

УДК 634.8.632.4:663.252.41:581.5
EDN SSYEKJ

О Р И Г И Н А Л Ь Н О Е И С С Л Е Д О В А Н И Е

Совместная ферментация дрожжей *Lachancea thermotolerans* и *Saccharomyces cerevisiae* – влияние на образование компонентов, формирующих качество вин

Магомедова Е.С.^{1✉}, Абдуллабекова Д.А.¹, Аливердиева Д.А.¹, Магомедов Г.Г.¹, Шелудько О.Н.², Якуба Ю.Ф.², Митрофанова Е.А.²

¹Прикаспийский институт биологических ресурсов ФБГУН ДФИЦ РАН, г. Махачкала, Россия;

²Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», г. Краснодар, Россия

✉milena2760@rambler.ru

Аннотация. В последние годы наблюдается возрастающий интерес к исследованию микрофлоры винограда, с целью выделения местных эффективных штаммов дрожжей, в том числе несхаромических, рассматриваемых как альтернативный ресурс при получении вин с индивидуальным характером и вкусом. Цель исследования – выявить влияние аборигенных дрожжей *L. thermotolerans*, участвующих в совместной с сахаромическими ферментации, на показатели качества вина. Опытный образец получали с применением *L. thermotolerans* (штамм 65-G) в смеси с *Saccharomyces cerevisiae* (штамм №253), используя последовательную инокуляцию. В контрольном образце ферментацию сула проводили на культуре №253. Сравнительное исследование состава виноматериалов, проведенное по методам, принятым в технологии виноделия, описанным в специальной литературе и регламентированным ГОСТами, выявило способность штамма 65-G к активному продуцированию молочной кислоты, повышению кислотности, снижению спиртуозности. Использование штамма *L. thermotolerans* в совместной с сахаромическими ферментации позволяет решить конкретную технологическую задачу – контролировать уровень кислотности виноматериала, при этом его участие в процессе оказывает влияние на другие параметры качества вина, его индивидуальность. Органолептическая характеристика виноматериалов показала, что этот прием позволяет разнообразить их вкус и аромат. Полученные данные определили перспективность продолжения исследований, ориентированных на подбор сортов винограда, оптимальной схемы инокуляции смеси культур, условий ферментации, влияющих на выход продуктов метаболизма, участвующих в формировании качества вин.

Ключевые слова: виноград; дрожжи; виноматериал; ферментация; технологические свойства.

Для цитирования: Магомедова Е.С., Абдуллабекова Д.А., Аливердиева Д.А., Магомедов Г.Г., Шелудько О.Н., Якуба Ю.Ф., Митрофанова Е.А. Совместная ферментация дрожжей *Lachancea thermotolerans* и *Saccharomyces cerevisiae* – влияние на образование компонентов, формирующих качество вин // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2024;26(2):183-189. EDN SSYEKJ

O R I G I N A L R E S E A R C H

Joint fermentation of yeasts *Lachancea thermotolerans* and *Saccharomyces cerevisiae* – the effect on creating the components responsible for the quality of wines

Magomedova E.S.^{1✉}, Abdullabekova D.A.¹, Aliverdieva D.A.¹, Magomedov G.G.¹, Shelud'ko O.N.², Yakuba Yu.F.², Mitrofanova E.A.²

¹Pre-Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Federal Research Center of the RAS, Makhachkala, Russia;

²North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Winemaking, Krasnodar, Russia

✉milena2760@rambler.ru

Abstract. In recent years, there is an increasing interest in the study of grape microflora in order to isolate local effective yeast strains, including non-*Saccharomyces*, which are considered as an alternative resource for producing wines with individual character and flavor. The purpose of the study is to identify the effect of native yeast *L. thermotolerans*, involved in joint fermentation with *Saccharomyces*, on wine quality indicators. Experimental sample was obtained using *L. thermotolerans* (strain 65-G) mixed with *Saccharomyces cerevisiae* (strain No. 253), using successive inoculation. Must fermentation of the control sample was carried out on culture No. 253. Comparative study of base wine composition, carried out according to the methods adopted in winemaking technology that described in specialized literature and regulated by GOSTs, revealed the ability of 65-G strain to actively produce lactic acid, increase acidity, and reduce alcohol content. The use of *L. thermotolerans* strain in joint fermentation with *Saccharomyces* allows solving a specific technological problem - to control the acidity level of base wine, while its participation in the process affects other parameters of wine quality, as well as its individuality. Organoleptic characteristics of base wines show that this technique allows diversifying of their flavor and aroma. The data obtained determine the prospects for further research focused on the selection of grape varieties, optimal inoculation scheme to mix cultures, and fermentation conditions affecting the output of metabolic products involved in the formation of wine quality.

Key words: grapes; yeast; base wine; fermentation; technological properties.

For citation: Magomedova E.S., Abdullabekova D.A., Aliverdieva D.A., Magomedov G.G., Shelud'ko O.N., Yakuba Yu.F., Mitrofanova E.A. Joint fermentation of yeasts *Lachancea thermotolerans* and *Saccharomyces cerevisiae* – the effect on creating the components responsible for the quality of wines. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2024;26(2):183-189. EDN SSYEKJ (in Russian).

Введение

Анализ тенденций развития современного виноделия показывает, что большое внимание практически во всех винодельческих странах мира уделяется изучению и использованию автохтонных дрожжей, способных обеспечить индивидуальность получаемых вин. В большинстве случаев, особенно на крупных производствах, сусло инокулируют коммерческими штаммами *S. cerevisiae*, которые обеспечивают бесперебойную ферментацию и получение вина с определенными параметрами вкуса и аромата. При этом все чаще сообщается, что продукции, полученной с использованием этих штаммов, не хватает органолептических свойств, которые могут обеспечить автохтонные дрожжи, адаптированные к условиям определенного географического района. Полученные с их использованием региональные вина отличаются особыми характеристиками и типичностью вкуса [1-4]. Следовательно, выделение и оценка местных дрожжей является важным шагом на пути к поиску и использованию эффективных для виноделия штаммов.

В последнее время становится все более распространенной практика использования дрожжей *non-Saccharomyces*, большинство из которых раньше считалось нежелательными, вызывающими порчу вина. Однако результаты исследований, проведенных в последнее десятилетие, доказывают, что некоторые виды, такие как *Hanseniaspora uvarum*, *Pichia fermentans*, *Pichia kluyveri*, *Metschnikowia pulcherrima*, *Lachancea thermotolerans* *Torulaspora delbrueckii*, *Schizosaccharomyces pombe* и другие могут улучшать качество вина. Для их использования в виноделии важную роль играет правильный подбор штаммов, участие которых в ферментациях приносит положительные признаки [5-10].

На рынке биотехнологий появилось несколько коммерческих дрожжевых продуктов, не относящихся к сахаромецетам. В их числе дрожжи *L. thermotolerans*, наиболее часто используемые на промышленном уровне для подкисления слабокислых виноградных соков и получения более качественных вин [11]. В свете прогнозов глобального потепления климата, недостаток уровня органических кислот в винограде из теплых виноградных регионов, приводящий к получению низкокислотных виноматериалов, вызывает серьезную озабоченность. Для дрожжей *L. thermotolerans* характерна способность перерабатывать часть гексоз в молочную кислоту, формировать невысокую летучую кислотность за счет потребления уксусной кислоты. Это способствует снижению величины рН вина, гармонизирует его вкус, повышает стабильность [12-17]. Однако эти дрожжи, как и большинство других, не относящихся к роду *Saccharomyces*, обладают низкой способностью к алкогольной ферментации, поэтому для производства вин их лучше использовать в дополнение к основной рабочей культуре, устойчивой к спирту, способной завершить брожение. Ферментация вина с использованием смеси культур, становится новой тенденцией в виноделии.

Нами в течение нескольких лет проводятся эколого-таксономические исследования, направленные на изучение численности и состава дрожжевого населения, обитающего в условиях виноградников республики Дагестан. Одна из задач – выделение местных дрожжей, эффективных для виноделия. В результате многолетней работы изолированы дрожжи *S. cerevisiae*, а также самые популярные из несакхаромецетов *L. thermotolerans*.

Исследование способности чистых культур к продуцированию соединений, важных в формировании качества вина, позволило выделить штаммы, биотехнологический потенциал которых отвечает требованиям, предъявляемым к стартовым культурам при производстве сухих и десертных вин из местных и интродуцированных сортов винограда [18].

Цель настоящей работы – выявить влияние аборигенных дрожжей *L. thermotolerans*, участвующих в совместной с сахаромецетами ферментации, на показатели качества вина.

Изучение проводилось на основе выявления различий в характере брожения, компонентного состава опытных образцов, полученных на монокультуре *S. cerevisiae* и смеси дрожжей *L. thermotolerans* и *S. cerevisiae*.

Объект и методы исследования

Объект – дрожжи, выделенные из ампеоценозов Дагестана: *L. thermotolerans* – штамм 65-G изолирован методом прямого посева с ягод винограда сорта Бианка (пос. Шамхал; октябрь 2012 г.); *S. cerevisiae* – штамм №253, получен методом накопительных культур с ягод винограда сорта Траминер (пос. Кумторкала, окрестности бархана Сарыкум; сентябрь 2001 г.); опытные образцы вин, полученные из винограда Ркацител (урожай 2022 г.), выращенного на опытной станции «Гоганская» филиал ФГБНУ СКФНЦБВ, Магарамкентского района Дагестана.

Для видовой идентификации штаммов использовали метод анализа нуклеотидных последовательностей D1/D2 доменов региона 26S (LSU) рДНК. Для амплификации интересующего нас региона рДНК использовали праймеры ITS1f (5'-CTT GGT CAT TTA GAG GAA GTA) и NL4 (5'-GGT CCG TGT TTC AAG ACG G). Секвенирование амплифицированного региона производили в научно – производственной компании «Синтол» (Москва). Видовая идентификация осуществлялась сравнением полученных нуклеотидных последовательностей с данными, размещенными в генбанке NCBI (ncbi.nlm.nih.gov) и в базе данных MycoID (www.mycobank.org).

Штаммы хранятся в коллекции лаборатории биохимии и биотехнологии Прикаспийского института биоресурсов, а также в коллекции дрожжей кафедры биологии почв факультета почвоведения МГУ. Штамм №65-G депонирован во Всероссийскую коллекцию микроорганизмов ИБФМ им. Г.К. Скрыбина – регистрационный номер ВКМ Y-3573D. Для сульфитации сусла использовали разрешенный

ГОСТом Р54956-2012 кадифит – пиросульфит калия ($K_2S_2O_5$) в количестве, обеспечивающем концентрацию диоксида серы в интервале 50-100 мг/дм³.

При проведении экспериментальных исследований, в том числе изучения компонентного состава винограда и опытных образцов вин, применяли классические методы, используемые в технологии виноделия, описанные в специальной литературе, и регламентированные ГОСТами (32095-2013, 13192-73, 32114-2013, 32001-2012, 32115-2013, Р52841-2007) [19].

Результаты и обсуждение

В работе представлены результаты исследования состава вин, полученных с использованием штамма *S. cerevisiae* в монокультуре и в смеси с *L. thermotolerans* по схеме, предусматривающей последовательную инокуляцию разводки дрожжей 65-G и №253. Для получения опытных образцов было выбрано сусло из сорта Ркацители, занимающего максимальные площади посадок среди технических сортов винограда в Дагестане. Этот сорт был задействован в исследованиях по влиянию физиологически активных веществ (ФАС) – аналогов фитогормонов, на виноградное растение, проводимых в республике. На этой основе разработана комбинированная технология применения ФАС, которая позволяет при минимальных затратах материальных и трудовых ресурсов повысить устойчивость винограда к стрессорам (в первую очередь, к филлоксеру), продуктивность и качество урожая корнесобственных насаждений культуры, увеличивать содержание массовой концентрации сахаров и долю бессемянных ягод в грозди [20].

Сусло, используемое в эксперименте, было получено из Ркацители, обработанного физиологически активными веществами, на этапе органогенеза и к моменту технической зрелости имело повышенную массовую концентрацию сахаров – 220,0 г/дм³ и невысокую массовую концентрацию титруемых кислот – 5,4 г/дм³ – кондиции, представляющие интерес для исследования потенциальных биотехнологических возможностей штамма дрожжей *L. thermotolerans*, в том числе его способность к усвоению сахаров и трансформации кислот.

Переработка винограда проводилась в условиях микровинификации по следующей схеме: сусло разливали в емкости (баллоны ёмкостью 3 л), в первом варианте ферментацию проводили на монокультуре сахаромецетов №253 (образец 1), во втором – на чистой культуре несакхаромецетных дрожжей 65-G. После усвоения последними 60,0 г/дм³ сахаров в емкость с бродящим суслом вводили активную разводку культуры №253 (образец 2). В обоих вариантах брожение проходило при $t = 22-23^\circ\text{C}$. После его естественной остановки во втором образце оба виноматериала одновременно снимали с дрожжевого осадка путем декантации. Разводки вводили в количестве 3 % от объема сусла, брожение в обоих вариантах наступало через сутки. В первом варианте наблюдали наличие высокой пены, состоящей из крупных пузырьков, во втором визуально брожение было менее бурным, на поверхности образовался ровный слой сравнительно

Таблица 1. Физико-химический состав опытных образцов

Table 1. Physicochemical composition of experimental samples

Показатели	Образец №1 (штамм №253)	Образец №2 (штамм 65-G+№253)
Объемная доля спирта, %	12,0	11,6
Массовая концентрация:		
сахаров, г/ дм ³	7,8	13,7
титруемых кислот, г/дм ³	5,5	9,6
летучих кислот, г/дм ³	0,7	0,5
диоксида серы, мг/дм ³	44,0	28,0
фенольных соединений, мг/дм ³	225,0	245,0
Приведенный экстракт, г/дм ³	16,6	17,8
pH	3,0	2,9

невысокой пены, состоящей из практически одинаковых мелких пузырьков. При этом энергия брожения дрожжей *L. thermotolerans* была сравнима с сахаромецетами и уступала им незначительно. Следует отметить, что активность несакхаромецетных дрожжей в начале брожения сусла считается решающей для конечного ароматического профиля вина, поскольку они участвуют в различных метаболических реакциях с образованием широкого спектра летучих и нелетучих органических соединений [21]. В табл. 1 приведены результаты исследования физико-химического состава опытных виноматериалов. Максимальное количество усвоенных сахаров, отмеченное в образце, где штамм №253 был использован в монокультуре, составило 212,2 г/дм³. Меньшее количество сброженных сахаров и сравнительно низкий уровень содержания этанола наблюдали в образце, полученном на смеси культур двух видов дрожжей 65-G + №253. Возможно, это обусловлено тем, что сахаромецеты (штамм №253), характеризующиеся более высокой активностью, внесены в бродящее сусло, содержащее спирт. Кроме того, при совместной ферментации эти дрожжи могут влиять как на кинетику роста, так и на метаболизм сахаромецетов.

Значительное увеличение титруемых кислот, отмечаемое во втором варианте, может быть связано с образованием молочной кислоты. Способность к её активному продуцированию дрожжами *L. thermotolerans* является метаболической особенностью, возникшей в результате эволюции, обусловленной влиянием окружающей среды и одомашниванием [22, 23].

Исследователи отмечают, что при использовании дрожжей *L. thermotolerans* содержание молочной кислоты в винах может значительно варьировать и находиться в пределах от 0,3 до 9,6 г/дм³, в зависимости от штамма или условий эксперимента [24, 25].

Согласно полученным нами данным, исследуемый штамм 65-G проявил характерную для дрожжей это-

Таблица 2. Состав органических кислот, в опытных виноматериалах, г/дм³

Table 2. Composition of organic acids in experimental base wines, g/dm³

Наименование кислоты	Образец №1 (штамм №253)	Образец №2 (штамм 65-G + №253)
Щавелевая	0,1	0,1
Винная	3,8	3,8
Яблочная	1,3	0,9
Янтарная	0,9	1,2
Лимонная	0,4	0,3
Уксусная	0,5	0,5
Молочная	0,1	4,6
Всего	7,1	11,4

го вида способность к активному продуцированию молочной кислоты (табл. 2).

Известно, что кислоты оказывают огромное влияние на вкус вина, их содержание влияет на жизнедеятельность дрожжей при ферментации, препятствует микробиологическому заражению и замедляет его окисление. Компонентный состав этих соединений может служить критерием фальсификации вин [26-28].

Результаты наших исследований, представленные в табл. 2, показали, что виноматериал, полученный на смеси культур, отличался меньшим содержанием яблочной кислоты, что является положительным фактором в технологии сухих вин. Она придаёт наиболее ощутимую кислотность, оказывая более сильное влияние на рецепторы, а также может являться причиной нежелательного возникновения молочнокислого брожения. Сравнительно повышенная концентрация антиоксиданта – янтарной кислоты во втором образце, достигнутая, возможно, благодаря участию в ферментации штамма 65-G, позволяет предположить, что он относится к группе янтарогенных дрожжей.

Известно, что определенную роль в формировании важных свойств винодельческой продукции играют витамины и фенольные соединения, в состав которых входят фенолкарбоновые кислоты. Некоторые из них обладают выраженным антисептическим и антиоксидантным действием, участвуют в сложении вкуса винопродукции [29]. Витамины, присутствующие в вине, поступают в него из винограда, в процессе ферментации значительная часть их аккумулируется дрожжами, поэтому молодое вино обеднено витаминами. По мере выдержки вина и автолиза дрожжевых клеток они постепенно освобождаются и снова поступают в него. В табл. 3 представлено содержание витаминов и фенолкарбоновых кислот в исследуемых образцах вин.

Сопоставление результатов, полученных при определении витаминов и фенолкарбоновых кислот в опытных виноматериалах, показывает, что большая концентрация аскорбиновой, хлорогеновой,

Таблица 3. Концентрация компонентов, обладающих антиоксидантной активностью, мг/дм³

Table 3. Concentration of components with antioxidant activity, mg/dm³

Наименование кислоты	Образец №1 (штамм №253)	Образец №2 (штамм 65-G + №253)
Аскорбиновая	13,2	4,9
Никотиновая	1,2	2,4
Хлорогеновая	18,5	2,8
Оротовая	4,2	0,7
Кофейная	10,2	2,3
Галловая	1,3	2,2
Всего	48,6	15,3

оротовой и кофейной кислот содержится в образце, полученном на штамме №253, а никотиновой и галловой кислотой богаче образцы, полученные на смеси штаммов №253 и 65-G. Концентрация витаминов и фенолкарбоновых кислот, содержащихся в виноматериалах, способна обеспечить небольшой процент суточной потребности в них человека. При этом присутствие в вине спирта, фенольных и минеральных веществ может усиливать действие витаминоподобных веществ вина на организм человека [30]. Обнаруженная разница в суммарном содержании определяемых компонентов может быть обусловлена особенностями метаболизма дрожжей двух видов и их численностью.

Важную роль в формировании органолептической оценки вин, их ароматического профиля играют образующиеся в процессе брожения разнообразные летучие компоненты, среди которых преобладают спирты, летучие кислоты, эфиры и альдегиды. Полученные нами данные по содержанию этих соединений, представлены в табл. 4.

Прежде всего, следует отметить, что образцы отличались содержанием ацетальдегида, который является маркером процесса окисления. По величине этого показателя можно судить о склонности виноматериалов к окислению. В образцах обнаружено по два этиловых эфира жирных кислот – этилацетат и этиллактат, метилацетат и этилацетат – в первом и втором соответственно. Содержание этилацетата во втором образце почти в 2 раза выше и закономерно превалирует по отношению к метилацетату.

Среди высших спиртов наибольшие различия составляли 1-пропанол и 1-бутанол, при этом концентрации основного представителя – изоамилола, на который приходится их основная доля, была примерно на одном уровне. Значения этих показателей отражают биосинтетические свойства штаммов по способности к трансформации азотсодержащих соединений сусла, в том числе аминокислот.

Из ароматических спиртов в первом образце об-

Таблица 4. Состав ароматических компонентов в опытных образцах вин**Table 4.** Composition of aromatic components in experimental wine samples

Группа	Компонент	Концентрация, мг/дм ³	
		образец 1 (штамм № 253)	образец 2 (штамм 65-G + №253)
	ацетальдегид	19,9	28,2
	метанол, % об.	0,004	0,004
	гексанол	6,2	–
	фурфурол	1,9	–
Сложные эфиры	метилацетат	–	1,1
	этилацетат	32,8	60,8
	этиллактат	0,5	–
сложные эфиры, Σ		33,3	61,9
Сивушное масло	1-пропанол	7,2	25,2
	изобутанол	24,3	19,9
	1-бутанол	0,6	6,1
	изоамилол	128,5	125,5
сивушное масло, Σ		160,7	176,7
Летучие кислоты	пропионовая кислота	33,8	32,4
	изомасляная кислота	0,9	2,8
летучие кислоты, Σ		34,7	35,2
Ароматический спирт	фенилалкоголь	24,0	22,1

наружено 2 компонента – фенилалкоголь и фурфурол, во втором образце – только фенилалкоголь. Образование этого вещества в винах обусловлено способностью ферментов дрожжей синтезировать его из соответствующей аминокислоты фенилаланина. Содержание фенилалкоголя, облагораживающего аромат вин, придающего ему оттенки чайной розы и меда, в первом образце было незначительно выше.

Изучение отдельных свойств дрожжей *L. thermotolerans* (штамм 65-G), имеющих важное технологическое значение, показало возможность их использования в дополнение к основной рабочей культуре *S. cerevisiae* (штамм №253). Результаты дегустации, проведенной через четыре месяца после окончания брожения, показали, что участие этих дрожжей в совместной ферментации позволяет разнообразить вкус и аромат виноматериалов, получаемых из сорта Ркацители. Образец, полученный на монокультуре сахаромицетов, имел светло-соломенный цвет, сортовой аромат, с цветочными, растительными и сливочными тонами, оттенками полевых трав, полный гармоничный вкус. Виноматериал, полученный на смеси дрожжей, характеризовался светло-соломенным цветом, винным, с тонами леденцов и оттенками яблок ароматом, свежим, мягким вкусом с легким дрожжевым тоном.

По данным экспериментальных исследований, проведенных нами ранее на других сортах, было показано, что использование при винификации штамма 65-G, как в монокультуре, так и в композиции с сахаромицетами, выделенными из ампелоценозов Дагестана в качестве стартовых культур, способствует получению сухих и десертных вин, имеющих хорошую органолептическую характеристику [18].

Выводы

Данные, полученные в настоящем исследовании, показали, что штамм дрожжей *L. thermotolerans* 65-G, участвуя в совместной последовательной ферментации с дрожжами *S. cerevisiae* (штамм №253), повлиял на состав компонентов, ответственных за формирование вкуса-ароматического профиля опытного вина, полученного из сорта Ркацители. Органолептическая характеристика показала, что этот прием позволяет сообщить ему новые оттенки аромата и мягкость вкуса, обусловленного повышенным содержанием молочной кислоты. Дрожжи, выделенные с виноградников Дагестана, представляют интерес для дальнейшего изучения с целью выявления возможностей их использования в виноделии.

Источник финансирования

Не указан.

Financing source

Not specified.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы / References

- Grieco F., Tristezza M., Vetrano C., Blevex G., Panico E., Grieco F., Mita G., Logrieco A. Exploitation of autochthonous micro-organism potential to enhance the quality of Apulian wines. *Annals of Microbiology*. 2011;61(1):67-73. DOI 10.1007/s13213-010-0091-7.
- Агеева Н.М., Марковский М.Г., Прах А.В., Насонов А.И., Супрун И.И. Влияние дрожжей-сахаромицетов, выделенных из спонтанной микрофлоры винограда, на химический состав красного столового вина // *Известия вузов. Пищевая технология*. 2017;2-3:23-28.
Ageeva N.M., Markovskiy M.G., Prakh A.V., Nasonov A.I., Suprun I.I. Influence of the yeast-saccharomyces isolated from the spontaneous microflora of grapes on the chemical composition of red table wine. *Izvestiya Vuzov. Food Technology*. 2017;2-3:23-28 (in Russian).
- Кишковская С.А., Танашук Т.Н., Шаламитский М.Ю., Загоруйко В.И., Ширяев М.И., Авданина Д.А., Эльдаров М.А., Равин Н.В., Марданов А.В. Природные штаммы дрожжей *S. cerevisiae*, перспективные для вин типа Херес // *Прикладная биохимия и микробиология*. 2020;56(3):275-282. DOI 10.31857/S055510992003006X.
Kishkovskaya S.A., Tanashchuk T.N., Shalamitskiy M.Yu., Zagoruiko V.I., Shiryaev M.I., Avdanina D.A., Eldarov

- M.A., Ravin N.V., Mardanov A.V. Natural yeast strains of *S. cerevisiae* that are promising for sherry production. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2020;56(3):275-282. DOI 10.31857/S055510992003006X (in Russian).
4. Capozzi V., Garofalo C., Chiriatti M.A., Grieco F., Spano G. Microbial terroir and food innovation: The case of yeast biodiversity in wine. *Microbiological Research*. 2015; 181(4):75–83. DOI 10.1016/j.micres.2015.10.005.
 5. Chalvantzi I., Banilas G., Tassou Ch., Nisiotou A. Biogeographical regionalization of wine yeast communities in Greece and environmental drivers of species distribution at a local scale. *Frontiers in Microbiology*. 2021;12:112-132. DOI 10.3389/fmicb.2021.705001.
 6. Varela C.B., Borneman A.R. Yeasts found in vineyards and wineries. *Yeast*. 2016;34(3):111-128. DOI 10.1002/yea.3219.
 7. Sotolar R., Lampir L. Effect of yeasts on aromatic profiles of wines from 'cabernet' grapevine cultivars. *Kvasny Prumysl*. 2017;63(3):139-147. DOI 10.18832/kp201717.
 8. Ciani M., Comitini F., Mannazzu I., Domizio P. Controlled mixed culture fermentation: a new perspective on the use of non-*Saccharomyces* yeasts in winemaking. *FEMS Yeast Research*. 2010;10(2):123–133. DOI 10.1111/j.1567-1364.2009.00579.x.
 9. Nisiotou A., Mallouchos A., Tassou Ch., Banilas G. Indigenous yeast interactions in dual-starter fermentations may improve the varietal expression of moschofilero wine. *Frontiers in Microbiology*. 2019;10:1-14. DOI 10.3389/fmicb.2019.01712.
 10. Graham H., Fleet G.H. Wine yeast for the future. *FEMS Yeast Research*. 2008;8(7):979-995. DOI 10.1111/j.1567-1364.2008.00427.x.
 11. Benito S. The impacts of *Lachancea thermotolerans* yeast strains on winemaking. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2018;102(16):6775-6790. DOI 10.1007/s00253-018-9117-z.
 12. Balikci E.K., Tanguler H., Jolly N.P., Erten H. Influence of *Lachancea thermotolerans* on cv. Emir wine fermentation. *Yeast*. 2016;33(7):313-321. DOI 10.1002/yea.3166.
 13. Benito S. The impacts of *Lachancea thermotolerans* yeast strains on winemaking. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2018;102:6775-6790. DOI 10.1007/s00253-018-9117-z.
 14. Benito Á., Calderón F., Palomero F., Benito S. Quality and composition of Airén wines fermented by sequential inoculation of *Lachancea thermotolerans* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Technology and Biotechnology*. 2016;54(2):135-144. DOI 10.17113/ft b.54.02.16.4220.
 15. Morata A., Loira I., Tesfaye W., Bañuelos M., Gonzalez C., Lepe J. *Lachancea thermotolerans* applications in wine technology. *Fermentation*. 2018;4(53):1-12. DOI 10.3390/fermentation4030053.
 16. Blanco P., Rabuñal E., Neira N., Castrillo D. Dynamic of *Lachancea thermotolerans* population in monoculture and mixed fermentations: impact on wine characteristics. *Beverages*. 2020;6(36):1-20. DOI 10.3390/beverages6020036.
 17. Peskova I., Tanashchuk T., Ostroukhova E., Slastya E., Levchenko S., Lutkova N. Prospects of using *Lachancea thermotolerans* yeast in winemaking. *E3S Web of Conferences*. 2021;247:1-5. DOI 10.1051/e3sconf/202124701012.
 18. Абдуллабекова Д.А., Магомедова Е.С., Магомедов Г.Г., Качалкин А.В. Перспективы использования дрожжей *Lachancea thermotolerans* из ампелоценозов Дагестана в производстве вин // Известия вузов. Пищевая технология. 2023;5-6:125–131. Abdullabekova D.A., Magomedova E.S., Magomedov G.G., Kachalkin A.V. Prospects for the use of yeast *Lachancea thermotolerans* from ampeloceneses of Dagestan in wine production. *Izvestiya Vuzov. Food Technology*. 2023;5-6:125-131 (in Russian).
 19. Методы технокимического контроля в виноделии / Под ред. Гержиковой В.Г. Симферополь: Таврида. 2009:1-304. Methods of technochemical control in winemaking. Edited by Gerzhikova V.G. 2-nd edition. Simferopol: Tavrida. 2009:1-304 (in Russian).
 20. Казахмедов Р.Э. Модели повышения устойчивости к филлоксеру и качества винограда методом гормональной регуляции // Агрехимия. 2021;8:27-42. Kazakhmedov R.E. Models of increasing resistance to the phylloxera and grape quality method of hormonal regulation. *Agricultural Chemistry*. 2021;8:27-42 (in Russian).
 21. Godoy L., Acuña-Fontecilla A., Catrileo D. Formation of aromatic and flavor compounds in wine: a perspective of positive and negative contributions of non-*Saccharomyces* yeasts. *Biochemistry of Winemaking, Wine Stabilization and Aging*. 2020. DOI 10.5772/intechopen.92562.
 22. Vicente J., Navascués E., Calderón F., Santos A., Marquina D., Benito S. An integrative view of the role of *Lachancea thermotolerans* in wine technology. *Foods*. 2021;10(11):1-26. DOI 10.3390/foods10112878.
 23. Hranilovic A., Bely M., Masneuf-Pomarède I., Jiranek V., Albertin W. The evolution of *Lachancea thermotolerans* is driven by geographical determination, anthropisation and flux between different ecosystems. *PLOS ONE*. 2017;12:e0184652. DOI 10.1371/journal.pone.0184652.
 24. Kapsopoulou K., Kapaklis A., Spyropoulos H. Growth and fermentation characteristics of a strain of the wine yeast *Kluveromyces thermotolerans* isolated in Greece. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2005;21:1599-1602. DOI 10.1007/s11274-005-8220-3.
 25. Ponsone M.L., Nally M.C., Chiotta M.L., Combina M., Köhl J., Chulze S.N. Evaluation of the effectiveness of potential biocontrol yeasts against black sur rot and ochratoxin A occurring under greenhouse and field grape production conditions. *Biological Control*. 2016;103:78–85. DOI 10.1016/j.biocontrol.2016.07.012.
 26. Якуба Ю.Ф., Каунова А.А., Темердашев З.А., Титаренко В.О., Халафян А.А. Виноградные вина, проблемы оценки их качества и региональной принадлежности // Аналитика и контроль. 2014;18(4):344-365. Yakuba Yu.F., Kaunova A.A., Temerdashev Z.A., Titarenko V.O., Halafjan A.A. Grape wines, problems with the evaluation of their quality and regional origin. *Analytics and Control*. 2014;18(4):344-365 (in Russian).
 27. Остроухова Е.В., Пескова И.В., Сони́на Е.Г., Верик Г.Н. Исследование органолептических особенностей и физико-химических свойств красных крепленых вин // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2010;2:20-22. Ostroukhova E.V., Peskova I.V., Sonina E.G., Verik G.N. A study of the sensory peculiarities and physicochemical properties of red fortified wines. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2010;2:20-22 (in Russian).
 28. Шелудько О.Н., Гугучкина Т.И., Стрижов Н.К. Особенности качественного состава кислот столовых виноматериалов из красных сортов винограда Каберне АЗОС и Красностоп АЗОС // Русский виноград. 2016;3:194-199. Shelud'ko O.N., Guguchkina T.I., Strizhov N.K. Features of qualitative acids' composition of table wine made from red grape variety Cabernet AZOS and Krasnostop AZOS. *Russian Grapes*. 2016;3:194-199 (in Russian).
 29. Агеева Н.М., Гублия Р.В., Музыченко Г.Ф., Бурлака С.Д. Влияние хлорогеновой кислоты на антиоксидантные свойства красных вин // Известия вузов. Пищевая технология. 2024;26-2

щевая технология. 2011;2-3:29-30.

Ageeva N.M., Gubliya R.V., Muzychenko G.F., Burlaka S.D. Influence of chlorogenic acid to antioxidant properties of red wines. *Izvestiya Vuzov. Food Technology*. 2011;2-3:29-30 (*in Russian*).

30. Kiokias S., Proestos C., Oreopoulou V. Phenolic acids of plant origin—a review on their antioxidant activity in vitro (O/W Emulsion Systems) along with their in vivo health biochemical properties. *Foods*. 2020;9:1-11. DOI 10.3390/foods9040534.

Информация об авторах

Елена Селимовна Магомедова, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаборатории биохимии и биотехнологии; e-мэйл: milena2760@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6241-563x>;

Динаханум Абиляевна Абдуллабекова, канд. техн. наук, ст. науч. сотр. лаборатории биохимии и биотехнологии; e-мэйл: dina2407@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9245-4551>;

Динара Алиевна Аливердиева, канд. биол. наук, вед. науч. сотр. лаборатории биохимии и биотехнологии; e-мэйл: aliverdieva_d@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8489-4958>;

Гаджи Гасайникадиевич Магомедов, мл. науч. сотр. лаборатории биохимии и биотехнологии; e-мэйл: magas1951@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8489-4958>;

Ольга Николаевна Шелудько, д-р техн. наук, доцент, зав. НЦ «Виноделие»; e-мэйл: scheludcko.olga@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8655-3375>;

Юрий Федорович Якуба, д-р хим. наук, доцент, зав. информационно-аналитической лабораторией; e-мэйл: Ckp346166@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2711-2419>;

Екатерина Александровна Митрофанова, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. НЦ «Виноделие»; e-мэйл: skripka58@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6647-1062>.

Information about authors

Elena S. Magomedova, Cand. Biol. Sci., Senior Staff Scientist, Laboratory of Biochemistry and Biotechnology; e-mail: milena2760@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6241-563x>;

Dinakhanum A. Abdullabekova, Cand. Tech. Sci., Senior Staff Scientist, Laboratory of Biochemistry and Biotechnology; e-mail: dina2407@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9245-4551>;

Dinara A. Aliverdieva, Cand. Biol. Sci., Leading Staff Scientist, Laboratory of Biochemistry and Biotechnology; e-mail: aliverdieva_d@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8489-4958>;

Gadzhi G. Magomedov, Junior Staff Scientist, Laboratory of Biochemistry and Biotechnology; e-mail: magas1951@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8489-4958>;

Olga N. Shelud'ko, Dr. Tech. Sci., Assistant Professor, Head of SC Winemaking; e-mail: scheludcko.olga@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8655-3375>;

Yury F. Yakuba, Dr. Chem. Sci., Assistant Professor, Head of the Information and Analytical Laboratory; e-mail: Ckp346166@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2711-2419>;

Ekaterina A. Mitrofanova, Cand. Agric. Sci., Senior Staff Scientist, SC Winemaking; e-mail: skripka58@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6647-1062>.

Статья поступила в редакцию 13.05.2024, одобрена после рецензии 20.05.2024, принята к публикации 20.05.2024.