксида углерода (16 %). В нем содержалось наименьшее количество остаточных сахаров (2 г/дм³) и титруемых кислот (6 г/дм³) и наибольшее – полифенолов (103 мг/дм³) и аминного азота (91 мг/дм³). В образцах, выработанных на расах LALVIN QA-23 и Севастопольская 23, накапливалось большее количество свободных терпенов (1,16 и 1,13 мг/дм³ соответственно). Высокие дегустационные оценки получили образцы, выработанные на расах LALVIN QA-23 (9,03 балла) и Одесский черный-СД-13 (9,02 балла), немного ниже – на расе Севастопольская 23 (9,00 балла). Наиболее выраженный сортовой аромат определен в образце, полученном на расе LALVIN QA-23. Сложным ароматическим комплексом обладал образец, выработанный на расе Одесский черный-СД-13.

Выводы. Для приготовления молодых мускатных игристых вин бутылочным способом подходят расы дрожжей LALVIN QA-23 и Севастопольская 23. В них накапливается достаточное количество терпеновых спиртов. Образцы характеризуются чистым мускатным ароматом, сбалансированным вкусом и хорошими типичными свойствами. Данный способ производства игристых вин позволяет выпускать высококачественную продукцию в год урожая.

Ключевые слова. Дрожжи винные, брожение сусла, терпены, фенольные вещества, кислоты, пенные свойства, десорбция CO₂

Для цитирования: Перспективные расы дрожжей для молодых игристых вин с мускатным ароматом / И. П. Лутков [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. № 2. С. 312–322. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-2-312-322>.

Original article

Available online at <http://fppt.ru/eng>

Perspective Yeast Races for Young Sparkling Wines with a Muscat Aroma

Igor P. Lutkov¹, Dmitry V. Yermolin^{2,*},
Daria S. Zadorozhnaya², Nataliya Yu. Lutkova¹

¹ All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach” RAS^{ROR}, Yalta, Russia

² V.I. Vernadsky Crimean Federal University^{ROR}, Simferopol, Russia

Received: February 17, 2021

Accepted: March 17, 2021

*e-mail: ermolindv@cfuv.ru



Abstract.

Introduction. In order to solve the growing demand for Muscat sparkling wines, some of the Muscat grapes used for the production of liqueur wines should be used as a raw material for sparkling wines. The technology of preparing young sparkling wines has a shorter production cycle. Science-based selection of the yeast race makes it possible to obtain young sparkling wines with a clear and bright Muscat aroma.

Study objects and method. The research featured young sparkling wines from White Muscat grapes, produced using different yeasts races. The research involved both standard and modified methods of enochemical analysis.

Results and discussion. The LALVIN QA-23 and Odesskiy Cherniy-SD-13 yeast races demonstrated a more active fermentation of Muscat white wort. The Sevastopolskaya 23 sample had in a slower fermentation, which promoted a greater accumulation of bound forms of carbon dioxide (16%). It contained the smallest amount of residual sugars (2 g/dm³) and thriable acids (6 g/dm³) and the largest amount of polyphenols (103 mg/dm³) and amine nitrogen (91 mg/dm³). Two samples accumulated a sufficient amount of free terpenes: 1.16 mg/dm³ for LALVIN QA-23 and 1.13 mg/dm³ for Sevastopolskaya 23. The degustation scores were quite high: LALVIN QA-23 received 9.03 points and Odesskiy Cherniy-SD-13 – 9.02 points, while Sevastopolskaya 23 scored 9.00 points. The LALVIN QA-23 sample proved to have the most pronounced varietal aroma, whereas the Odesskiy Cherniy-SD-13 sample possessed a more complex aromatic complex.

Conclusion. The LALVIN QA-23 and Sevastopolskaya 23 yeast races were found suitable for bottle champagnization of young Muscat sparkling wines. They accumulated a sufficient amount of terpene alcohols. The samples had a clear Muscat aroma, harmonious taste, and good typical properties. The new method makes it possible to produce high quality sparkling wines in the harvest year.

Keywords. Wine yeast, must fermentation, terpenes, phenolic substances, acids, foam, CO₂ desorption

For citation: Lutkov IP, Yermolin DV, Zadorozhnaya DS, Lutkova NYu. Perspective Yeast Races for Young Sparkling Wines with a Muscat Aroma. Food Processing: Techniques and Technology. 2021;51(2):312–322. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-2-312-322>.

Введение

На российском рынке алкогольной продукции представлен широкий ассортимент различных вин, в том числе игристых. Большим спросом у потребителя пользуются отечественные игристые вина из элитных сортов винограда, таких как «Шардоне», «Пино нуар», «Пино менье», «Мускат белый» и др. Мускатные игристые вина популярны благодаря своему неповторимому аромату и гармоничному вкусу.

Однако сложившийся дефицит отечественного сырья сдерживает обеспечение растущего спроса на качественные игристые вина. Связано это с тем, что возделывание винограда указанных сортов возможно только в ряде южных регионов РФ. Кроме того, данные сорта имеют невысокую урожайность и низкую устойчивость к болезням и заморозкам. Поэтому недостающее количество сырья вынужденно компенсируется поставками из-за рубежа. Принятый в 2019 г. Федеральный Закон «О виноградарстве и виноделии в РФ» призван ограничить ввоз импортных виноматериалов. В то же время для наращивания производства отечественного игристого вина нужно проводить закладку новых виноградников. Однако первый урожай с них можно будет получить лишь через несколько лет после посадки.

Еще одной причиной, не позволяющей быстро нарастить выпуск игристых вин, является длительный цикл их производства. При бутылочном способе

необходимо выдерживать кюве в бутылке не менее 9 месяцев. Для производства игристого вина акратофорным способом требуется специальное дорогостоящее оборудование для работы под давлением. Кроме того, в процессе хранения мускатных игристых вин в течение полугода при температурах от 18 до 25 °С происходит существенное снижение содержания терпеновых спиртов (в частности, линалоола), а также появляются окисленные формы терпеновых соединений [1].

Решение задачи увеличения выпуска указанной продукции видится в производстве молодых игристых вин бутылочным способом. Технологический процесс при таком способе длится менее 3-х месяцев, что позволяет выпускать продукцию уже в год урожая. Такая технология легко может быть реализована в условиях малых предприятий. Причем для обеспечения сырьем производителей мускатных игристых вин можно перенаправить часть винограда мускатных сортов, используемого для выработки ликерных вин, на производство игристых вин. Это можно сделать на Южном берегу Крыма (ЮБК), где значительные площади заняты виноградом сорта «Мускат белый». В связи с этим исследования возможности производства качественных молодых игристых вин в условиях ЮБК являются актуальными.

Одним из ключевых факторов получения продукции, способной удовлетворить самые строгие

запросы потребителя, являются правильно подобранные дрожжи. Для сохранения яркого мускатного аромата в игристых винах необходимо использовать расы дрожжей, способствующие увеличению содержания терпенов в готовой продукции, а также сокращать срок выдержки шампанизируемого вина в бутылке [2]. Основными требованиями к дрожжам, используемым в производстве игристых вин бутылочным способом, является их автолитическая способность и способность к флокуляции [3, 4]. Это важно для качественного проведения операций сведения дрожжевого осадка на пробку и дегоржажа. Дрожжи должны быть холодостойкими, устойчивыми к большому давлению CO_2 , высокой концентрации спирта, органических кислот и SO_2 . Для этого проводится процесс адаптации дрожжей и подкормки питательными веществами [5, 6]. Поскольку технология производства молодых игристых вин подразумевает использование при приготовлении тиражной смеси броющего суслу, то дрожжам не нужна акклиматизация. Их автолитическая способность не является ключевым фактором, хотя способность образовывать плотный осадок важна для получения качественной продукции. Н. Г. Таран и др. в своей работе показали, что во время спиртового брожения суслу мускатных сортов винограда происходит снижение содержания свободных (на 30 %) и связанных (на 3 %) терпенов [7]. В то же время отдельные расы дрожжей могут увеличивать концентрацию терпенов [8, 9].

Цель исследования – подбор оптимальных рас дрожжей для производства молодых мускатных игристых вин бутылочным способом.

Объекты и методы исследования

Объектами исследований являлись молодые игристые вина из винограда сорта «Мускат белый», выращенного на ЮБК в 2020 г., выработанные с использованием разных дрожжей. Содержание

терпеновых спиртов в мускатных сортах в ходе созревания увеличивается [9]. Виноград собирали при массовой концентрации: сахаров – 220 г/дм³ (определяли с помощью ареометра); титруемых кислот – 6,2 г/дм³; pH – 3,4. Содержание терпеновых спиртов в сусле составило: свободных – 0,69 мг/дм³, связанных – 0,80 мг/дм³.

При переработке винограда получали сусло по следующей схеме: дробление винограда на валковой дробилке с гребнеотделением → отделение сусласамотека на стекателе и прессование (общий выход суслу не более 65 %) → осветление суслу отстаиванием при температуре 12–14 °С в течение 14–16 ч → снятие с осадка, обработка холодом, фильтрация. Дальнейшая технологическая схема предусматривала брожение осветленного суслу при температуре не выше 18 °С → снятие с дрожжевого осадка при концентрации сахаров 22–24 г/дм³ → приготовление тиражной смеси с использованием имеющихся в объеме живых дрожжевых клеток первичного брожения (не менее 1 млн клеток/см³) и бентонита (0,2 г/дм³) → розлив тиражной смеси в шампанскую бутылку, укупорку, укладку в штабели → брожение при температуре 12–14 °С → ремюаж, охлаждение до температуры минус 3–4 °С, замораживание осадка в горлышке бутылки, дегоржаж, доливку этим же вином, укупорку → контрольную выдержку → мойку бутылок с внешней стороны → оформление.

В работе использовали три расы винных дрожжей. 2 расы из Коллекции микроорганизмов виноделия «Магарач» и активные сухие дрожжи LALVIN QA-23 (Дан стар Фермент АГ, Швейцария) (табл. 1), в том числе S-чувствительные и с киллер-фактором, который способствует доминированию данной расы при брожении [10, 11].

В игристых винах проводили определение физико-химических показателей [12]:

– массовую концентрацию титруемых кислот путем титрования пробы щелочью;

Таблица 1. Характеристика дрожжей

Table 1. Yeast profiles

№ по каталогу	Название	Вид дрожжей (по систематике В. И Кудрявцева.)	Фенотип	Свойства
–	LALVIN QA-23	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Kreger-van Rij N.J.W., 1984)	киллер (К)	Конкурентоспособная при сбраживании нестерильного виноградного суслу, спиртоустойчивая (до 16 %), средняя лаг-фаза, фруктозофильная, низкая потребность в азоте и кислороде, низкий синтез летучих кислот и сероводорода
I-525	Севастопольская 23	<i>Saccharomyces oviformis</i> Osterwalder, 1924 син. <i>Sacch. cerevisiae</i> (Kreger-van Rij N.J.W., 1984)	чувствительная (S)	Глюкозофильная, не образует H_2S , устойчивая к низкой температуре брожения и к высоким концентрациям SO_2 и спирта
I-652	Одесский черный-СД-13	<i>Saccharomyces oviformis</i> Osterwalder, 1924 син. <i>Sacch. cerevisiae</i> (Kreger-van Rij N.J.W., 1984)	чувствительная (S)	Способствует образованию алифатических спиртов, сложных эфиров и лактонов, синтезирует много β -фенилэтанола, усиливает пряные оттенки в аромате

- массовую концентрацию летучих кислот методом дробной перегонки;
- массовую концентрацию сахаров методом Бертрана;
- массовую концентрацию терпенов путем дистилляции свободных терпеновых спиртов в условиях нейтральной среды и связанных терпенов в условиях кислой среды, а также их концентрацию колориметрическим методом по реакции взаимодействия с ванилином;
- массовую концентрацию фенольных веществ колориметрическим методом по реакции Фолина-Чокальтеу;
- массовую концентрацию аминного азота методом формольного титрования;
- массовую концентрацию альдегидов методом йодометрического титрования;
- динамическую вязкость с помощью вискозиметра;
- рН с помощью рН-метра;
- Eh потенциометрическим методом;
- желтизны спектрофотометрическим методом;
- максимальный объем и время разрушения пены с помощью разработанного институтом «Магарач» метода определения пенистых свойств (обеспечивающего такую же точность, как и при использовании прибора Mosalux [13]) путем внесения в мерный цилиндр (емкостью 1 дм³) 200 см³ дегазированной пробы вина. Ее с помощью портативного компрессора и распылителя, опущенного на дно мерного цилиндра, барботировали воздухом. Объем образующейся пены определяли визуально по градуировке цилиндра, а время разрушения пены с помощью секундомера;
- концентрацию остаточных сахаров, этилового спирта, органических кислот и глицерина методом ВЭЖХ на хроматографе Shimadzu LC 20AD (Япония) со спектрофотометрическим детектором с использованием колонки Supelcogel C610H (Supelco®, Sigma-Aldrich, США). Сорбент: сульфитированный дивинил-полистирол (размер колонки 300×7,8, зернение сорбента менее 10,0 мкм). Элюент: водный раствор ортофосфорной кислоты (1 г/дм³);
- общее содержание диоксида углерода в игристых винах волюметрическим методом. Согласно ему выделившийся из вина под действием ультразвука СО₂ вытеснял затворную жидкость из градуированной емкости. Ее объем соответствовал объему диоксида углерода, содержавшегося в бутылке с игристым вином;
- массовую долю связанных форм СО₂ по разности между измеренным содержанием СО₂ и растворимостью СО₂ при определенном давлении и концентрации этанола;

Игристые свойства устанавливали путем измерения скорости десорбции СО₂ из пробы вина при сбросе давления до атмосферного.

Полученные данные обрабатывались методами математической статистики с использованием пакета программ Microsoft Excel.

Органолептическая оценка игристых вин проводилась дегустационной комиссией согласно ГОСТ 32051-2013. Выбор дескрипторов и расчет вклада различных дескрипторов в ароматический комплекс и вкус осуществляли согласно ISO 5492:2008, ISO 11035:1994 и [14]. Органолептическую оценку проводили через 70 суток после проведения закладки тиража по 10-балльной системе (минимально допустимая оценка – 8,80 баллов).

Результаты и их обсуждение

Сначала оценивали динамику брожения сусле на разных дрожжах (рис. 1).

Скорость брожения на расах LALVIN QA-23 и Одесский черный-СД-13 была близкой. Сбраживание сахаров этими расами проходило быстрее, чем расой Севастопольская 23.

После прохождения процесса шампанизации в полученных молодых игристых винах проводили определение физико-химических показателей. Результаты представлены в таблицах 2–7.

Меньшее содержание остаточных сахаров, а также большее этанола и аминного азота определено в образце, выработанном на расе Севастопольская 23, хотя брожение протекало медленнее, чем в остальных образцах. Больше остаточных сахаров (за счет фруктозы) обнаружено в образце, полученном с использованием расы Одесский черный-СД-13. Тем не менее все они по содержанию сахаров попадали в категорию «экстра брют». В то же время раса дрожжей АСД LALVIN QA-23 способствовала большему накоплению глицерина в вине. Во всех образцах определены хорошие пенистые свойства (более 300 см³), невысокое значение ОВ-потенциала (менее 200 мВ), низкое содержание летучих кислот (менее 0,2 г/дм³) и альдегидов (менее 30 мг/дм³). Это свидетельствует об отсутствии окисленности.

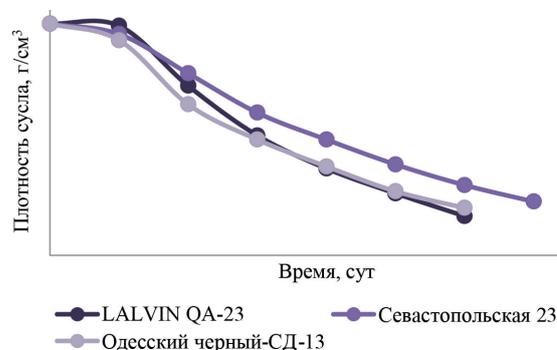


Рисунок 1. Динамика сбраживания сахаров в сусле различными расами дрожжей

Figure 1. Fermentation of sugars in wort by different yeast races

Таблица 2. Физико-химические показатели опытных игристых вин

Table 2. Physical and chemical properties of experimental sparkling wines

№ п/п	Наименование образцов	Объемная доля этилового спирта, %	Массовая концентрация							Величина	
			г/дм ³			мг/дм ³				рН	Eh, мВ
			титруемых кислот	летучих кислот	сахаров	аминного азота	альдеги- дов	терпенов свободных	терпенов связанных		
1	Вино игристое белое молодое из сусла-недоброта «Мускат белый», раса дрожжей АСД LALVIN QA-23 (YSEO)	13,4	6,20	0,2	4,0	84,0	20,1	1,16	0,21	3,25	198
2	Вино игристое белое молодое из сусла-недоброта «Мускат белый», раса дрожжей Севастопольская 23 (I-525)	13,5	6,00	0,1	2,0	91,0	12,8	1,13	0,15	3,32	194
3	Вино игристое белое молодое из сусла-недоброта «Мускат белый», раса дрожжей Одесский черный-СД-13 (I-652)	13,2	6,15	0,1	5,5	66,5	9,7	0,13	0,22	3,26	198

рН – значение водородного показателя, Eh – значение окислительно-восстановительного потенциала.

pH – hydrogen index, Eh – redox potential.

Таблица 3. Физико-химические показатели и пенные свойства опытных игристых вин

Table 3. Physical, chemical, and foamy properties of experimental sparkling wines

№ п/п	Наименование игристого вина	Массовая концентрация, мг/дм ³					Показатель желтизны	Глицерин, г/дм ³	Динамическая вязкость, мм ² /с	Пенные свойства	
		суммы фе- нольных веществ	моно- мерных форм фе- нольных веществ	поли- мерных форм фе- нольных веществ	V_{\max} см ³	$t_{\text{раз}}$ с					
1	Вино игристое белое молодое из сусла-недоброта «Мускат белый», раса дрожжей АСД LALVIN QA-23 (YSEO)	335	269	66	10,8	8,92	1,725	340	13		
2	Вино игристое белое молодое из сусла-недоброта «Мускат белый», раса дрожжей Севастопольская 23 (I-525)	367	264	103	13,2	7,58	1,748	390	15		
3	Вино игристое белое молодое из сусла-недоброта «Мускат белый», раса дрожжей Одесский черный-СД-13 (I-652)	346	269	76	12,4	7,72	1,748	350	14		

V_{\max} – максимальный объем пены, $t_{\text{раз}}$ – время разрушения пены.

V_{\max} – maximum foam volume, $t_{\text{раз}}$ – foam destruction time.

По классификации Г. Г. Агабальянца неокисленными считаются игристые вина с содержанием ацетальдегида (основного альдегида вина) менее 30 мг/дм³. Исключение операции послетиражной выдержки способствовало сохранению в молодых игристых винах низкого значения ОВ-потенциала. Меньшее содержание титруемых кислот и более высокий показатель рН были в образце, выработанном на расе Севастопольская 23, за счет низкого содержания винной и яблочной кислот, хотя янтарной кислоты в

нем было немного больше, чем в остальных образцах. Соотношение винной и яблочной кислот во всех образцах было около единицы, но с небольшим преобладанием яблочной кислоты.

Концентрация мономерных форм фенольных веществ во всех образцах была близкой между собой. В то же время содержание полифенолов преобладало в образце, сброженном на расе Севастопольская 23. Это связано с особенностями протекания процесса брожения и меньшей сорбцией

Таблица 4. Массовая концентрация органических кислот в опытных игристых винах

Table 4. Mass concentration of organic acids in experimental sparkling wines

№ п/п	Наименование игристого вина	Массовая концентрация, мг/дм ³									Соотноше- ние винной и яблочной кислот
		лимонной	винной	яблочной	янтарной	молочной	укусной	глюкозы	фруктозы	сахарозы	
1	Вино игристое белое молодое из сусла-недоброта «Мускат белый», раса дрожжей АСД LALVIN QA-23 (YSEO)	0,25	2,14	2,50	1,30	0,30	0,08	1,48	1,97	0,55	0,856
2	Вино игристое белое молодое из сусла-недоброта «Мускат белый», раса дрожжей Севастопольская 23 (I-525)	0,24	2,05	2,19	1,37	0,26	0,04	0,75	0,95	0,29	0,936
3	Вино игристое белое молодое из сусла-недоброта «Мускат белый», раса дрожжей Одесский черный-СД-13 (I-652)	0,23	2,16	2,50	1,26	0,43	0,04	1,55	3,45	0,50	0,864

полифенолов дрожжевой массой при ремюаже (что согласуется с данными Л. В. Гнетко и др.) и напрямую отразилось на показателе желтизны [15]. Коэффициент корреляции (κ) между показателем желтизны и массовой концентрацией полифенолов равнялся 0,9. По показателю динамической вязкости образцы были близки между собой. Лучшие пенистые свойства определены в образце, выработанном на расе Севастопольская 23, что коррелирует с содержанием полифенолов ($\kappa = 0,99$) и массовой концентрацией аминного азота ($\kappa = 0,57$). Это можно объяснить тем, что в качестве веществ, стабилизирующих образующуюся на поверхности вина пену, выступают находящиеся в нем в виде мицелл или макромолекул белки, полипептиды, полифенолы и белково-фенольные комплексы [15, 16].

На следующем этапе работы проводили определение содержания различных форм диоксида углерода и показателей игристых свойств (табл. 5 и рис. 2).

Высокое избыточное давление и суммарное содержание диоксида углерода в бутылке было определено в образце, выработанном на расе Севастопольская 23. Это связано с полным сбраживанием сахаров данной расой по сравнению с остальными образцами. В этом же образце определены высокие значения массовой доли связанных форм диоксида углерода и коэффициента игристых свойств, а также меньшая скорость десорбции CO_2 из пробы вина. Скорость десорбции CO_2 из пробы вина имела обратную зависимость от массовой доли связанных форм CO_2 ($\kappa = -0,84$). Коэффициент игристых свойств напрямую был связан с массовой долей связанных

Таблица 5. Типичные свойства опытных игристых вин

Table 5. Typical properties of experimental sparkling wines

№ п/п	Наименование игристого вина	Давление CO_2 , кПа	Суммарное содержание CO_2 в бутылке, г	Содержание в бутылке растворенного CO_2 , г	Содержание CO_2 в газовой камере бутылки, г	Содержание связанных форм CO_2 в бутылке, г	Содержание связанных форм CO_2 в бутылке, %	Скорость десорбции CO_2 (1–300 мин), мг/мин	Угол наклона кривой (1–300 мин), °	Коэффициент игристых свойств, $\text{мин} \times 10^{-3}$
1	Вино игристое белое молодое из сусла-недоброта «Мускат белый», раса дрожжей АСД LALVIN QA-23 (YSEO)	720	9,376	7,833	0,209	1,334	14,228	4,164	0,2386	0,669
2	Вино игристое белое молодое из сусла-недоброта «Мускат белый», раса дрожжей Севастопольская 23 (I-525)	870	10,977	8,958	0,248	1,771	16,137	2,247	0,1288	1,152
3	Вино игристое белое молодое из сусла-недоброта «Мускат белый», раса дрожжей Одесский черный-СД-13 (I-652)	800	9,834	8,538	0,187	1,108	11,270	4,341	0,2487	0,535

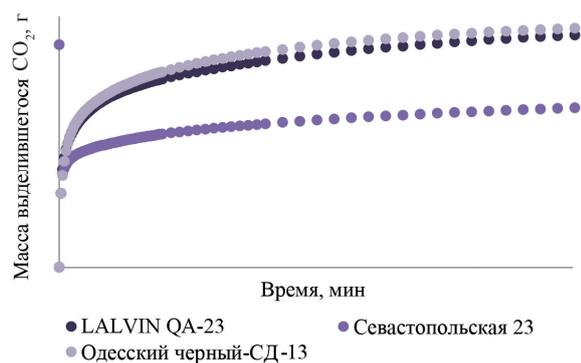


Рисунок 2. Динамика десорбции диоксида углерода из проб игристых вин

Figure 2. Desorption of carbon dioxide from sparkling wine samples

форм CO_2 ($\kappa = 0,90$). Медленный процесс брожения в процессе шампанизации способствует большему накоплению связанных форм диоксида углерода. Это согласуется с теоретическими представлениями Г. Г. Агабальянца (1948 г.) и А. А. Мержаниана (1979 г.). Также накоплению и сохранению связанных форм CO_2 способствуют вещества, содержащие аминокислоты [17]. Во всех образцах

игристых вин накапливалось достаточное количество связанных форм CO_2 (1,108–1,771 г). Это характерно для качественных игристых вин бутылочного способа производства [18].

Результаты дегустационной оценки молодых игристых вин представлены в таблице 6 и на рисунках 3–8.

Визуальная оценка прозрачности, цвета и типичных свойств игристых вин существенных различий не показала. Все образцы были прозрачными благодаря качественно проведенным ремюажу и дегоржажу. Это было связано с хорошей способностью использованных рас дрожжей образовывать плотный осадок после брожения в бутылке. Основные различия наблюдались в букете. В каждом образце присутствовали узнаваемые сортовые особенности ароматического комплекса, но разной степени интенсивности. Это и повлияло на дегустационную оценку. Образец, выработанный на расе LALVIN QA-23, имел интенсивный сортовой аромат с цитронными оттенками (рис. 3), которые формируются за счет терпеновых соединений (линалоол, терпениол и др.) [8, 19–23]. Образец, сброженный на расе Севастопольская 23, при интенсивном мускатном аромате имел легкие травянистые оттенки (рис. 4). Это связано с большим содержанием в нем фенольных веществ. В то же время в образце, полученном на расе Одесский черный-СД-13, при низком содержании терпенов присутствует

Таблица 6. Органолептическая характеристика опытных образцов молодых игристых вин

Table 6. Sensory properties of young sparkling wines

№ п/п	Наименование игристого вина	Органолептическая характеристика	Дегустационная оценка, балл
1	Вино игристое белое молодое из сусла-недоброда «Мускат белый», раса дрожжей АСД LALVIN QA-23 (YSEO)	Пенообразование и «игра» хорошие, с образованием «островков» и «четок». Насыщенность CO_2 хорошая. Прозрачный. Цвет светло-соломенный. Букет чистый, яркий, сортовой, мускатного направления, с легкими цитронными оттенками. Вкус полный, гармоничный, освежающий. Послевкусие продолжительное.	9,03
2	Вино игристое белое молодое из сусла-недоброда «Мускат белый», раса дрожжей Севастопольская 23 (I-525)	Пенообразование и «игра» хорошие, с образованием «островков» и «четок». Насыщенность CO_2 хорошая. Прозрачный. Цвет светло-соломенный. Букет яркий, сортовой, мускатного направления, с легкими травянистыми оттенками. Вкус полный, гармоничный, освежающий. Послевкусие продолжительное.	9,00
3	Вино игристое белое молодое из сусла-недоброда «Мускат белый», раса дрожжей Одесский черный-СД-13 (I-652)	Пенообразование и «игра» хорошие, с образованием «островков» и «четок». Насыщенность CO_2 хорошая. Прозрачный. Цвет светло-соломенный. Букет чистый, умеренный, сортовой, с легкими мускатным ароматом и оттенками акации. Вкус полный, гармоничный, освежающий. Послевкусие продолжительное.	9,02



Рисунок 3. Ароматический профиль молодого игристого вина, приготовленного на расе LALVIN QA-23

Figure 3. Aromatic profile of the LALVIN QA-23 sample

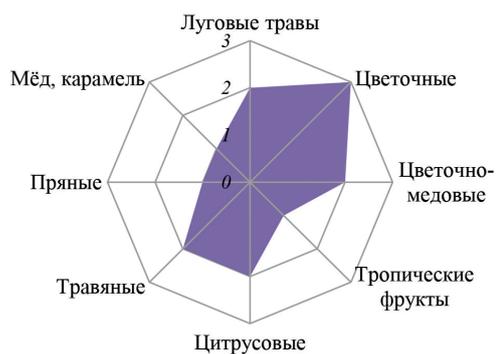


Рисунок 4. Ароматический профиль молодого игристого вина, приготовленного на расе Севастопольская 23

Figure 4. Aromatic profile of the Sevastopolskaya 23 sample

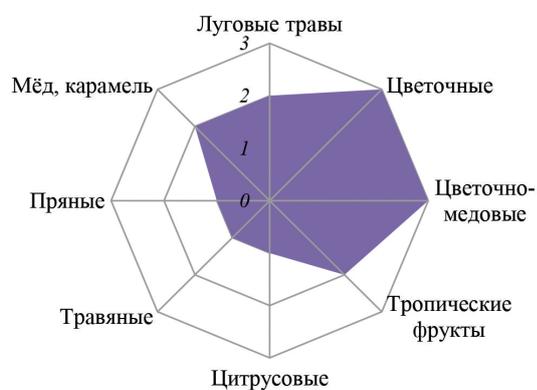


Рисунок 5. Ароматический профиль молодого игристого вина, приготовленного на расе Одесский черный-СД-13

Figure 5. Aromatic profile of the Odesskiy Cherniy-SD-13 sample

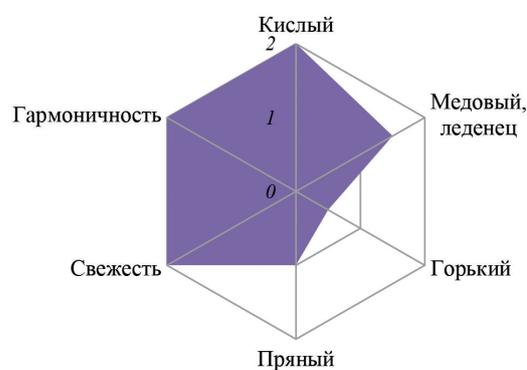


Рисунок 6. Вкусовой профиль молодого игристого вина, приготовленного на расе LALVIN QA-23

Figure 6. Flavor profile of the LALVIN QA-23 sample

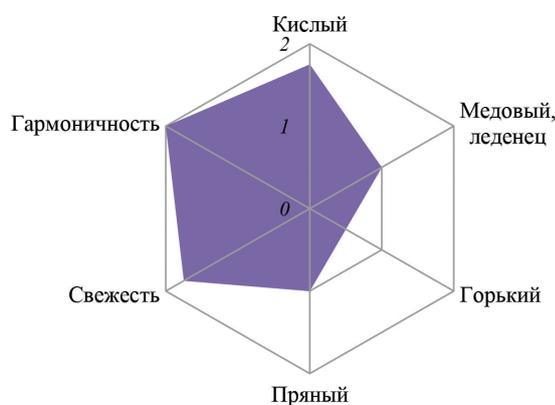


Рисунок 7. Вкусовой профиль молодого игристого вина, приготовленного на расе Севастопольская 23

Figure 7. Flavor profile of the Sevastopolskaya 23 sample

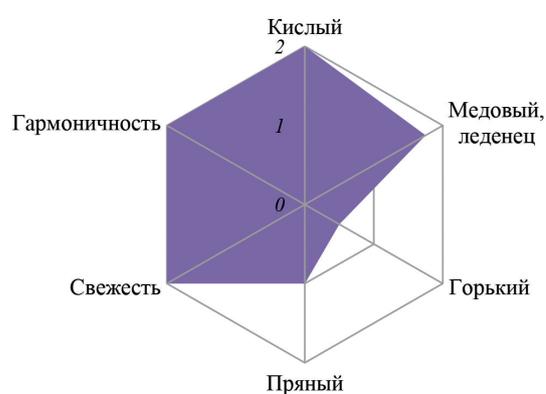


Рисунок 8. Вкусовой профиль молодого игристого вина, приготовленного на расе Одесский черный-СД-13

Figure 8. Flavor profile of the Odesskiy Cherniy-SD-13 sample

сортовой аромат. Данная раса не синтезирует терпеновые соединения, но дополняет основную сортовую доминанту аромата различными оттенками (рис. 5), а именно фруктовыми. Их формирование обусловлено сложными эфирами, образующимися при ферментативных процессах в ходе брожения [24, 25].

Вкусовые отличия были незначительными и связаны с небольшими различиями в кислотности, содержании остаточных сахаров и глицерина (рис. 6–8).

Выводы

На качество молодых мускатных игристых вин существенное влияние оказывает раса применяемых дрожжей. Для приготовления молодых мускатных игристых вин перспективными являются расы LALVIN QA-23 и Севастопольская 23. Эти расы способствуют накоплению свободных терпеновых спиртов в готовой продукции (1,16 и 1,13 мг/дм³ соответственно) и являются оптимальными по органолептическим показателям для приготовления вин из винограда «Мускат белый» в условиях Южного берега Крыма. Расы дрожжей LALVIN QA-23 и Севастопольская 23 позволяют получать образцы с чистым сортовым ароматом, слаженным вкусом (дегустационная оценка 9,02–9,03 балла) и хорошими типичными свойствами (максимальный объем пены превысил 300 см³, а содержание связанных форм CO₂ составило 1,108–1,771 г).

Использованная технология позволяет получать высококачественные молодые игристые вина в год урожая винограда и легко может быть применима на малых предприятиях без использования сложного технологического оборудования. Внедрение данной технологии будет способствовать увеличению общего объема выпуска мускатных игристых вин.

Исследования данного направления планируется продолжить.

Критерии авторства

И. П. Лутков – планирование экспериментов, формулирование цели и проведение исследований, подготовка статьи. Н. Ю. Луткова – получение аналитических данных. Д. В. Ермолин – редактирование статьи и формулирование выводов. Д. С. – Задорожная подготовка материалов исследований.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Выражаем благодарность Сергею Задорожному, Игорю Шпилю, Елене Марчук-Тымуш, Евгению Сластье.

Contribution

I.P. Lutkov designed the experiments, set up goals, conducted the research, and wrote the manuscript. N.Yu. Lutkova obtained the analytical data. D.V. Yermolin proofread the article and formulated the conclusions. D.S. Zadorozhnaya prepared the research materials.

Conflict of interest

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

Acknowledgements

The research team would like to express their deepest gratitude to Sergei Zadorozhnyi, Igor Shpil, Elena Marchuk-Tymush, and Evgeny Slastye.

Список литературы

1. Characterization of Muscat wines aroma evolution using comprehensive gas chromatography followed by a post-analytic approach to 2D contour plots comparison / M. Bordiga [et al.] // Food Chemistry. 2013. Vol. 140. № 1–2. P. 57–67. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.02.051>.
2. Макаров А. С., Лутков И. П., Луткова Н. Ю. Влияния сахаросодержащих компонентов, используемых при производстве мускатных игристых вин, на содержание в них терпеновых спиртов // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. Т. 67. № 1. С. 358–374. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2021-1-67-358-374>.
3. New trends in sparkling wine production: Yeast rational selection / P. Di Gianvito [et al.] // Alcoholic beverages. Volume 7: The science of beverages / A. M. Grumezescu, A. M. Holban editors. Woodhead Publishing, 2019. P. 347–386. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815269-0.00011-8>.
4. Starter cultures for sparkling wine / C. Garofalo [et al.] // Fermentation. 2016. Vol. 2. № 4. <https://doi.org/10.3390/fermentation2040021>.
5. New insights into the physiological state of *Saccharomyces cerevisiae* during ethanol acclimation for producing sparkling wines / A. Borrull [et al.] // Food Microbiology. 2016. Vol. 54. P. 20–29. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2015.11.001>.
6. Nitrogen modulation of yeast fitness and viability during sparkling wine production / M. Martí-Raga [et al.] // Food Microbiology. 2016. Vol. 54. P. 106–114. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2015.10.009>.
7. Динамика терпенов в вине «Мускат белый» при спиртовом брожении сусла / Н. Г. Таран [и др.] // Виноделие и виноградарство. 2014. № 3. С. 16–18.

8. Влияние штамма дрожжей на накопление терпенов в виноградном сусле / И. В. Пескова [и др.] // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2017. № 4. С. 46–49.
9. Изучение летучего ароматического комплекса различных сортов винограда группы Мускат в Республике Молдова / Н. Г. Таран [и др.] // Виноградарство и виноделие. 2012. Т. 49. С. 183–187.
10. Using *Torulaspora delbrueckii* killer yeasts in the elaboration of base wine and traditional sparkling wine / R. Velázquez [et al.] // Journal of Food Microbiology. 2019. Vol. 289. P. 134–144. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.09.010>.
11. Киллер-токсины дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*: синтез, механизмы действия и практическое использование / Е. В. Самбук [и др.] // Экологическая генетика. 2019. Т. 17. № 3. С. 59–73. <https://doi.org/10.17816/ecogen17359-73>.
12. Гержикова В. Г. Методы технохимического контроля в виноделии. Симферополь: Таврида, 2009. 304 с.
13. Chemical, physical, and sensory effects of the use of bentonite at different stages of the production of traditional sparkling wines / C. Ubeda [et al.] // Foods. 2021. Vol. 10. № 2. <https://doi.org/10.3390/foods10020390>.
14. Arroyo B. L., Roberts R. P. How specific wine tasting descriptors are? Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2015. Vol. 198. P. 287–299. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.07.447>.
15. Влияние рас дрожжей на состав высокомолекулярной фракции и физико-химические свойства игристых вин / Л. В. Гнетько [и др.] // Новые технологии. 2019. Т. 47. № 1. С. 29–37. <https://doi.org/10.24411/2072-0920-2019-10103>.
16. Chemical compounds and mechanisms involved in the formation and stabilization of foam in sparkling wines / B. Kemp [et al.] // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2019. Vol. 59. № 13. P. 2072–2094. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1437535>.
17. Биотехнологические свойства нового штамма дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* Y-3980 / С. Ц. Котенко [и др.] // Известия высших учебных заведений. Северо-кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2016. Т. 192. № 4. С. 45–50.
18. Малахов А. А., Набережных И. А. Регулирование качества игристых вин структурно разрушенным автолизатом дрожжей // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2010. Т. 316. № 4. С. 57–59.
19. Characterization of the volatile profile of Brazilian moscatel sparkling wines through solid phase microextraction and gas chromatography / K. P. Nicolli [et al.] // Journal of the Brazilian Chemical Society. 2015. Vol. 26. № 7. P. 1411–1430. <https://doi.org/10.5935/0103-5053.20150110>.
20. Ткаченко О. Б., Тринкаль О. В. Химия ароматов вина // Пищевая наука и технология. 2015. Т. 9. № 1. С. 42. <https://doi.org/10.15673/2073-8684.30/2015.38426>.
21. Chemical composition and sensory evaluation of wines produced with different Moscato varieties / Â. R. Marcon [et al.] // BIO Web of Conferences. 2019. Vol. 12. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20191202033>.
22. Influence of two different cryoextraction procedures on the quality of wine produced from muscat grapes / A. Ruiz-Rodríguez [et al.] // Foods. 2020. Vol. 9. № 11. <https://doi.org/10.3390/foods9111529>.
23. Influence of different commercial yeasts on volatile fraction of sparkling wines / V. V. Cotea [et al.] // Foods. 2021. Vol. 10. № 2. <https://doi.org/10.3390/foods10020247>.
24. Effect of production phase on bottle-fermented sparkling wine quality / B. Kemp [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2015. Vol. 63. № 1. P. 19–38. <https://doi.org/10.1021/jf504268u>.
25. The effect of carbonic maceration during winemaking on the color, aroma and sensory properties of “Muscat Hamburg” Wine / Y.-S. Zhang [et al.] // Molecules. 2019. Vol. 24. № 17. <https://doi.org/10.3390/molecules24173120>.

References

1. Bordiga M, Rinaldi M, Locatelli M, Piana G, Travaglia F, Coisson JD, et al. Characterization of Muscat wines aroma evolution using comprehensive gas chromatography followed by a post-analytic approach to 2D contour plots comparison. Food Chemistry. 2013;140(1–2):57–67. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.02.051>.
2. Makarov AS, Lutkov IP, Lutkova NYu. The influence of sugar-containing components using in the production muscat sparkling wines, the content of terpene alcohols. Fruit growing and viticulture of South Russia. 2021;67(1):358–374. (In Russ.). <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2021-1-67-358-374>.
3. Di Gianvito P, Arfelli G, Suzzi G, Tofalo R. New trends in sparkling wine production: Yeast rational selection. In: Grumezescu AM, Holban AM, editors. Alcoholic beverages. Volume 7: The science of beverages. Woodhead Publishing; 2019. pp. 347–386. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815269-0.00011-8>.
4. Garofalo C, Arena MP, Laddomada B, Cappello MS, Bleve G, Grieco F, et al. Starter cultures for sparkling wine. Fermentation. 2016;2(4). <https://doi.org/10.3390/fermentation2040021>.

5. Borrull A, López-Martínez G, Miró-Abella E, Salvadó Z, Poblet M, Cordero-Otero R, et al. New insights into the physiological state of *Saccharomyces cerevisiae* during ethanol acclimation for producing sparkling wines. *Food Microbiology*. 2016;54:20–29. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2015.11.001>.
6. Martí-Raga M, Marullo P, Beltran G, Mas A. Nitrogen modulation of yeast fitness and viability during sparkling wine production. *Food Microbiology*. 2016;54:106–114. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2015.10.009>.
7. Taran NG, Taran MN, Ponomaryova IN, Soldatenko EV, Luka VI. Terpenes dynamics in wine “White Muscat” during alcoholic fermentation of wort. *Vinodelie i vinogradarstvo [Winemaking and viticulture]*. 2014;(3):16–18. (In Russ.).
8. Peskova IV, Ostroukhova EV, Lutkova NYu, Uluantsev SO. 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 Russ.).
9. Taran NG, Ponomareva IN, Taran MN, Luka VI. Izuchenie letuchego aromatischeeskogo kompleksa razlichnykh sortov vinograda gruppy Muskat v Respublike Moldova [A study of the volatile aromatic complex of Muscat grape varieties in the Moldova Republic]. *Viticulture and winemaking*. 2012;49:183–187. (In Russ.).
10. Velázquez R, Zamora E, Álvarez ML, Ramírez M. Using *Torulasporea delbrueckii* killer yeasts in the elaboration of base wine and traditional sparkling wine. *Journal of Food Microbiology*. 2019;289:134–144. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.09.010>.
11. Sambuk EV, Muzaev DM, Romyantsev AM, Padkina MV. *Saccharomyces cerevisiae* killer toxins: synthesis, mechanisms of action and practical use. *Ecological Genetics*. 2019;17(3):59–73. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/ecogen17359-73>.
12. Gerzhikova VG. Metody tekhnokhimicheskogo kontrolya v vinodelii [Technochemical control methods in winemaking]. Simferopol': Tavrida; 2009. 304 p. (In Russ.).
13. Ubeda C, Lambert-Royo MI, Cortiella MG, Barrio-Galán RD, Peña-Neira Á. Chemical, physical, and sensory effects of the use of bentonite at different stages of the production of traditional sparkling wines. *Foods*. 2021;10(2). <https://doi.org/10.3390/foods10020390>.
14. Arroyo BL, Roberts RP. How specific wine tasting descriptors are? *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2015;198:287–299. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.07.447>.
15. Gnetko LV, Zolotarev IO, Arutyunova GYu, Khachaturov VN. The effect of yeast race on the composition of a high-molecular fraction and physical and chemical properties of sparkling wines. *Novye tehnologii (Majkop)*. 2019;47(1):29–37. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/2072-0920-2019-10103>.
16. Kemp B, Condé B, Jégou S, Howell K, Vasserot Y, Marchal R. Chemical compounds and mechanisms involved in the formation and stabilization of foam in sparkling wines. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2019;59(13):2072–2094. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1437535>.
17. Kotenko STs, Islammagomedova EA, Khalilova EA, Abakarova AA. Biotechnological properties of new strain of yeast *Saccharomyces cerevisiae* Y-3980. *Bulletin of Higher Educational Institutions. North Caucasus Region. Natural Sciences*. 2016;192(4):45–50. (In Russ.).
18. Malakhov AA, Naberegnykh IA. Regulation the quality of sparkling wines with structurally destroyed autolysis of yeast. *News of Institutes of Higher Education. Food Technology*. 2010;316(4):57–59. (In Russ.).
19. Nicolli KP, Welke JE, Closs M, Caramão EB, Costa G, Manfroi V, et al. Characterization of the volatile profile of Brazilian moscatel sparkling wines through solid phase microextraction and gas chromatography. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. 2015;26(7):1411–1430. <https://doi.org/10.5935/0103-5053.20150110>.
20. Tkachenko OB, Trinkal' OV. The chemistry of wine aromas. *Journal of Food Science and Technology*. 2015;9(1):42–50. (In Russ.). <https://doi.org/10.15673/2073-8684.30/2015.38426>.
21. Marcon ÂR, Schwarz LV, Dutra SV, Delamare APL, Gottardi F, Parpinello GP, et al. Chemical composition and sensory evaluation of wines produced with different Moscato varieties. *BIO Web of Conferences*. 2019;12. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20191202033>.
22. Ruiz-Rodríguez A, Durán-Guerrero E, Natera R, Palma M, Barroso CG. Influence of two different cryoextraction procedures on the quality of wine produced from muscat grapes. *Foods*. 2020;9(11). <https://doi.org/10.3390/foods9111529>.
23. Cotea VV, Focea MC, Luchian CE, Colibaba LC, Scutaruşu EC, Marius N, et al. Influence of different commercial yeasts on volatile fraction of sparkling wines. *Foods*. 2021;10(2). <https://doi.org/10.3390/foods10020247>.
24. Kemp B, Alexandre H, Robillard B, Marchal R. Effect of production phase on bottle-fermented sparkling wine quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2015;63(1):19–38. <https://doi.org/10.1021/jf504268u>.
25. Zhang Y-S, Du G, Gao Y-T, Wang L-W, Meng D, Li B-J, et al. The effect of carbonic maceration during winemaking on the color, aroma and sensory properties of “*Muscat Hamburg*” Wine. *Molecules*. 2019;24(17). <https://doi.org/10.3390/molecules24173120>.