

ПОДБОР ШТАММОВ ДРОЖЖЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СУХИХ ВИН ИЗ АВТОХТОННОГО СОРТА ВИНОГРАДА КОКУР БЕЛЫЙ

© 2024 г. А. А. Колосова^{1,*}, Д. Ю. Федосов¹, З. Б. Намсараев¹, А. А. Корженков¹,
К. О. Петрова¹, В. М. Пожидаев¹, А. В. Камаев¹, С. А. Колосов²

¹Национальный исследовательский центр “Курчатовский институт”, Москва, Россия

²ООО “ССБ”, Дмитров, Россия

*E-mail: adelinaantnenk@rambler.ru

Поступила в редакцию 13.06.2024 г.

После доработки 24.06.2024 г.

Принята к публикации 26.06.2024 г.

Представлены результаты исследований 55 штаммов дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, предназначенных для производства белых сухих вин из крымского автохтонного сорта Кокур белый. Исследованы 49 штаммов, выделенных из самопроизвольно сброженного виноградного сула различных сортов винограда, произрастающего на Крымском полуострове, и шесть штаммов дрожжей, полученных из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов НИЦ “Курчатовский институт” и коллекции микроорганизмов виноделия “Магарач” ФГБУН ВНИИВиВ “Магарач” РАН. В результате было отобрано два штамма дрожжей Su-48 и Y-693, наиболее перспективных для производства вин из сорта Кокур белый. Эти штаммы способствовали получению устойчивых к окислению вин, а также сохранению кислотности и развитию интенсивного яркого сортового аромата.

DOI: 10.56304/S199272232460209X

ВВЕДЕНИЕ

Вкусовые качества вин формируются терруаром – веществами, содержащимися в ягодах винограда, и соединениями, образующимися в результате брожения. Дрожжи в зависимости от штамма оказывают значительное влияние на разнообразие и количественное содержание компонентов ароматобразующего комплекса вина [1]. Для ряда европейских классических сортов винограда, таких как Каберне Совиньон, Пино нуар, Шардоне, Совиньон блан, предлагаются штаммы, усиливающие их сортовые ароматические особенности. Дрожжи не создают сортовой аромат, но влияют на изменение характерного ароматического профиля сортового вина, который формируется высшими спиртами, сложными эфирами, карбонильными и терпеновыми соединениями [2].

Большинство винодельческих предприятий России используют коммерческие активные сухие дрожжи иностранного производства, выведенные для классических европейских сортов винограда. Они были получены из изолятов дрожжей, выделенных из различных виноградарских регионов мира [3]. Основным возражением против использования подобных штаммов дрожжей является стандартизация качества вина, характеристика, полезная для базового столового вина,

но нежелательная для изысканных вин [4, 5]. В настоящее время набирает силу интерес к использованию так называемых “автохтонных дрожжей”, потенциально быстро адаптирующихся к сортовым особенностям винограда, отражающим биоразнообразие того или иного терруара [6]. Селекция среди дрожжевых изолятов, полученных в пределах одного виноградника, позволяет отбирать жизнеспособные дрожжи с такими необходимыми ферментационными и технологическими характеристиками, как спиртоустойчивость, холодостойкость, кислотовыносливость, высокая скорость брожения, низкое накопление биомассы, устойчивость к фунгицидам, сульфитам и другим ингибиторам брожения. Эти характеристики позволяют устранять нежелательные технологические риски, связанные с неблагоприятными агроклиматическими условиями конкретной местности. Известен целый ряд успешных проектов по поиску перспективных коммерческих штаммов винных дрожжей среди диких популяций для получения терруарного вина из классических и автохтонных сортов [3, 7, 8]. Популяции *S. cerevisiae* на виноградниках возникают локально по причине влияния многих факторов, одним из которых является сорт винограда [9]. Так, при исследовании микробиоты виноградников с тремя автохтонными сортами Галисии (Испания) среди найденных на них диких популяций

для каждого сорта был выявлен свой доминантный штамм [10].

Таким образом, для набирающих популярность российских автохтонных сортов винограда применение активных сухих дрожжей, выделенных за рубежом, нежелательно из-за нивелирования и обезличивания сортовых особенностей и меньшей приспособленности дрожжей к условиям регионов произрастания автохтонных сортов винограда России.

Сорт винограда Кокур белый – яркий представитель автохтонов Крымского полуострова, являющийся предком целого ряда сортов Крыма и Долины Дона [11, 12]. Уникальность этого сорта заключается в оригинальности органолептического профиля и универсальности использования: из него изготавливают игристые, сухие, полусладкие, крепленые вина, в том числе херес и мадеру [13–16]. В ароматическом профиле преобладают цветочные, пряные, медовые, фруктовые тона [13, 15], ноты тропических фруктов [2]. Этот сорт характеризуется высокой активностью фермента монофенолмонооксигеназы в ягоде винограда, что способствует окислению виноградного сусла и производимых из него вин [16]. Органические кислоты влияют на интенсивность окислительно-восстановительных процессов путем ингибирования действия окислительных ферментов [17, 18]. Дрожжи оказывают влияние на содержание и состав органических кислот, а также в большей или меньшей степени влияют на окислительный потенциал вин [19–21]. Это позволяет рассматривать штаммы дрожжей в качестве инструментов регуляции кислотности и окислительного потенциала изготавливаемых вин.

Цель данного исследования – поиск штаммов дрожжей для производства сухих вин из сорта Кокур белый, способствующих более полному раскрытию потенциала сорта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Штаммы винных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* (Y-693, Y-1915, Y-2028, Y-2029, Y-1713) были получены из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов НИЦ “Курчатовский институт”. Штамм 1-657 получен из Коллекции микроорганизмов виноделия “Магарач” ФГБУН ВНИИВиВ “Магарач” РАН. Штаммы дрожжей, выделенные из самопроизвольно сброженного сусла, получены из винограда сортов Кокур белый, Алиготе, Мускат Италия, Мускат белый, Подарок Магарача, Каберне-Совиньон, Пино нуар, Шардоне, произрастающих в Ялтинском, Севастопольском и Судакском виноградарских районах Крымского полуострова.

Выделение штаммов дрожжей проводили следующим образом. Грозди винограда с кустов от-

бирали в стерильные пакеты. В стерильных условиях ягоды отделяли от гребней, раздавливали и помещали в стерильные емкости объемом 200 мл. Раздавленные ягоды сульфитировали из расчета 80 ± 5 мг/дм³ общего диоксида серы и настаивали на мезге до появления первых признаков брожения. Затем отбирали сусло в стерильные емкости объемом 50 мл и помещали на брожение в термостат при температуре $24 \pm 1^\circ\text{C}$ на 10 сут. Пробы дрожжевых осадков отбирали на стадии дображивания сусла. Оценку микробиологического состояния накопительных дрожжевых культур давали на основании результатов прямого микропирования. Из полученных дрожжевых осадков в зависимости от количества клеток готовили разведения и рассеивали шпатель в чашки Петри на среду YPD (глюкоза – 2%, пептон – 1%, дрожжевой экстракт – 1%, агар – 2%) [21]. Засеянные чашки Петри помещали в термостат на четверо суток при температуре $24 \pm 1^\circ\text{C}$. Выросшие изолированные колонии со схожими морфологическими признаками пересевали на чашки Петри методом истощающего штриха и помещали в термостат при тех же условиях. Выросшие изолированные колонии отсеивали петлей в пробирки со агаризованной YPD-средой.

Полученные штаммы анализировали на способность сбраживать виноградное сусло с массовой концентрацией сахаров 210 г/дм³ до нормируемых кондиций сухих вин (менее 4 г/дм³). Оценивали способность коллекционных штаммов дрожжей, а также вновь выделенных штаммов синтезировать расширенный комплекс ароматических соединений, формировать сбалансированный вкус, уменьшать окислительный потенциал вин из сорта Кокур белый. Исследовали влияние штаммов дрожжей на формирование комплекса органических кислот и концентрацию глицерина в полученных винах. Определяли видовую принадлежность и ферментативную активность исследуемых штаммов.

Приготовление белых сухих вин осуществляли в условиях микровиноделия в соответствии с общепринятыми технологическими правилами. Технология производства предусматривала: дробление винограда с гребнеотделением, прессование мезги, сульфитацию сусла из расчета 80 мг/дм³ общего диоксида серы, отстаивание сусла при температуре $12 \pm 1^\circ\text{C}$, декантацию сусла, внесение чистой культуры дрожжей из расчета 2 млн. клеток на миллилитр сусла, брожение сусла, снятие с осадка, оклейку с последующей фильтрацией. Для приготовления вин использовали виноград сорта Кокур белый 2021 г. урожая, произрастающий на территории Республики Крым (городской округ Судак, с. Морское).

Оценку полученных виноматериалов проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 32030-

2021 [22] и ГОСТ 32051-2013 [23]. Определение физико-химических показателей виноградного сула проводили по стандартным методам, принятым в винодельческой промышленности [24]. Сенсорное тестирование вин осуществлялось по 10-балльной оценке вин, использовалась следующая шкала оценки: 8.60–10.00 – отлично, 7.80–8.59 – хорошо, 7.40–7.79 – удовлетворительно, 7.00–7.39 – плохо [25]. Профиль аромата и вкуса полученных вин определяли по методике, предусматривающей количественное выражение вклада отдельных дескрипторов в сложении аромата и вкуса [26].

Видовую принадлежность дрожжей определяли методом генетического анализа. Геномную ДНК дрожжей выделяли из 1 мл суточной культуры в среде YPD набором Gentra Puregene Yeast/Bact Kit (QIAGEN, Germany) согласно протоколу производителя “DNA Purification from Yeast”. Качество выделенной ДНК оценивали спектрофотометрически на приборе Nanodrop 1000 device (Thermo Scientific, USA) по соотношению показателей поглощения A260/A280 и A260/A230. Концентрацию ДНК определяли с помощью флуориметра Qubit 2.0 (Thermo Fisher Scientific, США) набором Qubit dsDNA BR Assay Kit. Оценку степени деградации нуклеиновых кислот проводили в 0.8%-ном агарозном геле, приготовленном на буфере 1x TAE с добавлением бромистого этидия (0.1 мкг/мл). Для секвенирования полученных образцов ДНК на приборе DNBSEQ-G400 (MGI tech, КНР) были подготовлены библиотеки с использованием набора MGIEasy Universal DNA Library Prep Set (MGI tech, КНР). Оценку размера полученных библиотек для секвенирования проводили с помощью биоанализатора Agilent Bioanalyzer 2100 (Agilent Technologies, США) с использованием набора High Sensitivity DNA kit (Agilent Technologies, США). Секвенирование осуществляли с использованием реагентов DNBSEQ-G400RS High-throughput Sequencing Set (FCL PE150) (MGI tech, КНР), позволяющих получить парно-концевые прочтения длиной 150 нуклеотидов каждое. Качество полученных прочтений анализировали при помощи программы FastQC, обрезка прочтений по качеству была выполнена при помощи программы BBDuk версии 38.90 с обрезкой адаптеров, участков прочтений со значением качества ниже 18, поли-G-участков на концах прочтений и удалением прочтений длиной менее 33 нуклеотидов. Сборку геномов выполнили при помощи программы SPAdes версии 3.15.3 [27], последовательности генов малой и большой субъединиц рРНК, а также последовательность внутреннего транскрибируемого спейсера (ITS) получили при помощи программы [28]. Полученные последовательности были выровнены против соответствующих баз NCBI при помощи NCBI BLAST с па-

раметрами по умолчанию для установления таксономии штаммов. Дополнительно таксономию определяли при помощи программы sourmash [29], использующей геномные сигнатуры, и базы данных сигнатур геномов грибов из NCBI GenBank. Генотипирование проводили картированием обработанных прочтений на референсную сборку *S. cerevisiae* S288C (GCF_000146045.2) при помощи Bowtie2 [30] с дальнейшей обработкой данных программами samtools и bcftools [31].

Глицеринообразующую способность по концентрации образованного в процессе брожения глицерина определяли газохроматографическим методом на хроматографе фирмы Agilent Technologies (США) модели 7890А с масс-спектрометрическим детектором 5975С, с пламенно-ионизационным детектором на капиллярной колонке HP-5ms размером 30 м × 0.25 мм, толщина неподвижной жидкой фазы – 0.25 мкм. Температурная программа: начальная температура термостата колонки – 70°C, выдержка при начальной температуре – 4 мин, подъем температуры – 5 град/мин, конечная температура – 280°C, время анализа – 56 мин. Давление на входе в колонку – 15 psi. Линейная скорость газа-носителя – 45 см/с. Газ-носитель – гелий. Температура интерфейса масс-спектрометра – 280°C. Объем вводимой пробы – 1 мкл. Для определения количественного содержания глицерина проводили силилирование пробы. Для этого отбирали 1 мл образца, помещали в виалу объемом 2 мл и упаривали досуха. После упаривания к сухому остатку добавляли 600 мкл пиридина, 500 мкл гексаметилдисульфата и 300 мкл триметилхлорсилана и помещали в термостат при 80°C на 1 ч. После охлаждения центрифугировали на центрифуге фирмы Biosan модели Combi-spin при 4000 об./мин в течение 10 мин. После этого анализировали 1 мкл образца на газовом хроматографе с масс-спектрометрическим детектированием. Регистрацию сигнала проводили в режиме полного ионного тока в диапазоне m/z – 50–900 а.е.м. Идентификацию веществ выполняли по совпадению исследуемого и библиотечного масс-спектров с использованием библиотеки NIST 17. Количественную оценку содержания глицерина проводили методом абсолютной калибровки по раствору стандартного образца глицерина, проводя триметилсилилирование (ТМС) стандарта глицерина по методике, описанной выше. Время удерживания ТМС эфира глицерина составило ~11.6 мин.

Определение органических кислот и ароматических веществ осуществляли газохроматографическим методом на хроматографе фирмы BRUKER-430 (США) с пламенно-ионизационным детектором на кварцевой капиллярной колонке HP-FFAP размером 50 м × 0.32 мм, толщина неподвижной жидкой фазы – 0.50 мкм. Начальная температура колонки – 80°C (выдержка

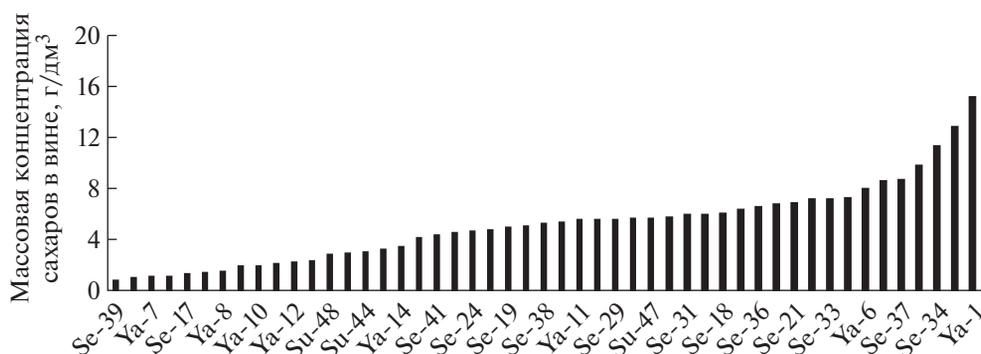


Рис. 1. Массовая концентрация остаточных сахаров в винах из сорта Кокур белый, полученных с использованием выделенных штаммов дрожжей, брожение при +25°C.

4 мин), повышение температуры от 60°C (выдержка при начальной температуре – 8 мин), далее подъем температуры до 220° со скоростью 5°C/мин. Выдержка при конечной температуре – 10 мин. Газ-носитель – азот, 1 мл/мин, деление потока 1:20. Температура испарителя – 280°C, детектора – +280°C. Объем пробы – 2 мкл. Индексы удерживания пиков на хроматограмме винных кислот (индексы Ковача) рассчитывали с использованием алканов нормального строения C_{10} – C_{40} [32].

Ферментативную активность определяли на среде YPGF (дрожжевой экстракт – 1%, пептон – 2%, глюкоза – 10%, фруктоза – 10%). Дрожжи инокулировали в питательную среду при концентрации 2 млн./мл клеток в неплотно закрытые конические центрифужные пробирки, наполненные 30 мл питательной среды. Культивирование проводили при очень медленном встряхивании при +24°C в течение 16 сут. Ферментативную активность клеток определяли по уменьшению массы питательной среды из-за выделения углекислого газа [33].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Скрининг штаммов дрожжей, выделенных из природных условий. Выделено 49 штаммов дрожжей из спонтанно сброженного виноградного суслу различных сортов винограда, произрастающего в трех виноградарских регионах Крымского полуострова: 14 из Ялтинского (Ya-1–Ya-14), 27 из Севастопольского (Se-15–Se-42), 6 из Судакского (Su-43–Su-49). Анализ массовой концентрации остаточных сахаров в винах, полученных с использованием этих штаммов, показал, что у 67% полученных вин (33 образца) концентрации несброженных остаточных сахаров превышали нормируемые значения 4.0 г/дм³, поэтому эти штаммы не могут быть использованы для производства сухих вин (рис. 1). Штаммы, обеспечившие сбраживание остаточных сахаров до нормируемых значений сухих вин, обозначены следую-

щими номерами: Ya-4, Ya-5, Ya-7, Ya-8, Ya-9, Ya-10, Ya-12, Ya-14, Se-15, Se-17, Se-23, Se-25, Se-28, Se-39, Se-42, Su-44, Su-48.

Дегустационный анализ вин, полученных с использованием перечисленных 17 штаммов, позволил сформировать три группы дрожжей. Первую группу (дегустационный балл менее 7.39) составили семь штаммов, способствующих развитию посторонних тонов в аромате и вкусе: Ya-5, Ya-9, Ya-14, Se-23, Se-25, Se-39, Se-42. Ко второй группе (балл 7.40–7.79) принадлежат семь штаммов, способствующих получению простых и невыразительных вин: Ya-4, Ya-8, Ya-10, Se-15, Se-17, Se-28, Su-44. К третьей группе (балл 7.80–10.0) отнесли штаммы, которые позволили получить гармоничные белые сухие вина со сложным букетом: Ya-7, Ya-12, Su-48. Поэтому для дальнейшего скрининга были отобраны три штамма под номерами Ya-7, Ya-12, Su-48.

Анализ последовательностей генов 18S, 28S и ITS, а также высокая идентичность геномных сигнатур позволяют уверенно отнести эти штаммы к виду *S. cerevisiae*. Основные характеристики геномных сборок исследуемых штаммов приведены в табл. 1. Полученные сборки обладают удовлетворительным качеством и демонстрируют высокие значения средней нуклеотидной идентичности к референсному геному *S. cerevisiae* S288c: Ya-7 – 99.47%, Ya-12 – 99.44%, Ya-48 – 99.47%. Идентичность последовательностей ITS и 5.8S рРНК исследуемых штаммов к последовательности референсного штамма *S. cerevisiae* CBS 1171 составляет для всех штаммов 99.47%, последовательности ITS и 5.8S рРНК других видов рода *Saccharomyces* обладают идентичностью менее 99%. Идентичность последовательностей генов малой субъединицы рРНК исследуемых штаммов и типового штамма *S. cerevisiae* NRRL Y-12632 составила 100%.

Оценка влияния штаммов дрожжей на формирование органолептических характеристик вин сорта Кокур белый. Сравнительная дегустационная

Таблица 1. Характеристика геномных сборок

Показатель	Номер штамма			
	Ya-7	Ya-12	Su-48	Y-693
Размер генома, п.н.	11 602 909	11 558 520	11 466 523	11 859 577
Число контигов	1029	358	1059	2100
N 50, п.н.	28 648	11 2929	22 931	13 840
Идентичность геному 288С, %	99.47	99.44	99.47	99.43

Примечание. п.н. – пар нуклеотидов.

оценка вин из сорта Кокур белый, полученных с использованием коллекционных штаммов (Y-693, Y-1915, Y-2028, Y-2029, Y-1713, 1-657) и штаммов, выделенных из природных условий (Ya-7, Ya-12, Su-48), показала, что лучшими (дегустационный балл 8.55–8.82) были вина, полученные с использованием штаммов Y-693, Ya-7, Ya-12, Su-48. Оценка интенсивности оттенков ароматобразующего комплекса показала, что использование штамма Y-693 способствовало усилению леденцовых оттенков (~40%) (рис. 2). Наиболее близким ароматическим профилем характеризовались штаммы Ya-7 и Su-48, применение которых приводило к усилению вклада цветочных оттен-

ков и оттенков экзотических фруктов (38 и 42% соответственно). Штаммы Ya-7 и Ya-12 способствовали развитию в аромате медовых (38 и 32%) и цитрусовых (24 и 30%) оттенков.

Ярко выраженные медовые и плодовые оттенки проявлялись как в аромате, так и во вкусе вин, полученных с использованием штамма Ya-7. Доля этих дескрипторов в общее сложение аромата и вкуса составила 32 и 40% соответственно (рис. 3).

Определение концентрации органических кислот, летучих соединений и глицерина в винах сорта Кокур белый. Глицерин, органические кислоты и летучие соединения играют ключевую роль в сенсорном восприятии вина и оказывают непосредственное влияние на формирование его органолептических характеристик. Глицерин смягчает вкус, делая вина более округлыми и гармоничными. Вино, полученное с использованием штамма Y-693, содержало самую высокую среди исследованных штаммов концентрацию глицерина, которая составила 10.2 г/дм³ (табл. 2).

Органические кислоты отвечают за формирование свежести и сбалансированности вкуса вин. В винах, полученных с использованием штаммов Y-693 и Su-48, наблюдалась самая высокая концентрация яблочной кислоты (1.99 и 1.86 г/дм³

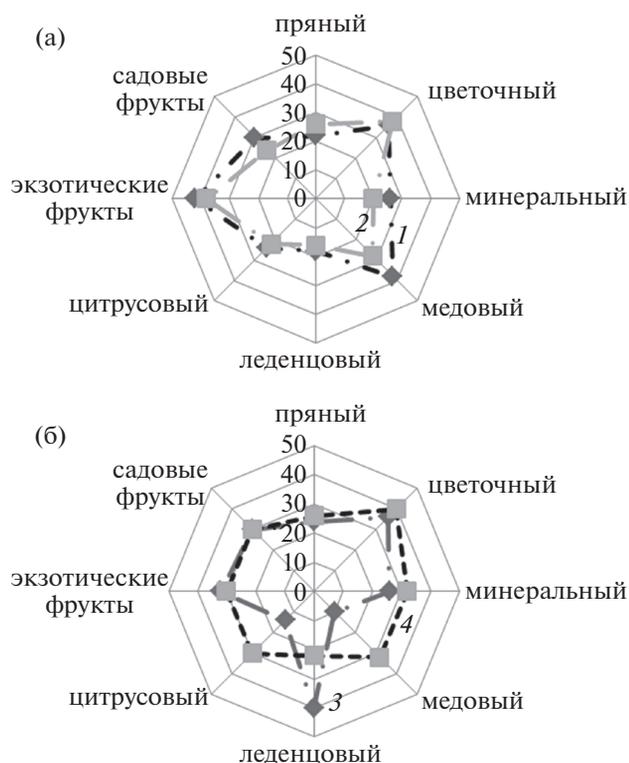


Рис. 2. Профиль аромата вин из винограда сорта Кокур белый, полученных с использованием исследуемых штаммов дрожжей: а – Y-693 (1), Ya-7 (2); б – Ya-12 (3), Su-48 (4).

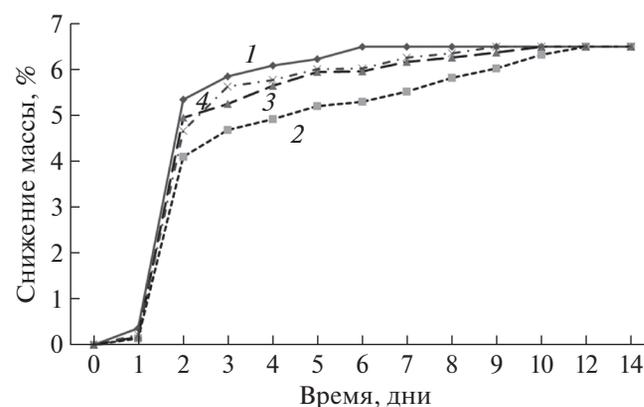


Рис. 3. Интенсивность выделения углекислого газа при брожении на различных штаммах дрожжей (среда YPDF) при температуре 25°C: 1 – Y-693, 2 – Ya-7, 3 – Ya-12, 4 – Su-48.

Таблица 2. Химические показатели вин сорта Кокур белый, полученных с использованием исследуемых штаммов дрожжей

Показатель	Массовая концентрация			
	Номер штамма			
	Y-693	Su-48	Ya-12	Ya-7
Глицерин, г/дм ³	10.2	8.2	9.4	9.4
Органические кислоты, г/дм ³				
Винная	2.78	2.94	2.77	2.61
Яблочная	1.99	1.86	1.72	1.79
Лимонная	0.15	0.18	0.18	0.20
Янтарная	0.19	0.34	0.22	0.22
Молочная	0.23	0.19	0.16	0.17
Уксусная	0.26	0.2	0.18	0.31
Сумма	5.60	5.71	5.23	5.30
Летучие соединения, мг/дм ³				
Ацетальдегид	0.21	0.32	0.27	0.41
Этилацетат	0.20	0.19	0.13	0.15
Пропиловый спирт	0.18	0.13	0.07	0.05
Изобутиловый спирт	0.28	0.29	0.23	0.21
Бутиловый спирт	0.11	0.10	0.07	0.06
Амиловый спирт	0.08	0.04	0.08	0.06
Изоамиловый спирт	0.86	0.80	0.62	0.52
Сумма	1.92	1.87	1.47	1.46

соответственно), имеющей наиболее кислый вкус (табл. 3). Самая высокая концентрация янтарной кислоты 0.34 г/дм³ отмечена в вине, полученном с использованием штамма Su-48. Янтарная кислота и ее комплексы проявляют антиоксидантные свойства, обеспечивая снижение интенсивности окислительных процессов [15]. Вина, полученные с использованием дрожжей штаммов Y-693 и Su-48, характеризовались более высокой концентрацией суммы органических кислот 5.60 и 5.71 г/дм³.

Одним из критериев при выборе штамма дрожжей является его способность к синтезу ацетальдегида, оказывающего негативное влияние на качество вин. Вина, полученные с использованием штамма Y-693, характеризовались самым низким показателем концентрации ацетальдегида 0.21 мг/дм³. Суммарная концентрация комплекса летучих компонентов у вин, полученных с использованием штаммов Y-693 и Su-48, была наибольшей – 1.92 и 1.87 мг/дм³ (табл. 2).

Определение ферментативной активности исследуемых штаммов дрожжей. Одним из наиболее важных критериев при отборе штамма дрожжей является его ферментативная активность, которая выражает сбраживание более 98% виноград-

ного сахара в спирт и углекислый газ, при стабильной скорости брожения. Также немаловажным фактором является быстрое начало ферментации, которое обеспечит брожение на чистой культуре дрожжей, а не на спонтанной микрофлоре [33].

Наиболее интенсивной ферментативной активностью характеризовался штамм Y-693, у которого брожение окончилось на шестые сутки, массовая концентрация остаточных сахаров была 1.7 г/дм³. Умеренной интенсивностью ферментации характеризовались штаммы Ya-12 и Su-48, у которых брожение окончилось на 9-е и 10-е сутки (рис. 3), массовые концентрации остаточных сахаров 3.5 и 2.4 г/дм³ соответственно; самой медленной – штамм Ya-7, у которого брожение окончилось на 12-е сутки, массовая концентрация остаточных сахаров составила 3.5 г/дм³. Начало ферментации у всех исследованных штаммов было схожим, активное выделение углекислого газа началось после 24 ч культивирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе исследовано 55 штаммов дрожжей: 49 штаммов, выделенных из самопроизвольно

сброженного виноградного суслу, и шесть коллекционных штаммов. Из 49 штаммов, выделенных из самопроизвольно сброженного суслу, 17 обеспечили сбраживание остаточных сахаров виноградного суслу до нормируемых значений сухих вин. При этом три из них, а именно штаммы Ya-7, Ya-12, Su-48, способствовали получению гармоничных белых сухих вин со сложным букетом без посторонних тонов. Эти штаммы были охарактеризованы как перспективные для дальнейших исследований на сорте Кокур белый и направлены на сравнительную оценку с коллекционными штаммами: Y-693, Y-1915, Y-2028, Y-2029, Y-1713, 1-657.

Сравнительная оценка шести коллекционных и трех отобранных штаммов дрожжей, основанная на дегустационной характеристике вин, показала, что наибольший бал имели вина, полученные с помощью коллекционного штамма Y-693 и трех новых штаммов Su-48, Ya-7, Ya-12 (дегустационный балл выше 8.53). Вина, полученные с использованием штаммов Y-693 и Su-48, характеризовались самым высоким дегустационным балом (8.72 и 8.82) и самым интенсивным ароматом, что коррелирует с суммой массовых концентраций летучих соединений, 1.92 и 1.87 мг/дм³ соответственно (табл. 2). Сенсорное тестирование интенсивности оттенков ароматобразующего комплекса полученных вин позволило выделить доминирующие оттенки на сорте Кокур белый: Y-693 – леденцовые и цветочные. Ya-7 – медовые и экзотические фрукты, Ya-12 – цветочные, цитрусовые и минеральные, Su-48 – цветочные и экзотические фрукты. Штаммы Y-693 и Su-48 способствовали сохранению кислотности в винах, концентрации суммы органических кислот были выше, чем у других образцов – 5.60 и 5.71 г/дм³. Это способствует усилению ощущения свежести в органолептическом восприятии вин и более медленному протеканию окислительных процессов в винах. Штамм Y-693 обладал самой высокой ферментативной активностью, обеспечивал высокую скорость брожения и глубокое сбраживание остаточных сахаров. Ферментативная активность штаммов Ya-12 и Su-48 была менее высокой, чем у штамма Y-693, но достаточно активной. Штамм Su-48 характеризовался более глубоким сбраживанием остаточных сахаров по сравнению со штаммами Ya-7, Ya-12.

Таким образом, проведенные исследования позволили отобрать два штамма дрожжей Su-48 и Y-693 для производства сухих вин из автохтонного сорта Кокур белый. Выбор основан на следующих преимуществах: высокий дегустационный балл, сохранение кислотности, высокая ферментативная активность, глубина сбраживания остаточных сахаров.

Отметим, что выделение дрожжей проводилось из восьми сортов винограда, тем не менее

наилучшие показатели вин из сорта Кокур белый были достигнуты штаммами, выделенными из винограда одноименного сорта. Штамм Su-48 был выделен в 2021 г. из дрожжевых осадков самопроизвольно сброженного суслу сорта винограда Кокур белый, произрастающего на виноградниках АО “ПАО Массандра” в с. Морское Судакского района Крымского полуострова. Штамм Y-693 был выделен из дрожжевых осадков самопроизвольно сброженного суслу сорта винограда Кокур белый в 1950 г. Надеждой Ивановной Бурьян в с. Золотое поле Кировского района Крыма.

Это свидетельствует о перспективности и актуальности исследований, направленных на выделение штаммов дрожжей для автохтонных сортов винограда с терруаров, где они произрастают.

Результаты исследований позволяют рекомендовать штаммы Ya-48 и Y-693 для проведения опытной апробации в производственных условиях при производстве белых сухих вин из сорта Кокур белый.

Работа проведена в рамках выполнения государственного задания НИЦ “Курчатовский институт”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров А.С., Лутков И.П., Пескова И.В. и др. // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2018. № 50 (02). С. 111. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2018-2-50-111-122>
2. Иванченко К.В., Геок В.Н., Пробейголова П.А. // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2019. № 21 (1). С. 65.
3. Fleet G.H. Wine yeasts for the future. FEMS Yeast Research. 2008. № 8 (7). P. 979. <https://doi.org/10.1111/j.1567-1364.2008.00427>
4. Spano G., Russo P., Lonvaud-Funel A. et al. // Eur. J. Clin. Nutr. 2010. V. 64 (3). P. 95. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2010.218>
5. Capozzi V., Ladero V., Beneduce L. et al. // Food Microbiol. 2011. V. 28 (3). P. 434. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.10.005>
6. Capozzi V., Garofalo C., Chiriatti M.A. et al. // Microbiol. Res. 2015. V. 181. P. 75. <https://doi.org/10.17113/ftb.58.03.20.6195>
7. Orlic S., Vojvoda T., Huic-Babic K.H. et al. // World J. Microbiol. Biotechnol. 2010. № 26. P. 1483.
8. Garofalo C., Berbegala C., Griecoc F. et al. // Int. J. Food Microbiol. 2018. V. 151. P. 319. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.09.026>
9. Schuller D., Cardoso F., Sousa S. et al. // PLoS ONE. 2012. № 7 (2). e32507. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032507>
10. Blanco P., Ramilo A., Cerdeira M., Orriols I. // Antonie van Leeuwenhoek. 2006. № 89. P. 351. <https://doi.org/10.1007/s10482-005-9038-6>
11. Fedosov D.Y., Korzhenkov A.A., Petrova K.O. et al. // Plants. 2021. V. 10 (12). 2696. <https://doi.org/10.3390/plants10122696>

12. *Петрова К.О., Федосов Д.Ю., Корженков А.А.* // Российские нанотехнологии. 2022. Т. 17. № 5. С. 712.
<https://doi.org/10.56304/S1992722322050132>
13. *Макаров А.С.* // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2020. Т. 22. № 4. С. 355.
<https://doi.org/10.35547/IM.2020.96.35.012>
14. *Тимуш А.И., Субботович А.С.* // Энциклопедия виноградарства. Т. 2. Кишинев: Гл. ред. Молд. Совет. Энциклопедии, 1986. 502 с.
15. *Ткаченко О.Б., Тринкаль О.В.* // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2015. Т. 2. № 10. С. 40.
<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.40069>
16. *Червяк С.Н.* “Совершенствование технологии хересных виноматериалов для производства хереса столового сухого” Дис. ... канд. техн. наук. Ялта.: НИВиВ “Магарач”, 2014.
17. *Остроухова Е.В., Пескова И.В., Погорелов Д.Ю.* // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2019. № 56 (02). С. 122.
<https://doi.org/10.30679/2219-5335-2019-2-56-122-132>
18. *Ханина А.Е., Докучаева И.С.* // Матер. VIII Всерос. научно-практ. конф. с международным участием. 2018. С. 117.
19. *Пескова И.В., Остроухова У.В., Луткова Н.Ю., Зайцева О.В.* // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2020. Т. 22. № 2. С. 174.
<https://doi.org/10.35547/IM.2020.35.80.017>
20. *Билько М.В.* // Вестник Национального технического университета “ХПИ”. Серия: Химия, химическая технология и экология. 2015. № 30. С. 3.
21. *Бурьян Н.И.* Практическая микробиология виноделия. Симферополь: Таврида, 2003. 560 с.
22. ГОСТ 32030-2021 “Вина. Общие технические условия”. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 14 с.
23. ГОСТ 32051-2013 “Продукция винодельческая. Методы органолептического анализа”. М.: Стандартиформ, 2019. 14 с.
24. *Гержикова В.Г.* Методы технохимического контроля в виноделии. Симферополь: Таврида, 2002. 260 с.
25. *Валуйко Г.Г., Шольц-Куликов Е.П.* Теория и практика дегустации вин. Симферополь: Таврида, 2005. 202 с.
26. *Валуйко Г.Г., Загоруйко В.А.* Технологические правила виноделия. Общие положения. Тихие вина. Симферополь: Таврида, 2006. 487 с.
27. *Bankevich A., Nurk S., Antipov D. et al.* // J. Comput. Biol. 2012. V. 19. № 5. P. 455.
<https://doi.org/10.1089/cmb.2012.0021>
28. Basic Rapid Ribosomal RNA Predictor. Barnnap. <https://github.com/tseemann/barnnap>
29. *Brown C.T., Irber L.* // J. Open Source Softw. 2016. V. 1. № 5. P. 27.
<https://doi.org/10.21105/joss.00027>
30. *Langmead B., Salzberg I S.L.* // Nature Methods. 2012. V. 9. P. 357.
<https://doi.org/10.1038/nmeth.1923>
31. *Danecek P., Bonfield J.K., Liddle J. et al.* // GigaScience. 2021. V. 10. № 2.
<https://doi.org/10.1093/gigascience/giab008>
32. *Вигдергауз М.С.* Расчеты в газовой хроматографии. М.: Химия, 1978. 248 с.
33. *Picazo C.E., Gamero-Sandemetrio H., Orozco W. et al.* // Lett. Appl. Microbiol. 2014. V. 60. № 3. P. 217.
<https://doi.org/10.1111/lam.12369>
34. *Pretorius I.S.* // Yeast. 2000. № 16. P. 675.
[https://doi.org/10.1002/1097-0061\(20000615\)16:8<675::AID-YEA585>3.0.CO;2-B](https://doi.org/10.1002/1097-0061(20000615)16:8<675::AID-YEA585>3.0.CO;2-B)