

УДК 663.125/131/.252
EDN RZDACW

ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Селекция перспективных штаммов дрожжей для производства терруарных вин

Луткова Н.Ю.[✉], Шаламитский М.Ю., Семенова К.А., Загоруйко В.И.

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

[✉]magarach_microbiol.lab@mail.ru

Аннотация. В последнее время на рынке винодельческой продукции растет спрос на «терруарные» вина. Их отличительная особенность заключается в уникальных ароматических и вкусовых характеристиках, которые формируются за счёт местности произрастания винограда, климатических условий, состава почвы и других факторов. Обычно при производстве таких вин используют процесс брожения на спонтанной микрофлоре винограда данной местности, что позволяет придать вину свою индивидуальность и уникальные органолептические характеристики. Однако такой способ производства вина нередко приводит к нежелательным последствиям, таким как остановка брожения или появление посторонних тонов во вкусе и аромате, которые могут быть вызваны повышенным содержанием вторичных продуктов, синтезируемых дрожжами. Решением данной проблемы может стать выделение и тщательный отбор микроорганизмов из конкретного терруара, что позволит снизить или даже исключить риск их появления. Целью настоящей работы являлось выделение и характеристика новых штаммов дрожжей *S. cerevisiae* по морфологическим, физиолого-биохимическим и технологическим параметрам, а также органолептическая оценка белых сухих виноматериалов, полученных с их помощью. Из проб спонтанно бродящего виноградного сусла было отобрано 220 изолятов дрожжей, из которых в дальнейшую работу взято 97, характерных для рода *Saccharomyces*. Отобранные штаммы дрожжей были оценены по способности к синтезу сероводорода и уксусной кислоты, бродительной активности, устойчивости к стрессовым условиям. По результатам работы были выбраны штаммы с наилучшими технологическими характеристиками для дальнейшей оценки в условиях микровиноделия. В виноматериалах определяли физико-химические показатели и проводили органолептическое тестирование. В результате многоступенчатого скрининга отобрано 9 штаммов дрожжей сахаромецетов, которые могут быть использованы для апробации в виноделии при производстве белых сухих вин конкретного терруара с сохранением типичных свойств и органолептических характеристик.

Ключевые слова: терруар; изоляты дрожжей; бродительная активность; технологические свойства; генетические методы.

Для цитирования: Луткова Н.Ю., Шаламитский М.Ю., Семенова К.А., Загоруйко В.И. Селекция перспективных штаммов дрожжей для производства терруарных вин // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2024;26(2):176-182. EDN RZDACW.

ORIGINAL RESEARCH

Selection of promising yeast strains for the production of terroir wines

Lutkova N.Yu.[✉], Shalamitskiy M.Yu., Semenova K.A., Zagoruiko V.I.

All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of the RAS, Yalta, Republic of Crimea, Russia

[✉]magarach_microbiol.lab@mail.ru

Abstract. In these days the demand for “terroir” wines is growing in wine market. Their distinctive feature lies in unique aroma and flavor characteristics, developed due to the area of grape growing, climatic conditions, soil composition and other factors. Typically, in the production of such wines, a fermentation process on the spontaneous grape microflora of a given area is used, which makes it possible to give the wine its own individual and unique organoleptic characteristics. However, this method of wine production often leads to undesirable consequences, such as stopping of fermentation or appearance of foreign tones in flavor and aroma, which can be caused by an increased content of by-products synthesized by yeasts. A solution to this problem can be the isolation and careful selection of microorganisms from a specific terroir, which will reduce or even eliminate the risk of their appearance. The purpose of this work was to isolate and characterize new *S. cerevisiae* yeast strains according to morphological, physiological-biochemical and technological parameters, as well as an organoleptic assessment of dry white wines obtained with their help. From samples of spontaneously fermenting grape must, 220 yeast isolates were selected, 97 of which, typical for the genus *Saccharomyces*, were taken for further work. Selected yeast strains were assessed for their ability to synthesize hydrogen sulfide and acetic acid, fermentation activity, and resistance to stress conditions. Based on the results of the work, strains with the best technological characteristics were selected for further assessment under micro-winemaking conditions. Physicochemical parameters were determined in wines, and organoleptic testing was carried out. As a result of multi-stage screening, 9 *Saccharomyces* yeast strains were selected to be used for testing of a specific terroir in winemaking in the production of dry white wines with typical properties and organoleptic characteristics.

Key words: terroir; yeast isolates; fermentation activity; technological properties; genetic methods.

For citation: Lutkova N.Yu., Shalamitskiy M.Yu., Semenova K.A., Zagoruiko V.I. Selection of promising yeast strains for the production of terroir wines. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2024;26(2):176-182. EDN RZDACW (in Russian).

Введение

На сегодняшний день на рынке винодельческой продукции растёт популярность терруарного вина, к которому можно отнести вина защищенного наименования места происхождения [1, 2]. Эти вина

уникальны по своим ароматическим и вкусовым характеристикам, которые отражают особенности местности произрастания винограда, климатические условия, состав почв, дрожжей [3]. В последнее время при производстве таких вин виноделы отказываются от применения штаммов культурных дрожжей, а используют спонтанно заброженное сусло на дрожжах конкретной местности [4]. Благодаря этому вино и

© Луткова Н.Ю., Шаламитский М.Ю., Семенова К.А., Загоруйко В.И., 2024

приобретает свой характерный аромат и вкус терруара. В связи с чем для максимального раскрытия органолептических особенностей таких вин предлагается использование дрожжей, выделенных из винограда в местности его произрастания – терруара [5, 6].

Особое внимание уделяется изучению природных штаммов дрожжей винограда, их влияния на качественный состав химических соединений, синтезируемых во время спиртового брожения, а также на органолептические свойства вин, поскольку каждый штамм имеет индивидуальные особенности [7-10]. Также многими авторами показано, что существуют высокие штаммовые различия между дрожжами из виноградников одного и того же терруара [11-13]. В последнее время в европейских странах выполняют исследования по поиску штаммов винных дрожжей среди диких популяций [14, 15].

Анализ разнообразия популяций микроорганизмов и формирование их коллекций является необходимым начальным этапом в изучении вопроса о биохимических и физико-химических характеристиках вин, производимых в различных винодельческих районах. Благодаря этому возможно получение и применение местных штаммов дрожжей в винодельческом производстве конкретного терруара.

В связи с этим актуальной задачей является поиск и выделение новых штаммов дрожжей из конкретного места произрастания винограда, а также характеристика их свойств для совершенствования технологии производства уникальных терруарных вин [16-18].

Целью настоящей работы являлось выделение и оценка новых штаммов дрожжей вида *S. cerevisiae* для производства терруарных белых сухих виноматериалов.

Объекты и методы исследований

Исследования проводились на базе лаборатории микробиологии ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН».

Объектами исследования являлись изоляты дрожжей сахаромикетов, выделенных из проб спонтанно бродящего сусла, полученных из винограда с участка в с. Оползневое, Республика Крым. В качестве контроля использовали коллекционный штамм Ркацител 6 (I-118) [19].

На первом этапе проводили выделение изолятов дрожжей, которое осуществляли из проб спонтанно бродящего виноградного сусла в начале (Н) и середине (С) (содержание сахаров определяли рефрактометрически) брожения. Выделение осуществляли по следующей методике: пробы бродящего сусла переносили в пробирки со стерильным виноградным суслом, помещали в термостат и инкубировали при температуре $(26\pm 1)^\circ\text{C}$ 1-3 суток до начала активного брожения. Затем пробы рассеивали на чашки Петри с агаризованным виноградным суслом и инкубировали при температуре $(26\pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 6-7 суток. Характерные для сахаромикетов колонии отщипывали на виноградное сусло, описывали морфологию клеток, способ размножения, способность к спорообразова-

нию, морфологию аскоспор (Бурьян Н. И. Практическая микробиология виноделия. Симферополь: Таврида. 2003:1-560).

На втором этапе определяли видовую принадлежность изолятов дрожжей рода *Saccharomyces* методом ПЦР по методике Muir и др. [20]. Исследуемые изоляты рассеивали в чашки Петри на агаризованную среду YPD (г/л, глюкоза – 20, пептон – 20, дрожжевой экстракт – 10, агар – 20) и инкубировали при температуре $(26\pm 1)^\circ\text{C}$. ДНК двух-, трёхсуточных сформированных колоний выделяли литий-ацетатным методом [21].

Следующим этапом было определение способности штаммов дрожжей к синтезу уксусной кислоты и сероводорода. Способность штаммов дрожжей к образованию уксусной кислоты оценивали по результатам их роста на плотной среде с мелом (образование прозрачного ореола, окружающий место посева). Культуры инкубировали при температуре $(30\pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 72 ч [22]. Оценка активности штамма синтезировать уксусную кислоту определяли по шкале: 0 – ореол 0-1 мм, (очень низкая способность); 1 – ореол 1-3 мм (низкая способность); 2 – ореол 3-4 (средняя способность); 3 – ореол 4-5 мм (высокая способность).

Способность штаммов образовывать сероводород изучали на плотной питательной среде BIGGY Agar [23]. Посевы культивировали при температуре $(30\pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 24 ч. Наличие сероводорода оценивали визуально по шкале цвета колонии: белый – сероводород не образует; светло-коричневый – образует в незначительных количествах; темно-коричневый – в средних количествах; черный – высокое образование сероводорода.

Отобранные на предыдущем этапе штаммы дрожжей были оценены на способность развиваться в стрессовых условиях, которую проводили по ростовой реакции клеток дрожжей на низкие значения рН среды (кислотовыносливость), низкие и высокие температурные режимы (холодо- и термостойкость), высокие значения диоксида серы (сульфитостойкости) и высокие концентрации этилового спирта (спиртовыносливость). Средой культивирования была синтетическая среда YPD (г/л, глюкоза – 20, пептон – 20, дрожжевой экстракт – 10, рН 3,4). При оценке холодостойкости посевы инкубировали при температуре $(10\pm 1)^\circ\text{C}$, термостойкости – $(35\pm 1)^\circ\text{C}$; при оценке кислотовыносливости – при температуре $(26\pm 1)^\circ\text{C}$ с корректировкой рН среды до 2,6 винной кислотой. При оценке сульфитостойкости – $(26\pm 1)^\circ\text{C}$ и массовой концентрацией SO_2 в среде 200 мг/л; при оценке спиртовыносливости – корректировка среды до концентрации спирта (% об): 10, 12, 14 при температуре $(26\pm 1)^\circ\text{C}$. Для более четкого выявления реакций дрожжей на стрессовые условия использовали микрозасевы из расчета 8-30 тыс. кл./мл. Осмотр пробирок проводили ежедневно в течение 5 суток. Визуально отмечали ростовую реакцию штаммов на заданные условия культивирования (наличие или отсутствие роста).

Последним этапом была оценка отобранных

штаммов дрожжей по активности брожения. Её определяли по количеству выделившегося диоксида углерода при сбраживании виноградного сусла (40 мл) в специальных колбах с бродильными затворами (склянках Фреденрейха). В пастеризованное сусло вносили трёхсуточную разводку дрожжей в активном состоянии в количестве 2 % от объёма. Склянки выдерживали в термостате при температуре $(26 \pm 1) ^\circ\text{C}$ и ежедневно в течение 30 сут. производили их взвешивание, определяя количество углекислого газа, выделенного при брожении виноградного сусла. По результатам трех повторностей находили среднее значение показателя и пересчитывали на объем сусла 100 мл, а также по окончании брожения определяли массовую концентрацию сахаров.

По результатам селекции отобранные штаммы дрожжей были апробированы в условиях виноделия в лаборатории микробиологии на сусле из винограда сорта Алиготе с кондициями массовой концентрации (г/л): сахаров – 231; титруемых кислот – 5,4. Виноматериалы вырабатывались по классической технологии производства белых сухих вин (Технологические правила виноделия / Под ред. Валуйко Г.Г. Симферополь: Таврида. 2006:1-468). В полученных виноматериалах определяли физико-химические показатели: объёмная доля спирта, массовая концентрация сахаров, титруемых и летучих кислот, а также рН по стандартизированным и общепринятым методам в виноделии [24]. Органолептическую оценку полученных образцов проводили принятыми в энологии методами (ГОСТ 32051-2013). Микробиологический контроль осуществляли в соответствии с инструкцией по микробиологическому контролю винодельческой продукции (ИК 9170-1128-00334600-07).

Результаты и их обсуждение

По морфологическим свойствам из 220 выделенных изолятов дрожжей 123 имели неоднородную

форму и размеры клеток. Для дальнейшей работы было взято 97 с однородной округлой, яйцевидной, эллипсоидной формой клеток. Размеры клеток варьировали в диапазоне от 6 до 9 мкм. Все исследованные изоляты размножались почкованием, образуя аски от 1 до 4. Также они не образовывали пленки на поверхности среды культивирования.

При определении их видовой принадлежности с помощью генетических методов анализа было установлено, что все исследуемые изоляты относятся к виду *S. cerevisiae* (рис. 1).

Следующий этап работы предполагал способность штаммов к образованию уксусной кислоты и сероводорода.

Исследование способности отобранных штаммов к синтезу уксусной кислоты показало, что все исследуемые штаммы имели низкую способность к образованию этого вещества.

Сероводород является одним из компонентов побочных продуктов синтеза дрожжей и отрицательно влияет на органолептические показатели виноматериалов и, соответственно, снижает их качество [25, 26]. Анализ данных показал, что высокое и среднее образование сероводорода наблюдали у 69 % выделенных штаммов (67 из 97). Таким образом, для дальнейшего исследования были отобраны 30 штаммов без способности к образованию H_2S или с низким уровнем его продуцирования (рис. 2).

Выбор подходящих для виноделия штаммов дрожжей из рода *Saccharomyces* зависит в первую очередь от их технологических характеристик, от которых зависит стабильность проведения процесса брожения.

Исследование оставшихся штаммов дрожжей на термостойкость и кислотовыносливость показали положительную ростовую активность клеток в питательных средах уже на первые сутки после засева.

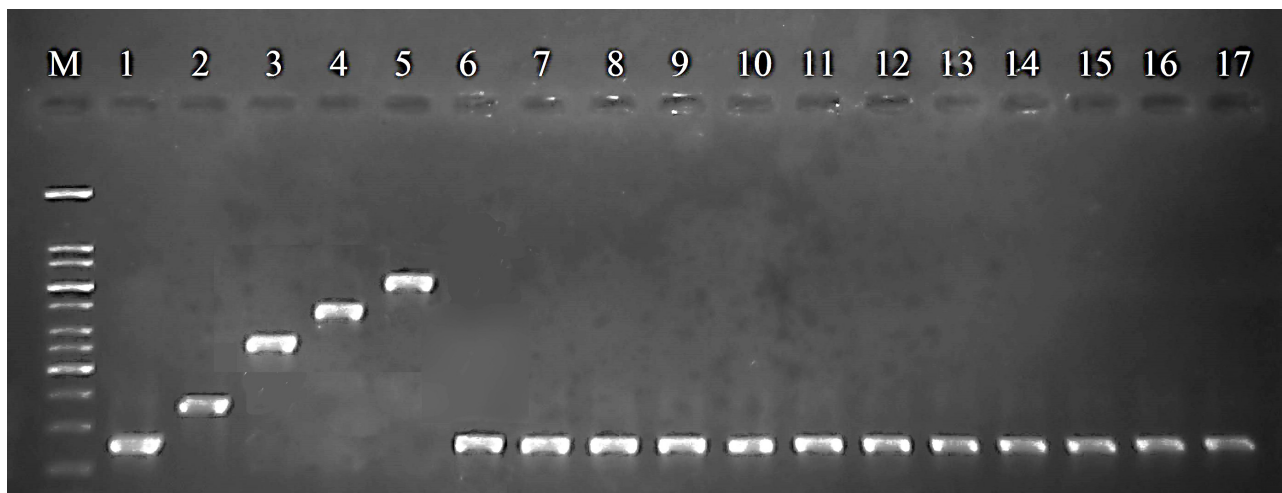


Рис. 1. Гель-электрофорез определения видовой принадлежности некоторых изолятов дрожжей; М – 100 п.н. маркер, 1 – *S. cerevisiae* ВКМУ-502, 2 – *S. bayanus* М-300-8А, 3 – *S. mikatae* IFO 1815-2А, 4 – *S. kudriavzevii* IFO 1802-2D, 5 – *S. paradoxus* CBS 432-2С, 6 – Н1, 7 – Н2, 8 – Н4, 9 – Н7, 10 – Н8, 11 – Н13, 12 – Н19, 13 – С12, 14 – С14, 15 – С31, 16 – С19, 17 – С21

Fig. 1. Electrophoresis gel for determining the species of some yeast isolates; M – 100 bp marker, 1 – *S. cerevisiae* ВКМУ-502, 2 – *S. bayanus* М-300-8А, 3 – *S. mikatae* IFO 1815-2А, 4 – *S. kudriavzevii* IFO 1802-2D, 5 – *S. paradoxus* CBS 432-2С, 6 – Н1, 7 – Н2, 8 – Н4, 9 – Н7, 10 – Н8, 11 – Н13, 12 – Н19, 13 – С12, 14 – С14, 15 – С31, 16 – С19, 17 – С21

Оценка культур в условиях низких температур показала, что у всех штаммов, кроме С74, наблюдался рост клеток на 2-4 сутки после засева (рис. 3).

Проверка на сульфитостойкость культур показала, что больше половины штаммов дрожжей начали рост уже на первые (20 %) и вторые (47 %) сутки после внесения. У 10 % штаммов роста не наблюдалось (рис.4).

Сравнительный анализ спиртовыносливости показал, что минимальная концентрация спирта (10 % об.) практически не повлияла на ростовую активность – 60 % показали активный рост на 1-2 сутки, 40 % – на 3 сутки. При средних значениях (12 % об.) полное отсутствие роста наблюдалось у 10 % штаммов. Больше половины (53 %) исследуемых штаммов дрожжей проявляли ростовую активность при максимальной концентрации спирта (14 % об) уже на 1-3 сутки с момента внесения. У 33 % штаммов дрожжей роста не наблюдалось (рис. 5).

Анализ толерантности к отдельным абиотическим факторам показал, что 17 штаммов проявили чувствительность к низким температурам, высоким концентрациям спирта и диоксида серы, в связи с чем было отобрано 13 штаммов дрожжей для дальнейшего исследования.

Бродильная активность определяется скоростью и полнотой сбраживания сахаров в виноградном сусле. Полнота сбраживания сахаров является одним из главных характеристик для производства сухих виноматериалов и регламентируется нормативной документацией на готовую продукцию (ГОСТ 32030-2013).

При оценке бродильной способности активное забраживание сусла было отмечено в течение первых суток для всех образцов. У штамма Н90 наблюдалось самое меньшее выделение углекислого газа на третьи сутки по сравнению с остальными и, напротив, у штамма С79 этот показатель был наибольшим. При этом 4 штамма дрожжей отставали по скорости брожения и количеству выделяемого углекислого газа в сравнении с С79 на треть, что позволило их исключить. Процесс брожения быстрее всех завершил штамм Н24. На момент окончания спиртового брожения во всех виноматериалах массовая концентрация остаточных сахаров составляла не более 4 г/л.

Таким образом, в результате многоступенчатого скрининга по показателям – способность штаммов дрожжей к синтезу летучих кислот

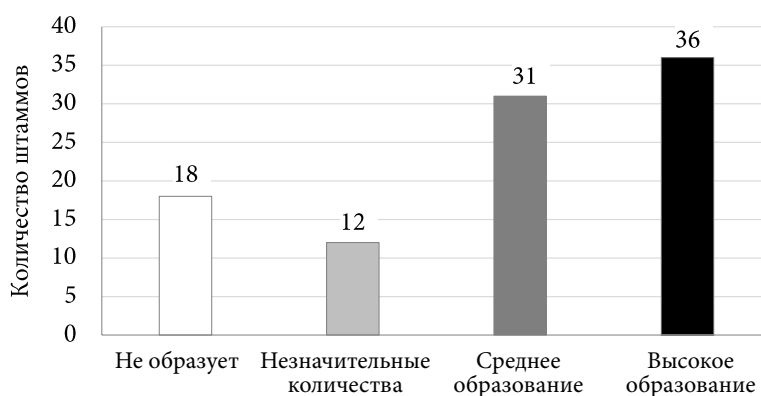


Рис 2. Синтез сероводорода изолятами дрожжей

Fig. 2. Synthesis of hydrogen sulfide by yeast isolates

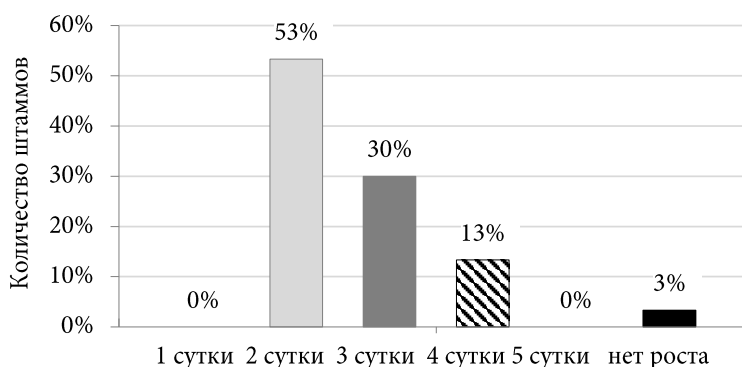


Рис. 3. Холодостойкость исследуемых штаммов дрожжей

Fig. 3. Cold resistance of the studied yeast strains

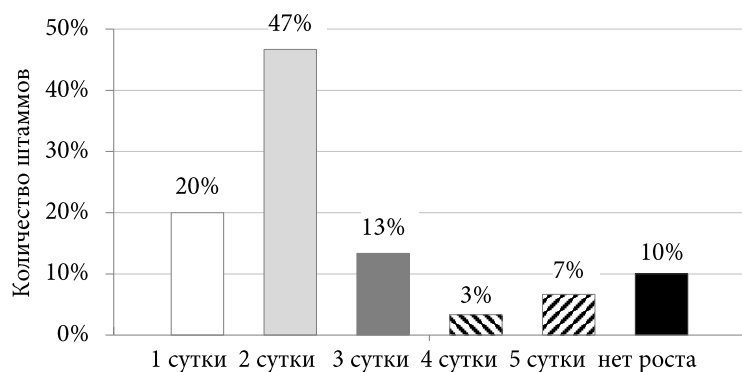


Рис. 4. Сульфитостойкость исследуемых штаммов дрожжей

Fig. 4. Sulfite resistance of the studied yeast strains

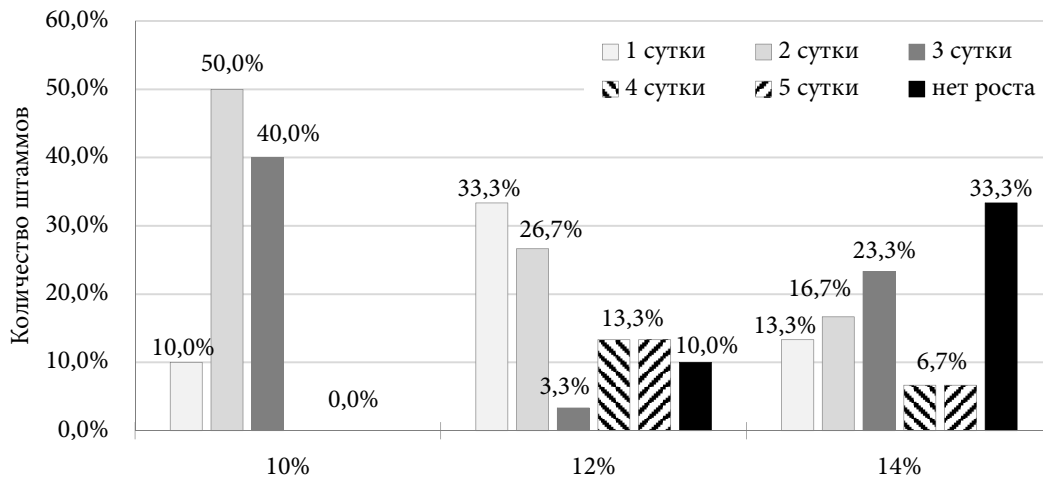


Рис. 5. Спиртовыносливость исследуемых штаммов дрожжей

Fig. 5. Alcohol tolerance of the studied yeast strains

и сероводорода, ростовая активность при стрессовых условиях, было отобрано 9 штаммов с высокой бродильной активностью для апробации в условиях микровиноделия.

В условиях микровиноделия проведен процесс брожения на сусле из сорта винограда Алиготе с использованием полученных штаммов дрожжей. Виноград соответствовал требованиям, предъявляемым для промышленной переработки. Контролем служил виноматериал, выработанный с использованием коллекционного штамма I-118. Виноматериалы были оценены по основным физико-химическим показателям: массовая концентрация сахаров, летучих и титруемых кислот, объёмная доля этилового спирта и рН. Результаты аналитического исследования по физико-химическим показателям виноматериалов представлены в таблице.

Анализ данных показал, что использование отобранных штаммов дрожжей позволяет получить виноматериалы, соответствующие нормативной документации.

При органолептическом тестировании отмечено, что все образцы соответствуют заявленному типу: чистые, без пороков, светло-соломенного цвета. Аромат у образцов чистый, достаточно выраженный. При использовании штаммов С26 и С53 аромат виноматериалов отличался пряно-медовыми и цветочно-медовыми оттенками; Н23 и Н74 – дюшесными и фруктово-медовыми. Аромат у вариантов С80 и Н24, как и контроля, умеренный, чистый, цветочного направления. Вкус всех полученных образцов достаточно мягкий, полный, слегка спиртуозный. Дегустационные оценки варьировали от 7,60 до 7,74 балла.

Результаты органолептического тестирования позволяют сделать вывод о том, что использование селекционированных нами штаммов дрожжей обеспечивает чистоту брожения и сохраняет характерные (цветочно-медовые) для данного терруара ноты.

Таблица . Физико-химический состав виноматериалов Алиготе
Table. Physicochemical composition of 'Aligote' wines

Вариант	Массовая концентрация, г/л			Объёмная доля этилового спирта, % об.	рН	Дегустационная оценка
	сахаров	летучих кислот	титруемых кислот			
I-118 (контроль)	3,4	0,70	6,1	13,5	3,45	7,74
C26	3,1	0,62	5,9	14,4	3,47	7,74
C53	2,2	0,62	6,3	14,5	3,44	7,74
C55	2,1	0,60	6,4	14,4	3,43	7,67
C79	2,1	0,57	6,5	14,4	3,42	7,70
C80	1,9	0,65	6,4	14,5	3,44	7,70
H23	2,3	0,49	6,3	14,4	3,43	7,72
H24	1,9	0,56	6,7	14,5	3,43	7,70
H55	2,0	0,58	6,2	14,4	3,43	7,60
H74	2,5	0,62	6,3	14,4	3,44	7,72

Выводы

В результате работы из 220 изолятов дрожжей было отобрано 97 штаммов вида *Saccharomyces cerevisiae*. При изучении их физиолого-биохимических свойств по способности к продуцированию сероводорода, 69 % из них показали высокую и среднюю склонность к его продуцированию, что позволило исключить эти штаммы из дальнейшего исследования. Оценка технологических свойств оставшихся штаммов показала их высокую термостойкость и кислото-выносливость, что возможно является характерной особенностью дрожжей для данной местности. По показателям холодостойкости, сульфитостойкости и спиртовыносливости было отобрано 13 штаммов. Изучение их бродильной активности показало, что 4 штамма отставали по скорости брожения, что исключает их использование при производстве сухих вин. Использование 9 селекционированных нами штаммов дрожжей позволило получить виноматериалы, соответствующие нормативной документации. Также их применение позволило обеспечить чистоту брожения и сохранить характерные (цветочно-медовые) для данного терруара ноты, а качество не уступало контрольному образцу.

Отобранные в ходе данной работы штаммы дрожжей могут быть в дальнейшем использованы для апробации в виноделии при производстве белых сухих вин конкретного терруара с сохранением типичных свойств и органолептических характеристик.

Источник финансирования

Работа выполнена в рамках государственного задания № FNZM-2024-0001.

Financing source

The work was conducted under public assignment No. FNZM-2024-0001.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы

1. Лутков И.П., Макаров А.С., Шмигельская Н.А., Максимовская В.А., Луткова Н.Ю., Сивочуб Г.В., Тимошенко Е.А. Показатели качества винограда терруара Ай-Даниль для производства игристых вин // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2023;25(4):370-375. DOI 10.34919/IM.2023.91.96.007.
2. Аникина Н.С., Гержикова В.Г., Червяк С.Н., Гниломедова Н.В., Весютова А.В., Сластия Е.А., Ермихина М.В., Олейникова В.А. Сравнительная характеристика виноматериалов из белых сортов винограда, выращенного в различных виноградо-винодельческих районах Крыма // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2023;25(3):291-297. DOI 10.34919/IM.2023.25.3.011.
3. Meinert L.D. The science of terroir elements. 2018;14(3):153-158. DOI 10.2138/gselements.14.3.153.
4. Álvarez-Barragán J., Mallard J., Ballester J., David V., Vichy S., Tourdot-Maréchal R., Alexandre H., Roullier-Gall C. Influence of spontaneous, "pied de

- cuve” and commercial dry yeast fermentation strategies on wine molecular composition and sensory properties. *Food Research International*. 2023;174(2):113648. DOI 10.1016/j.foodres.2023.113648.
5. Шаламитский М.Ю., Червяк С.Н., Танащук Т.Н., Черноусова И.В., Загоруйко В.И., Иванова Е.В. Селекция новых штаммов дрожжей для производства белых сухих вино-материалов // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2022;24(4):376-380. DOI 10.3491/IM2022.35.66.011.
 6. Griggs R.G., Steenwerth K.L., Mills D.A., Cantu D., Bokulich N.A. Sources and assembly of microbial communities in vineyards as a functional component of winegrowing. *Frontiers in Microbiology*. 2021;12:673810. DOI 10.3389/fmicb.2021.673810.
 7. Супрун И.И., Агеева Н.М., Лободина Е.В., Насонов А.И., Токмаков С.В., Прах А.В. Анализ генетического разнообразия естественных популяций рода *Saccharomyces* как основа поиска штаммов, перспективных для виноделия // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2019;59(5):118-132. DOI 10.30679/2219-5335-2019-5-59-118-132.
 8. White R.E. The value of soil knowledge in understanding wine terroir. *Front. Environ. Sci.* 2020;8:12. DOI 10.3389/fenvs.2020.00012.
 9. Liu D., Zhang P., Chen D., Howell K. From vineyard to the winery: how microbial ecology drives regional distinctiveness of wine. *Front. Microbiol.* 2019;10:2679. DOI 10.3389/fmicb.2019.02679.
 10. Lutkov I. Using the microflora of grapes for the production of young sparkling wines. *E3S Web of Conf.* 2021;285(5):05015. DOI 10.1051/e3sconf/202128505015.
 11. Gobbi A. Exploring the molecular basis of microbial wine terroir from deep soil horizons to grapevines and wines. Ph.D. thesis. Department of Environmental Science (ENVS), Aarhus University. 2019.
 12. Качалкин А.В., Абдуллабекова Д.А., Магомедова Е.С., Магомедов Г.Г., Чернов И.Ю., Дрожжевые грибы виноградарства Дагестана и других регионов // Микробиология. 2015;84(3):360-368. DOI 10.7868/S0026365615030088.
 13. Gilbert J.A., Lelie D., Zarraonaindia I. Microbial terroir for wine grapes. *PNAS*. 2014;111(1):5-6. DOI 10.1073/pnas.1320471110.
 14. Sidari R., Ženišová K., Tobolková B., Belajová E., Cabicarová T., Bučková M., Puškárová A., Planý M., Kuchta T., Pangallo D. Wine yeasts selection: Laboratory characterization and protocol review. *Microorganisms*. 2021;9(11):2223. DOI 10.3390/microorganisms9112223.
 15. Castrillo D., Blanco P. Characterization of indigenous non-*Saccharomyces* yeast strains with potential use in winemaking. *Front. Biosci. (Elite Ed)*. 2023;15(1):1. DOI 10.31083/j.fbe1501001.
 16. Mendes S., Arcari S.G., Werner S.S., Valente P., Ramirez-Castrillon M. Wild *Saccharomyces* produced differential aromas of fermented Sauvignon Blanc must. *Fermentation*. 2022;8(4):177. DOI 10.3390/fermentation8040177.
 17. Csernus O., Pomázi A., Magyar I. Isolation, characterisation, and selection of wine yeast strains in Etyek-Buda wine district, Hungary. *Acta Alimentaria*. 2014;43(3):489-500. DOI 10.1556/AAlim.2014.1111.
 18. Агеева Н.М., Насонов А.И., Прах А.В., Супрун И.И. Исследование бродильной и дыхательной активности новых штаммов дрожжей, предназначенных для производства белых столовых вин // Наука Кубани. 2018;2:16-23.
 19. Каталог промышленных штаммов дрожжей для виноделия // Составители: Танащук Т.Н., Иванова Е.В., Кишковская С.А., Шаламитский М.Ю., Луткова Н.Ю., Загоруйко В.И., Семенова К.А. – Симферополь: ИП Корниенко А.А., 2024:1-52.
 20. Muir A., Harrison E., Wheals A. A multiplex set of species-specific primers for rapid identification of members of the genus *Saccharomyces*. *FEMS Yeast Research*. 2011;11(7):552-563. DOI 10.1111/j.1567-1364.2011.00745.x.
 21. Lōoke M., Kristjuhan K., Kristjuhan A. Extraction of genomic DNA from yeasts for PCR-based applications. *BioTechniques*. 2011;50(5):325-328. DOI 10.2144/000113672.
 22. Lemaesquier H., Gainvors A., Lequart C., Charlemagne B., Frezier V., Belarbi A. Sélection de levures œnologiques à activité clarifiante: Les différentes techniques utilisées pour caractériser des levures, intérêt de la sélection d’une levure productrice d’enzymes pectolytiques. *Rev. française d’œnologie*. 1995;35:23-29.
 23. Jiranek V., Langridge P., Henschke P.A. Validation of bismuth-containing indicator media for predicting H₂S-producing potential of *Saccharomyces cerevisiae* wine yeasts under enological conditions. *Am. J. Enol. Vitic.* 1995;46(2):269-273. DOI 10.5344/ajev.1995.46.2.269.
 24. Технологический контроль в современном виноделии. Краткий курс. Методические рекомендации / Составители: Гержилова В.Г., Аникина Н.С., Гниломедова Н.В., Червяк С.Н., Весютова А.В., Ермихина М.В., Рябинина О.В. – Симферополь: Полипринт. 2023:1-104.
 25. Агеева М.Н., Музыченко Г.Ф. Прогнозирование образования сероводородного тона в виноградных винах // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2013;24(06):1-7.
 26. Franco-Luesma E., Sáenz-Navajas M., Valentin D., Ballester J., Rodrigues H., Ferreira V. Study of the effect of H₂S, MeSH and DMS on the sensory profile of wine model solutions by Rate-All-That-Apply (RATA). *Food Research International*. 2016;87:152-160. DOI 10.1016/j.foodres.2016.07.004.

References

1. Lutkov I.P., Makarov A.S., Shmigelskaia N.A., Maksimovskaia V.A., Lutkova N.Yu., Sivochoub G.V., Timoshenko E.A. Grape quality indicators of Crimean Ay-Danil terroir for sparkling wine production. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2023;25(4):370-375. DOI 10.34919/IM2023.91.96.007 (in Russian).
2. Anikina N.S., Gerzhikova V.G., Cherviakov S.N., Gnilomedova N.V., Vesjutova A.V., Slastia E.A., Ermikhina M.V., Oleinikova V.A. Comparative characteristics of base wines from white grape varieties grown in various viticultural and winemaking regions of Crimea. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2023;25(3):291-297. DOI 10.34919/IM.2023.25.3.011 (in Russian).
3. Meinert L.D. The science of terroir. *elements*. 2018;14(3):153-158. DOI 10.2138/elements.14.3.153.
4. Álvarez-Barragán J., Mallard J., Ballester J., David V., Vichy S., Tourdot-Maréchal R., Alexandre H., Roullier-Gall C. Influence of spontaneous, “pied de cuve” and commercial dry yeast fermentation strategies on wine molecular composition and sensory properties. *Food Research International*. 2023;174(2):113648. DOI 10.1016/j.foodres.2023.113648.
5. Shalamitskiy M.Yu., Cherviakov S.N., Tanashchuk T.N., Chernousova I.V., Zaboruiko V.I., Ivanova E.V. Selection of new yeast strains for the production of dry white base wines. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2022;24(4):376-380. DOI 10.3491/IM2022.35.66.011 (in Russian).
6. Griggs R.G., Steenwerth K.L., Mills D.A., Cantu D., Bokulich N.A. Sources and assembly of microbial communities in vineyards as a functional component of winegrowing. *Frontiers in Microbiology*. 2021;12:673810. DOI 10.3389/fmicb.2021.673810.

7. Suprun I.I., Ageyeva N.M., Lobodina E.V., Nasonov A.I., Tokmakov S.V., Prakh A.V. Analysis of genetic variety of the natural populations of *Saccharomyces* kind as the search basis for strains promising for winemaking. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2019;59(5):118-132. DOI 10.30679/2219-5335-2019-5-59-118-132 (in Russian).
8. White R.E. The value of soil knowledge in understanding wine terroir. *Front. Environ. Sci.* 2020;8:12. DOI 10.3389/fenvs.2020.00012.
9. Liu D., Zhang P., Chen D., Howell K. From vineyard to the winery: how microbial ecology drives regional distinctiveness of wine. *Front. Microbiol.* 2019;10:2679. DOI 10.3389/fmicb.2019.02679.
10. Lutkov I. Using the microflora of grapes for the production of young sparkling wines. *E3S Web of Conf.* 2021;285(5):05015. DOI 10.1051/e3sconf/202128505015.
11. Gobbi A. Exploring the molecular basis of microbial wine terroir from deep soil horizons to grapevines and wines. Ph.D. thesis. Department of Environmental Science (ENVS), Aarhus University. 2019.
12. Kachalkin A.V., Abdullabekova D.A., Magomedova E.S., Magomedov G.G., Chernov I.Yu. Yeasts of the vineyards in Dagestan and other regions. *Microbiology*. 2015;84(3):360-368. DOI 10.7868/S002636561615030088 (in Russian).
13. Gilbert J.A., Lelie D., Zarraonaindia I. Microbial terroir for wine grapes. *PNAS*. 2014;111(1):5-6. DOI 10.1073/pnas.1320471110.
14. Sidari R., Ženišová K., Tobolková B., Belajová E., Cabicarová T., Bučková M., Puškárová A., Planý M., Kuchta T., Pangallo D. Wine yeasts selection: Laboratory characterization and protocol review. *Microorganisms*. 2021;9(11):2223. DOI 10.3390/microorganisms9112223.
15. Castrillo D., Blanco P. Characterization of indigenous non-*Saccharomyces* yeast strains with potential use in winemaking. *Front. Biosci. (Elite Ed)*. 2023;15(1):1. DOI 10.31083/j.fbe1501001.
16. Mendes S., Arcari S.G., Werner S.S., Valente P., Ramirez-Castrillon M. Wild *Saccharomyces* produced differential aromas of fermented Sauvignon Blanc must. *Fermentation*. 2022;8(4):177. DOI 10.3390/fermentation8040177.
17. Csernus O., Pomázi A., Magyar I. Isolation, characterisation, and selection of wine yeast strains in Etyek-Buda wine district, Hungary. *Acta Alimentaria*. 2014;43(3):489-500. DOI 10.1556/AAlim.2014.1111.
18. Ageeva N.M., Nasonov A.I., Prakh A.V., Suprun I.I. The study of fermenting and respiratory activity of new strains of yeast, intended for the production of white table wines. *Science of Kuban*. 2018;2:16-23 (in Russian).
19. Catalogue of industrial yeast strains for winemaking. Contributors: Tanashchuk T.N., Ivanova E.V., Kishkovskaya S.A., Shalamitskiy M.Yu., Lutkova N.Y., Zagoruiko V.I., Semenova K.A. Simferopol: PE Kornienko A.A., 2024:1-52 (in Russian).
20. Muir A., Harrison E., Wheals A. A multiplex set of species-specific primers for rapid identification of members of the genus *Sacharomyces*. *FEMS Yeast Research*. 2011;11(7):552-563. DOI 10.1111/j.1567-1364.2011.00745.x.
21. Lööke M., Kristjuhan K., Kristjuhan A. Extraction of genomic DNA from yeasts for PCR-based applications. *BioTechniques*. 2011;50(5):325-328. DOI 10.1014/000113672.
22. Lemaesquier H., Gainvors A., Lequart C., Charlemagne B., Frezier V., Belarbi A. Sélection de levures œnologiques à activité clarifiante: Les différentes techniques utilisées pour caractériser des levures, intérêt de la sélection d'une levure productrice d'enzymes pectolytiques. *Rev. française d'œnologie*. 1995;35:23-29.
23. Jiranek V., Langridge P., Henschke P.A. Validation of bismuth-containing indicator media for predicting H₂S-producing potential of *Saccharomyces cerevisiae* wine yeasts under enological conditions. *Am. J. Enol. Vitic.* 1995;46(2):269-273. DOI 10.5344/ajev.1995.46.2.269.
24. Technological control in modern winemaking. Short course. Methodical recommendations. Contributors: Gerzhikova V.G., Anikina N.S., Gnilomedova N.V., Chervyak S.N., Vesytova A.V., Ermikhina M.V., Ryabinina O.V. Simferopol: Polyprint. 2023:1-104 (in Russian).
25. Ageeva M.N., Muzychenko G.F. Forecasting of formation of hydrogen sulfide tone in wines. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia* 2013;24(06):1-7 (in Russian).
26. Franco-Luesma E., Sáenz-Navajas M., Valentin D., Ballester J., Rodrigues H., Ferreira V. Study of the effect of H₂S, MeSH and DMS on the sensory profile of wine model solutions by Rate-All-That-Apply (RATA). *Food Research International*. 2016;87:152-160. DOI 10.1016/j.foodres.2016.07.004.

Информация об авторах

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

Максим Юрьевич Шаламитский, канд. техн. наук, науч. сотр. лаборатории микробиологии; e-мэйл: mshalamitskiy@yahoo.com; <https://orcid.org/0000-0001-5888-6228>;

Карина Александровна Семенова, мл. науч. сотр. лаборатории микробиологии; e-мэйл: karina.semenova.2013@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0271-1290>;

Валентина Ивановна Загоруйко, вед. инженер лаборатории микробиологии.

Information about authors

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

Maksim Yu. Shalamitskiy, Cand. Tech. Sci., Staff Scientist, Laboratory of Microbiology; e-mail: mshalamitskiy@yahoo.com; <https://orcid.org/0000-0001-5888-6228>;

Karina A. Semenova, Junior Staff Scientist, Laboratory of Microbiology; e-mail: karina.semenova.2013@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0271-1290>;

Valentina I. Zagoruiko, Leading Engineer, Laboratory of Microbiology.

Статья поступила в редакцию 26.04.2024, одобрена после рецензии 20.05.2024, принята к публикации 20.05.2024.