

Апробация дрожжей несакхаромицетов ампелоценозов Крыма в виноделии

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

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

[✉]karina.semenova.2013@mail.ru

Аннотация. Ключевую роль в производстве вина играют микроорганизмы, которые обитают на виноградной ягоде и инициируют процесс брожения. Обычно этот процесс осуществляется за счёт чистых культур дрожжей сахаромицетов, которые позволяют полноценно сбродить сусло и получить требуемый результат. Однако на сегодняшний день современное виноделие сталкивается с рядом проблем, которые вызваны изменением климата и потребностью в новых, уникальных и качественных винах. Поэтому требуются новые подходы решения этих проблем, одним из которых является рациональное использование биопотенциала микроорганизмов. Дрожжи, которые не относятся к роду *Saccharomyces*, в технологии производства вина долгое время считались нежелательными, однако сейчас многие исследования указывают на большой потенциал для их использования за счёт различных продуктов метаболизма, которые они синтезируют. В современной мировой винодельческой практике популярно использование дрожжей несакхаромицетов, как в виде чистых культур, так и совместно с дрожжами сахаромицетами. Управление брожением с использованием консорциума разных видов дрожжей сложнее, чем при одновидовом, поэтому целью настоящей работы являлось изучение потенциала использования дрожжей несакхаромицетов при совместной работе с штаммами дрожжей вида *Saccharomyces cerevisiae*, их влияние на качество и органолептические характеристики виноматериалов, выработанных в условиях микровиноделия. В результате проведенных исследований установлено, что коинокуляция дрожжей несакхаромицетов, выделенных с ампелоценозов Крыма, с сахаромицетами может применяться для регулирования физико-химических показателей: снижения остаточных сахаров за счёт потребления фруктозы, снижения летучих кислот, повышения и понижения кислотности, а также положительно влиять на органолептический профиль вина.

Ключевые слова: виноград; виноматериалы; *Saccharomyces*; non-*Saccharomyces*; коинокуляция; микровиноделие.

Для цитирования: Семенова К.А., Шаламитский М.Ю., Луткова Н.Ю., Загоруйко В.И. Апробация дрожжей несакхаромицетов ампелоценозов Крыма в виноделии // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2024;26(4):403-407. EDN УНОВПУ.

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

Practical testing of non-*Saccharomyces* yeast of Crimean ampeloceneses in winemaking

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

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

[✉]karina.semenova.2013@mail.ru

Abstract. Microorganisms that inhabit grapes and initiate fermentation process play a key role in wine production. This process is usually carried out using pure cultures of *Saccharomyces* yeast, allowing complete must fermentation and obtaining the result desired. However, today, modern winemaking is facing with a number of problems caused by climate change and a demand for new, unique and high-quality wines. Therefore, new approaches to solving these problems are required, one of which is the rational use of biological potential of microorganisms. Yeasts that do not belong to the genus *Saccharomyces* in wine production technology have been considered undesirable for a long time, but now many studies indicate great potential for their use due to various metabolic products that they synthesize. In modern international winemaking practice, the use of non-*Saccharomyces* yeast is popular, both as pure cultures and together with *Saccharomyces* yeast. Fermentation control using a consortium of different yeast species is rather more complex than with a single-species one, so the aim of this work was to study the potential of using non-*Saccharomyces* yeast in combination with *Saccharomyces cerevisiae* yeast strains, and the effect on the quality and organoleptic characteristics of wine materials produced under microwinemaking conditions. As a result of the studies conducted, it was established that coinoculation of non-*Saccharomyces* yeast isolated from Crimean ampeloceneses with *Saccharomyces* cultures can be used to regulate such physicochemical parameters as reducing residual sugars due to fructose consumption, reducing volatile acids, increasing and decreasing acidity, and will also have a positive effect on the organoleptic profile of wines.

Key words: grapes; wine materials; *Saccharomyces*; non-*Saccharomyces*; coinoculation; microwinemaking.

For citation: Semenova K.A., Shalamitskiy M.Yu., Lutkova N. Yu., Zagoruiko V.I. Practical testing of non-*Saccharomyces* yeast of Crimean ampeloceneses in winemaking. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2024;26(4):403-407. EDN УНОВПУ (in Russian).

Введение

Многочисленные исследования последних десятилетий указывают на огромный потенциал для использования в процессе брожения дрожжей несакхаромицетов за счёт различных продуктов метаболизма, которые они синтезируют [1–4]. Благодаря им можно формировать более сложный сенсорный профиль вина, регулировать кислотность, снижать кон-

центрацию этилового спирта, использовать как биозащиту от нежелательных микроорганизмов и многое другое [3, 5]. В последние годы также существуют исследования отечественных авторов, направленные на изучение этих свойств и их влияние на качество вин [6]. Несколько коммерческих штаммов дрожжей non-*Saccharomyces* при смешанной ферментации с *Saccharomyces cerevisiae* показали, что существует возможность увеличения вклада метаболитов, представляющих интерес для виноделия, таких как глицерин, эфиры, высшие спирты, кислоты, тиолы, терпены, в

дополнение к снижению производства уксусной кислоты, летучих фенолов, биогенных аминов или мочевины [7].

Однако у большинства видов несакхаромицетов низкая бродильная способность, из-за чего необходимо использовать их совместно с сахаромицетами, чтобы полностью завершить процесс брожения [5, 8]. Дрожжи поп-*Saccharomyces* включают в себя различные роды, такие как *Hanseniaspora*, *Issatchenkia*, *Pichia*, *Schizosaccharomyces*, *Brettanomyces*, *Zygosaccharomyces*, *Kluveromyces*, *Candida*, *Torulaspora* и др. Эти дрожжи могут расти анаэробно или аэробно и могут сохраняться во время брожения, конкурируя с *Saccharomyces* за питательные вещества и продуцируя вторичные соединения или изменяя метаболизм *S. cerevisiae* [9]. Управлять брожением с разнородными культурами сложнее, чем с одновидовыми, поскольку использовать мультистартерные культуры дрожжей нужно в более определенных условиях. При разработке новых технологий брожения с использованием различных видов дрожжей нужно контролировать процесс как при совместном, так и при последовательном их использовании [1, 10]. Работы в данном направлении мало изучены и требуют более углубленного исследования.

В связи с этим целью настоящей работы являлось изучение потенциала использования дрожжей несакхаромицетов, выделенных из насаждений виноградников Крыма, при совместной работе с штаммами дрожжей вида *Saccharomyces cerevisiae*, их влияние на качество и органолептические характеристики виноматериалов, выработанных в условиях микровиноделия.

Объекты и методы исследований

Для испытаний в условиях микровиноделия в сезон 2023 г. были подготовлены мультистартовые разведения дрожжей поп-*Saccharomyces* и *Saccharomyces*. Из поп-*Saccharomyces*: *Zygosaccharomyces bailii*, 2 штамма *Metschnikowia pulcherrima* и *Issatchenkia terricola*, выделенные с различных зон виноградников Крыма и идентифицированные в ранее проведенных исследованиях [11], *Lachancea thermotolerans*, *Torulaspora delbrueckii* и *Starterella bacillaris*, из рабочей коллекции микроорганизмов виноделия «Магарач», а также 2 штамма дрожжей *Saccharomyces* Ркацители-6 (I-118) и Каберне 5 (I-25) из коллекции микроорганизмов виноделия «Магарач» [12]. Виноматериалы выработаны в условиях микровиноделия из сортов винограда Ркацители и Каберне Совиньон, произрастающего в Предгорном опытном хозяйстве института «Магарач» в Бахчисарайском районе Республики Крым. Виноград соответствовал технической зрелости и требованиям, предъявляемым к винограду, предназначенному для промышленной переработки (табл. 1).

Процесс брожения проводили при одновременной инокуляции двухсуточных развонок чистых культур дрожжей поп-*Saccharomyces* и *Saccharomyces* в активном состоянии и соотношении клеток 1:1 [13].

Получение белых виноматериалов проводили по следующей технологической схеме: дробление белого сорта винограда Ркацители с гребнеотделением → прессование мезги → сульфитация сусла из расчёта

Таблица 1. Физико-химическая характеристика винограда

Table 1. Physicochemical characteristics of grapes

Сорт винограда	Массовая концентрация, г/дм ³		рН
	сахаров	титруемых кислот	
Каберне Совиньон	239	8,32	3,24
Ркацители	194	5,97	3,37

100 мг/дм³ диоксида серы → отстаивание сусла в течение 18 часов при температуре 15±1 °С → декантация сусла → внесение 2 % разводки консорциума дрожжей *S. cerevisiae* I-118 и одного из штаммов дрожжей поп-*Saccharomyces* в равных соотношениях → брожение при температуре 20±1 °С → снятие с дрожжевого осадка по завершению брожения → сульфитация из расчёта 75 мг/дм³ диоксида серы. Контролем служил виноматериал, полученный по вышеописанной технологии с использованием штамма дрожжей I-118.

Получение красных виноматериалов проводили по следующей технологической схеме: дробление красного сорта винограда Каберне Совиньон с гребнеотделением → сульфитация мезги из расчёта 100 мг/дм³ диоксида серы → распределение мезги по емкостям → внесение 2 % разводки консорциума дрожжей *S. cerevisiae* I-25 и одного из штаммов дрожжей поп-*Saccharomyces* в равных соотношениях → брожение при температуре 20±1 °С → прессование мезги → дображивание при температуре 20±1 °С → сульфитация из расчёта 75 мг/дм³ диоксида серы. Контролем служил виноматериал, полученный по вышеописанной технологии с использованием штамма дрожжей I-25. Эксперимент проводили в двух повторностях. По окончании брожения в полученных виноматериалах определяли физико-химические показатели по стандартизированным и общепринятым методам в виноделии [14]. Органолептическую оценку полученных образцов проводили согласно ГОСТ 32051-2013 «Продукция винодельческая. Методы органолептического анализа» по 10-балльной системе (по шкале оценки молодых виноматериалов – от 7,5 до 8,0 баллов). Микробиологический контроль осуществляли в соответствии с микробиологической инструкцией по контролю винодельческой продукции (ИК 970-1128-00334600-07).

Результаты и их обсуждение

Анализ полученных данных показал, что использование штаммов поп-*Saccharomyces* совместно со стартовой культурой *Saccharomyces* влияет на физико-химические показатели получаемых виноматериалов. Все образцы белых виноматериалов характеризовались повышенным содержанием остаточных сахаров, в контроле данный показатель составляет 32,0 г/дм³, образец с использованием одного из двух штаммов дрожжей вида *Metschnikowia pulcherrima* был на уровне с контролем – 35,2 г/дм³. Содержание массовой концентрации сахаров в образцах № 2, 4, 5, 6, 8 были в диапазоне от 15,3 до 25,8 г/дм³. Консорциум дрожжей в образце №3 сбродил сахара виноградного сусла до

7,3 г/дм³, что может быть связано с фруктозофильной активностью дрожжей вида *Starmerella bacillaris* (*Candida zemplinina*) [15].

В красных виноматериалах, выработанных с использованием дрожжей *M. pulcherrima* и *I. terricola*, остаточные сахара были выше 4 г/дм³ и, поскольку в контрольном образце их количество соответствует нормируемому показателю, можно предположить, что отдельные представители дрожжей данных видов при совместном культивировании с сахаромицетами могут тормозить процесс брожения. В случае с *M. pulcherrima* это может быть связано с особым пигментом пульхеримином, который обладает противогрибковой активностью [1, 16].

В полученных белых виноматериалах с использованием дрожжей несхаромицетов летучая кислотность ниже, чем в контрольных, а использование дрожжей вида *Zygosaccharomyces bailii* снизило этот показатель в 1,3 раза по сравнению с контролем, что подтверждается ранее проведенными исследованиями [17, 18]. Во всех красных виноматериалах использование дрожжей несхаромицетов также способствовало снижению содержания летучей кислотности, кроме дрожжей вида *Metschnikowia pulcherrima*, которые были наравне с контролем.

Результаты аналитического исследования виноматериалов по физико-химическим показателям представлены в таблице 2.

В белых виноматериалах массовая концентрация титруемых кислот была в диапазоне 6,8–7,3 г/дм³. Использование штаммов поп-*Saccharomyces* существенно не повлияло на этот показатель в сравнении с контролем. Во всех образцах красных виноматериалов, кроме *L. thermotolerans*, данный показатель повысился в диапазоне от 0,4 до 1,6 г/дм³. Наибольшее повышение титруемой кислотности у виноматериала с использованием дрожжей вида *I. terricola* – содержание массовой концентрации титруемых кислот увеличилось в 1,2 раза по сравнению с контролем.

Объемная доля этилового спирта в белых виноматериалах составляла от 11,7 до 12,5 % об.; в красных виноматериалах от 12,35 до 13,55 % об., что соответствует требованиям N 468-ФЗ. Во всех полученных образцах отмечается увеличение содержания этилового спирта по сравнению с контролем: в среднем в белых – на 0,3% об.; в красных – на 1,0 % об.

Дегустационная оценка полученных виноматериалов представлена в табл. 3. Все полученные опытные виноматериалы соответствовали требованиям нормативной документации (ГОСТ 32030-2013 «Вина столовые и виноматериалы столовые. Общие технические условия»), были прозрачные, светло-соломенного цвета, выработанные из сорта винограда Ркацител и темно-рубинового из сорта винограда Каберне Совиньон. Использование штаммов

Таблица 2. Физико-химические показатели полученных виноматериалов

Table 2. Physicochemical parameters of the obtained wine materials

Вариант	Массовая концентрация, г/дм ³			Объемная доля спирта, %
	сахаров	летучих кислот	титруемых кислот	
Ркацител / I-118 (контроль)	32,0	1,10	7,0	11,7
Ркацител / I-118 + <i>Lachancea thermotolerans</i>	15,3	1,03	6,8	12,3
Ркацител / I-118 + <i>Starmerella bacillaris</i>	7,3	0,99	7,3	12,5
Ркацител / I-118 + <i>Zygosaccharomyces bailii</i>	25,0	0,86	6,9	11,9
Ркацител / I-118 + <i>Issatchenkia terricola</i>	25,8	1,02	7,1	11,8
Ркацител / I-118 + <i>Metschnikowia pulcherrima 1</i>	17,5	0,99	6,8	11,8
Ркацител / I-118 + <i>Metschnikowia pulcherrima 2</i>	35,2	0,99	6,9	11,9
Ркацител / I-118 + <i>Torulaspora delbrueckii</i>	23,7	1,06	7,2	12,0
Каберне Совиньон / I-25 (контроль)	2,5	0,79	6,7	12,4
Каберне Совиньон / I-25 + <i>Lachancea thermotolerans</i>	1,9	0,63	6,8	13,6
Каберне Совиньон / I-25 + <i>Starmerella bacillaris</i>	2,1	0,56	7,5	13,4
Каберне Совиньон / I-25 + <i>Zygosaccharomyces bailii</i>	2,9	0,73	7,1	13,6
Каберне Совиньон / I-25 + <i>Issatchenkia terricola</i>	4,8	0,63	8,3	12,9
Каберне Совиньон / I-25 + <i>Metschnikowia pulcherrima 1</i>	9,8	0,82	7,9	13,1
Каберне Совиньон / I-25 + <i>Metschnikowia pulcherrima 2</i>	5,3	0,79	7,8	13,5
Каберне Совиньон / I-25 + <i>Torulaspora delbrueckii</i>	2,5	0,56	7,7	13,5

Таблица 3. Дегустационная характеристика опытных виноматериалов

Table 3. Tasting characteristics of experimental wine materials

Образец виноматериала	Дегустационная характеристика	ДО
Ркацител / I-118 (контроль)	Аромат чистый, цветочный, с карамельными и минеральными оттенками. Вкус гармоничный, свежий, с лёгкой пикантной горчинкой	7,75
Ркацител / I-118 + <i>L. thermotolerans</i>	Аромат чистый, с нотами бисквита. Вкус мягкий, менее свежий	7,66
Ркацител / I-118 + <i>S. bacillaris</i>	Аромат чистый, цветочный, с леденцовыми нотами. Вкус свежий, чистый, мягкий, с легкой горчинкой	7,75
Ркацител / I-118 + <i>Z. bailii</i>	Аромат чистый, цветочный, с карамельными нотами. Вкус свежий, простой	7,64
Ркацител / I-118 + <i>I. terricola</i>	Аромат чистый, цветочно-фруктовый, с пряными нотками. Вкус чистый, пряный	7,74
Ркацител / I-118 + <i>M. pulcherrima 1</i>	Аромат чистый, цветочный, с медовыми нотками. Вкус чистый, полный, мягкий	7,70
Ркацител / I-118 + <i>M. pulcherrima 2</i>	Аромат приглушенный, не выраженный, с легкой задушкой. Вкус менее свежий, простой	7,5

Окончание таблицы 3

Образец виноматериала	Дегустационная характеристика	ДО
Ркацител / I-118 + <i>T. delbrueckii</i>	Аромат умеренный, цветочный, с фруктовыми нотами. Вкус свежий, мягкий, простой	7,66
Каберне Совиньон / I-25 (контроль)	Аромат чистый, ягодный, с нотами вишни и сафьяна. Вкус чистый, полный, танинный, с лёгкой горчинкой	7,79
Каберне Совиньон / I-25+ <i>L. thermotolerans</i>	Аромат чистый, ягодный, с нотами ежевики и паслёна. Вкус полный, танинный, с лёгкой горчинкой	7,71
Каберне Совиньон / I-25+ <i>S. bacillaris</i>	Аромат чистый, ягодный, с пряными нотами. Вкус чистый, свежий, тельный	7,71
Каберне Совиньон / I-25+ <i>Z. bailii</i>	Аромат чистый, ягодно-фруктовый, с нотами ежевики и паслёна. Вкус танинный, более строгий, с лёгкой горчинкой	7,71
Каберне Совиньон / I-25+ <i>I. terricola</i>	Аромат ягодный, с лёгкими травянистыми и пряными нотами. Вкус полный, тельный, с тонами вишневой косточки	7,77
Каберне Совиньон / I-25+ <i>M. pulcherrima 1</i>	Аромат умеренный, простой, с тонами ягод и тертой зелени. Вкус простой, с ягодными нотами	7,66
Каберне Совиньон / I-25+ <i>M. pulcherrima 2</i>	Аромат умеренный, с ягодными тонами. Вкус простой, танинный	7,65
Каберне Совиньон / I-25+ <i>T. delbrueckii</i>	Аромат ягодный, с нотами вишни и терна. Вкус чистый, терпкий, свежий	7,70

Примечание: ДО – дегустационная оценка

non-*Saccharomyces* способствовало изменению сенсорных характеристик в зависимости от применяемого штамма. Образцы виноматериалов, выработанные с использованием штаммов дрожжей *S. bacillaris* и *I. terricola* были оценены наравне с контролем: аромат белых виноматериалов характеризовался чистым, цветочным, с леденцовыми и пряными нотами, и свежим, чистым, мягким вкусом с легкой горчинкой; красный виноматериал характеризовался ягодным ароматом, с лёгкими травянистыми и пряными нотами и полным, тельным вкусом, с послевкусием вишневой косточки.

Образец с использованием одного из двух штаммов дрожжей *Metschnikowia pulcherrima* получил наименьшую оценку (7,5 балла), за невыраженный аромат и простой вкус. Изменение сенсорных характеристик при использовании совместной ферментации *I. terricola* и *S. cerevisiae* также описаны другими авторами [13].

Выводы

В результате проведенных исследований при коинкуляции дрожжей несахаромицетов, выделенных с ампелоценозов Крыма, с сахаромицетами установлено, что использование дрожжей *S. bacillaris* может значительно снизить количество остаточных сахаров в виноматериале (на 24,7 г/дм³) за счёт их фруктозофильной активности. Во всех опытных образцах виноматериалов отмечено снижение летучей кислотности (на 10-15%), кроме красных виноматериалов, выработанных с использованием дрожжей *M. pulcherrima*, в которых уровень показателя был наравне с контролем. Использование штаммов non-*Saccharomyces* существенно не повлияло на массовую концентрацию титруемых кислот в сравнении с контролем в белых

виноматериалах, а в красных виноматериалах данный показатель повысился (в среднем на 15%) у всех образцов по сравнению с контролем, кроме *L. thermotolerans*. Наибольшее увеличение титруемой кислотности выявлено в образце с использованием дрожжей вида *I. terricola* – данный показатель выше контроля на 24 %.

По результатам органолептического анализа все белые виноматериалы характеризовались чистым цветочным ароматом с фруктовыми и пряными нотами, леденцовыми, карамельными и медовыми, вкус чистый, мягкий, с лёгкой горчинкой. Все красные виноматериалы, характеризовались чистым ягодным ароматом с нотами ежевики, вишни, паслёна. Образцы, приготовленные с использованием дрожжей вида *M. pulcherrima*, имели простой вкус и приглушенную ароматику, в связи с этим требуются дополнительные исследования по их селекции и отработка технологических приёмов их использования.

Следует отметить, что при использовании штамма дрожжей *I. terricola* в ароматике белых и красных виноматериалов проявились пряные ноты, что, возможно, является особенностью дрожжей данного вида.

Результаты полученных данных свидетельствуют о возможности применения штаммов дрожжей non-*Saccharomyces* в консорциуме со стартовой культурой *Saccharomyces* для регулирования физико-химических показателей: снижение остаточных сахаров за счёт потребления фруктозы, снижение летучих кислот, повышение и понижение кислотности, а также положительно повлияет на органолептический профиль вина, и повысит его уникальность без потери качества получаемых виноматериалов.

Изменение способов задачи культур и отбор штаммов несахаромицетов по технологическим свойствам может расширить и улучшить данные показатели, поэтому исследование показало перспективность и необходимость проведения дальнейших работ в данном направлении.

Благодарности

Авторы выражают благодарность кандидату технических наук Танащук Т.Н. за неоценимую помощь и оказанные консультационные услуги для написания статьи.

Источник финансирования

Работа выполнена по договору № 2-12/48 при выполнении НИР по разработке и трансферу технологий в аграрном секторе в рамках развития инновационной сельскохозяйственной долины Агрополис", УИН 000000S407524RDQ0002.

Financing source

The work was carried out under the Agreement No. 2-12/48 as part of implementing the research project on the development and transfer of technologies in agricultural sector within the framework of development of the innovative agricultural valley Agropolis, UIC 000000S407524RDQ0002.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы / References

- Jolly N.P., Varela C., Pretorius I.S. Not your ordinary yeast: non-*Saccharomyces* yeasts in wine production uncovered. *FEMS Yeast Research*. 2014;14(2):215-37. DOI 10.1111/1567-1364.12111.
- Ciani M., Comitini F. Use of non-*Saccharomyces* yeasts in red winemaking. *Red Wine Technology*. 2018:51-68. DOI 10.1016/B978-0-12-814399-5.00004-9.
- Vejarano R. Non-*Saccharomyces* in winemaking: source of mannoproteins, nitrogen, enzymes, and antimicrobial compounds. *Fermentation*. 2020;6(3):76. DOI 10.3390/fermentation6030076.
- García M., Esteve-Zarzoso B., Arroyo T. Non-*Saccharomyces* yeasts: biotechnological role for wine production. *Grape and Wine Biotechnology*. 2016;11:470. DOI 10.5772/64957.
- Morata A. Enological repercussions of non-*Saccharomyces* species in wine biotechnology. *Fermentation*. 2019;5:72. DOI 10.3390/fermentation5030072.
- 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.
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*).
- Vejarano R., Gil-Calderón A. Commercially available non-*Saccharomyces* yeasts for winemaking: current market, advantages over *Saccharomyces*, biocompatibility, and safety. *Fermentation*. 2021;7(171):1-23. DOI 10.3390/fermentation7030171.
- Comitini F., Gobbi M., Domizio P., Romani C., Lencioni L., Mannazzu I., Ciani M. Selected non-*Saccharomyces* wine yeasts in controlled multistarter fermentations with *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Microbiol*. 2011;28(5):873-882. DOI 10.1016/j.fm.2010.12.001.
- Petruzzi L., Capozzi V., Berbegal C., Corbo M.R., Bevilacqua A., Spano G., Sinigaglia M. Microbial resources and enological significance: opportunities and benefits. *Frontiers in Microbiology*. 2017;8:995. DOI 10.3389/fmicb.2017.00995.
- 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 Res*. 2010;10(2):123-33. DOI 10.1111/j.1567-1364.2009.00579.x.
- Семенова К.А., Танащук Т.Н., Шаламитский М.Ю. Исследование дрожжевой микрофлоры виноградного суслу на стадии брожения методом ПЦР-ПДРФ анализа // Виноградарство и виноделие: Сб. науч. тр. «Магарач». 2023;52:87-90.
Semenova K.A., Tanashchuk T.N., Shalamitskiy M.Yu. Study of yeast microflora of grape must at the fermentation stage using PCR-RFLP analysis. *Viticulture and Winemaking: Collection of Scientific Papers of the Institute Magarach*. 2023;52:87-90 (*in Russian*).
- 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.
Catalogue of industrial yeast strains for winemaking. Compilers: Tanashchuk T.N., Ivanova E.V., Kishkovskaya S.A., Shalamitskiy M.Yu., Lutkova N.Yu., Zagoruiko V.I., Semenova K.A. Simferopol: IP Kornienko A.A. 2024:1-52 (*in Russian*).
- Shi W.-K., Wang J., Chen F.-Sh., Zhang X.-Y. Effect of *Issatchenkia terricola* and *Pichia kudriavzevii* on wine flavor and quality through simultaneous and sequential co-fermentation with *Saccharomyces cerevisiae*. *LWT - Food Science and Technology*. 2019;116:10847. DOI 10.1016/j.lwt.2019.108477.
- Методы технохимического контроля в виноделии / Под ред. Гержиковой В.Г. Симферополь: Таврида. 2009:1-304.
Methods of technochemical control in winemaking. Edited by Gerzhikova V.G. Simferopol: Tavrida. 2009:1-304 (*in Russian*).
- García M., Esteve-Zarzoso B., Cabellos J.M., Arroyo T. Advances in the study of *Candida stellata*. *Fermentation*. 2018;4:74. DOI 10.3390/fermentation4030074.
- Morata A., Loira I., Escott C., del Fresno J.M., Bañuelos M.A., Suárez-Lepe J.A. Applications of *Metschnikowia pulcherrima* in wine biotechnology. *Fermentation*. 2019;5:63. DOI 10.3390/fermentation5030063.
- Rantsiou K., Dolci P., Giacosa S., Torchio F., Tofalo R., Torriani S., Suzzi G., Rolle L., Cocolin L. *Candida zemplinina* can reduce acetic acid produced by *Saccharomyces cerevisiae* in sweet wine fermentations. *Applied and Environmental Microbiology*. 2012;78(6):1987-1994. DOI 10.1128/AEM.06768-11.
- Englezos V., Giacosa S., Rantsiou K., Rolle L., Cocolin L. *Starmmerella bacillaris* in winemaking: opportunities and risks. *Current Opinion in Food Science*. 2017;17:30-35. DOI 10.1016/j.cofs.2017.08.007.

Информация об авторах

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

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

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

Валентина Ивановна Загоруйко, вед. инженер лаборатории микробиологии.

Information about authors

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

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

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

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

Статья поступила в редакцию 14.11.2024, одобрена после рецензии 17.11.2024, принята к публикации 20.11.2024