

УДК 663.252.4: 576.343

DOI 10.30679/2219-5335-2023-4-82-232-253

**ВЛИЯНИЕ ШТАММОВ ДРОЖЖЕЙ,
ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ МИКРОФЛОРЫ
ВИНОГРАДА КРАСНОДАРСКОГО
КРАЯ, НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ
И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ
ПОКАЗАТЕЛИ
БЕЛЫХ ВИНМАТЕРИАЛОВ**

Лободина Елена Вадимовна¹
младший научный сотрудник
селекционно-биотехнологической
лаборатории
e-mail: alyona2255@yandex.ru

Агеева Наталья Михайловна¹
д-р техн. наук, профессор
главный научный сотрудник
лаборатории виноделия
e-mail: ageyeva@inbox.ru

Супрун Иван Иванович¹
канд. биол. наук
заведующий ФНЦ
«Селекции и питомниководства»
e-mail: supruni@mail.ru

Прах Антон Владимирович¹
канд. с.-х. наук
старший научный сотрудник
НЦ «Виноделие»
e-mail: aprakh@yandex.ru

Аль-Накиб Екатерина Аделевна¹
младший научный сотрудник
селекционно-биотехнологической
лаборатории
e-mail: ealnakib@mail.ru

Неборский Роман Анатольевич²
канд. техн. наук
главный винодел

¹Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
«Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия»,
Краснодар, Россия

²ООО «Вина Лefкадии»,
Крымский район, Краснодарский край,
Россия

UDC 663.252.4: 576.343

DOI 10.30679/2219-5335-2023-4-82-232-253

**THE INFLUENCE OF YEAST STRAINS
ISOLATED FROM THE MICROFLORA
OF GRAPES IN THE KRASNODAR
REGION ON THE PHYSICOCHEMICAL
AND ORGANOLEPTIC
CHARACTERISTICS OF WHITE WINE
MATERIALS**

Lobodina Elena Vadimovna¹
Junior Research Associate
of Breeding and Biotechnology
Laboratory
e-mail: alyona2255@yandex.ru

Ageyeva Natalia Mikhailovna¹
Dr. Sci. Tech., Professor
Chief Research Associate
of Wine-making Laboratory
e-mail: ageyeva@inbox.ru

Suprun Ivan Ivanovich¹
Cand. Biol. Sci.,
Head of «Breeding and Nursery»
FSC
e-mail: supruni@mail.ru

Prakh Anton Vladimirovich¹
Cand. Agr. Sci.
Senior Research Associate
of SC «Wine-making»
e-mail: aprakh@yandex.ru

Al-Nakib Ekaterina Adelevna¹
Junior Research Associate
of Breeding and Biotechnology
Laboratory
e-mail: ealnakib@mail.ru

Neborsky Roman Anatolievich²
Cand. Tech. Sci.
Chief Winemaker

¹Federal State Budget
Scientific Institution
«North Caucasian Federal
Scientific Center of Horticulture,
Viticulture, Wine-making»,
Krasnodar, Russia

²Wines of Lefkadia LLC,
Krymsky District, Krasnodar Region,
Russia

Проведено исследование с целью идентификации и изучения технологических характеристик автохтонных штаммов винных дрожжей, изолированных на виноградниках в Краснодарском крае. Из природных популяций выделено 90 штаммов дрожжей с поверхности ягод винограда следующих сортов: Пти Мансан, Мерло, Красностоп анапский. Проведена родовая идентификация изучаемых штаммов. Доля сахаромыцетов варьировала в широком диапазоне. Анализ 90 штаммов дрожжей позволил выделить 40 представителей рода *Saccharomyces*. С помощью молекулярно-генетических методов проведена видовая идентификация. Получена рабочая выборка из 40 штаммов *Saccharomyces cerevisiae*. Скрининг дрожжей по способности к сбразиванию сахаров позволил выделить 13 штаммов дрожжей. Штаммы ТК20-2 и ЛМ19-19 отмечены как слабые бродильщики с образованием недобродов. Анализ способности дрожжей синтезировать сероводород показал, что 21 штамм продуцируют сероводород в незначительном количестве. В ходе изучения основных технологических свойств было выделено 4 штамма, с применением которых были приготовлены белые виноматериалы из винограда сорта Оницканский. В виноматериалах, произведенных с использованием местных штаммов отмечена вариация в концентрациях органических кислот, аминокислот и летучих ароматобразующих компонентов. Проведенная дегустация исследуемых образцов показала, что 3 из 4 виноматериалов характеризовались высоким качеством. Наиболее высокую дегустационную оценку имел образец, произведенный с использованием штамма ЛМ19-3. Применение штаммов ЛП19-1, ТК20-11 и ЛМ19-3 обеспечивает получение качественных виноматериалов с высокими органолептическими характеристиками.

Ключевые слова: ДРОЖЖИ, ШТАММЫ, *S. CEREVISIAE*, ВИДОВАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ, БРОЖЕНИЕ, ВИНМАТЕРИАЛ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Research was conducted to identify and study the technological characteristics of autochthonous strains of wine yeast isolated from vineyards in the Krasnodar region. From natural populations, 90 yeast strains were isolated from the surface of grapes of the following varieties: Petit Mansan, Merlot, Krasnostop Anapskiy. Generic identification of the studied strains was carried out. The proportion of Saccharomycetes varied over a wide range. Analysis of 90 yeast strains made it possible to isolate 40 representatives of the genus *Saccharomyces*. Species identification was carried out using molecular genetic methods. A working sample of 40 strains of *Saccharomyces cerevisiae* was obtained. Yeast screening for the ability to ferment sugars made it possible to isolate 13 yeast strains. Strains TK20-2 and LM19-19 are noted as weak fermenters with the formation of non-fermenters. An analysis of the ability of yeast to synthesize hydrogen sulfide showed that 21 strains produce hydrogen sulfide in an insignificant amount. In the course of studying the main technological properties, 4 strains were isolated, with the use of which white wine materials were prepared from the Onitskanskiy grape variety. In wine materials produced using local strains, a variation in the concentrations of organic acids, amino acids and volatile aroma-forming components was noted. The conducted tasting of the studied samples showed that 3 out of 4 wine materials were characterized by high quality. The sample produced using strain LM19-3 had the highest tasting score. The use of strains LP19-1, TK20-11 and LM19-3 ensures the production of high-quality wine materials with high organoleptic characteristics.

Key words: YEAST, STRAINS, *S. CEREVISIAE*, SPECIES IDENTIFICATION, FERMENTATION, WINE MATERIALS, PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Введение. Ведущее место по производству вина занимает Италия (18,9 %), за ней Франция (17,9 %) и Испания (15,7 %), на долю которых приходится более 50 % мирового производства вина. В 2020 году Россия заняла 20-е место в мире по площади виноградников, 12-е место – среди производителей вина. Позиция РФ среди крупнейших мировых импортёров вина – 6-е место [1]. Вопрос импортозамещения в винодельческой отрасли для России актуален, в связи с чем применяются необходимые меры стимулирования больших и малых хозяйств по производству винограда и вина. Так, вступил в силу Федеральный закон от 27.12.2019 № 468-ФЗ (ред. от 02.07.2021) «О виноградарстве и виноделии в Российской Федерации» [2], в соответствии с которым введено понятие «Вино России», предполагающее использование только российского винограда и введен запрет на использование импортного виноматериала. Наряду с этим увеличены объемы финансирования предприятий в виде субсидий. Данные факторы привели к увеличению площадей насаждения виноградников в 2020 г. на 3,3 тыс. га в сравнении с 2018 годом [1, 3].

Все вышесказанное позволяет сделать заключение о том, что для достижения целей по импортозамещению в виноградовинодельческой отрасли АПК страны необходимо производство качественного конкурентоспособного продукта с высокими органолептическими характеристиками.

Главными факторами, влияющими на формирование органолептического профиля вина, являются сорт винограда и штамм дрожжей, осуществляющий процесс брожения. Другие элементы, такие как как степень созревания винограда, санитарные условия произрастания винограда, способ сбора урожая, процедуры оклейки и бутилирования, также оказывают влияние на органолептические характеристики конечного продукта, но в меньшей степени [4].

Современная идея производства качественных вин основывается на получении продукта с уникальными характеристиками, обусловленными географическим происхождением вина. В ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН» разработан проект классификации винопродукции, в котором тихие и игристые вина, коньяки с защищенным географическим указанием (ЗГУ) и защищенным наименованием места происхождения (ЗНМП) являются двумя ступенями высшей категории качества винопродукции [5]. Одним из главных факторов, обуславливающих состав и органолептический профиль вин, является раса (штамм) дрожжей, используемая при брожении. Известно, что инициация брожения коммерческими штаммами приводит к получению продукта с заданными свойствами, что, в свою очередь, препятствует получению уникальных характеристик и приводит к узкому ароматическому профилю и однородности вина [6, 7]. Однако многочисленными исследованиями ученых из разных стран доказано, что при использовании местных штаммов дрожжей формируются терруарспецифичные характеристики, и вина воспринимаются как более сложные, демонстрируя большее разнообразие вкусов [4, 7, 8].

Анализируя литературные данные, можно убедиться, что исследования местных популяций дрожжей проводятся по всему миру. В результате исследований учеными [9-11] выявлена корреляция между регионом изоляции штамма и сенсорными свойствами вина, что указывает на существенную роль автохтонных штаммов в сохранении региональных органолептических свойств конечного продукта. Актуальность исследований подтверждается и в работе R.M. Callejon et al., которые протестировали пять штаммов *Saccharomyces cerevisiae* в опытно-промышленном масштабе с целью отбора лучших автохтонных и коммерческих штаммов дрожжей для получения вин с высокими органолептическими характеристиками [12]. Исследователи из Северной Македонии оценили наиболее благоприятные штам-

мы дрожжей для производства высококачественных вин в 2017 году [13] и рекомендовали два штамма *S. cerevisiae* для производства вин из сорта винограда Вранец и из сорта винограда Каберне Совиньон [14].

В России также успешно ведутся работы по поиску перспективных автохтонных штаммов винных дрожжей для производства вин. Ученые из ВНИИ «Магарач» изучили влияние штаммов дрожжей рода *Saccharomyces* на формирование сортового аромата виноматериалов из винограда сорта Цитронный Магарача и рекомендовали для производства вин два коллекционных штамма Алиготе М (I-76) и Мускат 4 (P) (I-637) из КМВ «Магарач» [15]. В другой своей работе провели исследования по поиску и селекции новых штаммов дрожжей вида *S. cerevisiae* для производства белых сухих виноматериалов. В результате было отобрано 2 новых селекционных штамма дрожжей, которые характеризовались высокой бродильной способностью, низкой способностью к синтезу летучих кислот и сероводорода, устойчивостью к низким температурам брожения и высоким концентрациям диоксида серы [16]. Группа ученых из Дагестана выявила штамм *Saccharomyces cerevisiae* Y-4270, с использованием которого вино обрело высокие органолептические характеристики [17].

Учеными из нашего научного центра также проводятся работы в этом направлении [18-21].

Цель работы – исследовать физико-химические показатели белых сухих виноматериалов, произведенных с применением штаммов винных дрожжей, выделенных с поверхности ягод винограда, произрастающего в Краснодарском крае.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований являлись штаммы дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, а также белые виноматериалы, полученные с использованием этих штаммов из белого сорта винограда Оницканский (урожай 2022 года).

Отбор штаммов дрожжей проводили из спонтанно бродящего сусла винограда белых и красных сортов: Пти Мансан (с. Молдаванское «Долина Лефкадия»); Мерло (с. Молдаванское «Долина Лефкадия»); Красностоп анапский (пос. Таманский, АФ «Южная»). Виноград массой около 2 кг помещали в стерильные пакеты, транспортировали в лабораторию и далее в асептических условиях дробили и полученную мезгу помещали в стерильную колбу объемом 250 мл. Пробы инкубировали при температуре 24-26 °С и проводили ежедневные взвешивания. При сбраживании сахара 70 г/дм³ производили посев на чашки Петри с агаризованной питательной средой следующего состава: дрожжевой экстракт – 10 г/ дм³, пептон – 20 г/ дм³, глюкоза – 20 г/ дм³, агар-агар – 18 г/ дм³. Из выросших на плотной среде отдельных колоний случайным образом отвивали монокультуры дрожжей на твердую питательную среду того же состава. Суммарно было получено 90 изолятов винных дрожжей (30 колоний с каждого образца виноградного сусла) [22].

Родовая и видовая идентификация штаммов дрожжей. Родовую идентификацию штаммов проводили с использованием элективного теста Lysine Medium Base (Himedia, Индия). Изоляты, не способные расти на данной среде, относили к роду *Saccharomyces*. Данный подход часто используется для идентификации сахаромицетов в популяции дрожжей [23]. Видовую идентификацию штаммов *Saccharomyces cerevisiae* проводили с использованием молекулярно-генетических методов. Экстракцию ДНК, выполняли согласно рекомендациям [24]. Идентификацию видовой принадлежности осуществляли с использованием праймеров ScHO-F (5'- GTTAGATCCCAGGCGTAGAACAG-3') и ScHO-R (5'- GCGAGTACTGGACCAAATCTTATG-3'). Денатурацию проводили при 94 °С в течение 4 мин, затем 35 циклов по следующей программе: 98 °С – 10 с., 50 °С – 1 мин., 68 °С – 1 мин. Продукты амплификации разделяли электрофорезом на 1,5 % (w/v) агарозном геле [25].

Лабораторные исследования выполняли на базе НЦ «Виноделия» и Центра коллективного пользования высокоточным оборудованием СКФНЦСВВ с использованием методик и действующих ГОСТ. Приготовление белого виноматериала проводили по схеме: сбор винограда, прессование с отделением самотечной фракции сусла, брожение сусла исследуемыми изолятами дрожжей, дображивание виноматериала, снятие с дрожжевого осадка, самопроизвольное осветление отстаиванием.

Определение бродильной способности штаммов. В подготовленное сульфитированное (80 мг/дм^3 общего диоксида серы) сусло из белого сорта винограда Оницканский вносили 2-3 суточные дрожжевые разводки (2 %). Отмечали начало забраживания и с использованием рефрактометрического метода исследовали активность брожения. По окончании брожения образцы виноматериалов были проанализированы.

Определение сахаров проводили согласно ГОСТ 13192-73 [26]. Определение щелочных и щелочно-земельных металлов согласно методике Ю.Ф. Якубы [27]. Способность дрожжей выделять сероводород определяли качественным методом [28]. Определение массовой концентрации ароматобразующих компонентов проводили с использованием метода газожидкостной хроматографии на приборе «Кристалл 2000». Определение органических кислот аминокислот осуществляли с помощью метода капиллярного электрофореза ГОСТ Р 52841-2007 [29], СТП 00668031/015-2007 [30]; массовой концентрации летучих кислот согласно ГОСТ 32001-2012 [31]; методы органолептического анализа согласно ГОСТ 32051-2013[32].

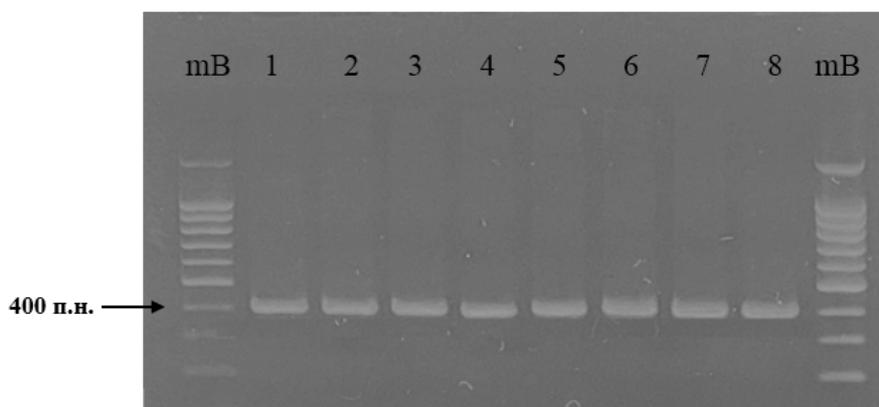
Обсуждение результатов. Проведена родовая идентификация изучаемых штаммов, изолированных из природных источников. Доля сахаромицетов варьировала в широком диапазоне. Анализ 90 штаммов дрожжевых изолятов позволил выделить 40 представителей рода *Saccharomyces*, что составляет 44,4 % (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты родовой идентификации автохтонных штаммов

№ п/п	Наименование образца	Кол-во штаммов	Кол-во сахаромицетов, шт. (%)
1	Пти Мансан (с. Молдаванское «Долина Лефкадия»)	30	17 (56,7 %)
2	Мерло (с. Молдаванское «Долина Лефкадия»)	30	10 (33,3 %)
3	Красностоп анапский (пос. Таманский, АФ «Южная»)	30	13 (43,3 %)
Итого		90	40 (44,4 %)

Доля сахаромицетов находилась в пределах 33,3 (Мерло, с. Молдаванское «Долина Лефкадия») – 56,7 % (Пти Мансан, с. Молдаванское «Долина Лефкадия»).

Следующим этапом было определение принадлежности выделенных штаммов к виду *Saccharomyces cerevisiae*. Используя молекулярно-генетические методы, выявлено, что 40 представителей рода *Saccharomyces* относятся к виду *Saccharomyces cerevisiae* (рис. 1).



Примечания: mB- маркер молекулярного веса, 100 п.н., 1- контроль (*Oenoferm Rouge*); 2-8 – исследуемые штаммы дрожжей рода *Saccharomyces*;

Рис. 1. Электрофореграмма продуктов ПЦР реакции с использованием праймерной пары ScHO-F/ScHO-R

Из рисунка 1 видно, что все изучаемые штаммы рода *Saccharomyces* имеют ПЦР продукт размером 400 п.н. Данный факт позволяет отнести изучаемые штаммы к виду *Saccharomyces cerevisiae*.

Селекция перспективных для виноделия штаммов проводится на основании оценки их технологических свойств. На первом этапе отбора перспективных изолятов провели оценку способности к полному выбраживанию сахаров, а также способности к продуцированию сероводорода (табл. 2).

Таблица 2 – Бродильная и сероводородобразующая способность изучаемых штаммов

№ п/п	Штамм	Массовая конц-я сахаров, г/дм ³	Образование H ₂ S, балл*	№ п/п	Штамм	Массовая конц-я сахаров, г/дм ³	Образование H ₂ S, балл*
1	ЛП19-1	1,3	1	21	ТК20-4	3,3	1
2	ЛП19-2	4,3	2	22	ТК20-5	10,1	3
3	ЛП19-3	6,2	2	23	ТК20-7	2,5	1
4	ЛП19-5	4,8	3	24	ТК20-9	5,4	1
5	ЛП19-6	4,5	1	25	ТК20-11	1,7	1
6	ЛП19-7	6,6	1	26	ТК20-12	2,3	2
7	ЛП19-8	3,7	2	27	ТК20-13	5,1	2
8	ЛП19-9	1,5	0	28	ТК20-14	6,8	1
9	ЛП19-10	5,2	1	29	ТК20-17	9,2	1
10	ЛП19-11	3,3	2	30	ТК20-19	7,1	3
11	ЛП19-13	3,5	1	31	ЛМ19-3	2,1	0
12	ЛП19-15	5,7	1	32	ЛМ19-5	8,1	2
13	ЛП19-16	3,5	1	33	ЛМ19-7	15,1	1
14	ЛП19-17	9,7	0	34	ЛМ19-9	6,1	2
15	ЛП19-18	2,1	3	35	ЛМ19-10	4,5	1
16	ЛП19-19	5,1	2	36	ЛМ19-11	6,2	2
17	ЛП19-20	5,6	1	37	ЛМ19-19	7,1	3
18	ТК20-1	4,3	2	38	ЛМ19-20	6,2	1
19	ТК20-2	14,7	1	39	ЛМ19-22	5,0	1
20	ТК20-3	5,1	1	40	ЛМ19-25	3,2	1

*Примечания: 0 – нет почернения (сероводород не образуется); 1 – почернения до 1 мм (низкое образование сероводорода); 2 – почернение 2-3 мм (среднее образование сероводорода); 3 – 4-5 мм (высокое образование сероводорода).

Скрининг дрожжей по способности к сбраживанию сахаров позволил выделить следующие штаммы: № 1, 7, 8, 10, 11, 13, 15, 21, 23, 25, 26, 31, 40 (номера вариантов идентичны таблице 2). Штаммы № 19 и № 37 отмечены как слабые бродильщики с образованием недобродов. Анализ способности дрожжей синтезировать сероводород показал, что для 21 штамма область почернения индикаторной бумаги была до 1 мм, что свидетельствует о

низком образовании сероводорода, 11 штаммов показали среднее образование сероводорода (2-3 мм), 6 штаммов характеризовались как активные продуценты сероводорода (рис. 2).

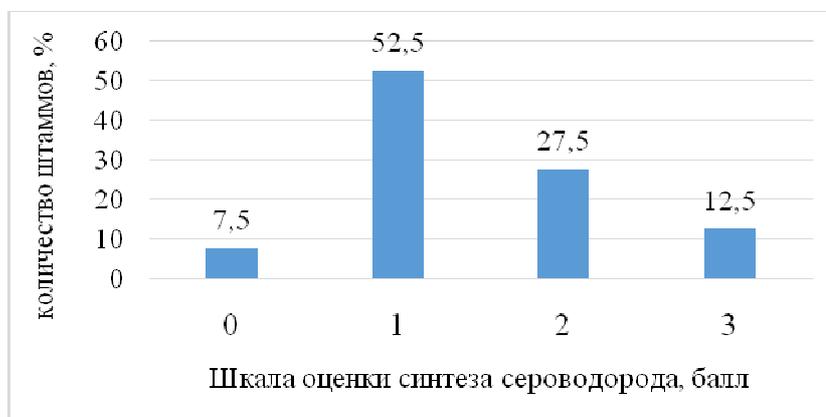


Рис. 2. Характеристика штаммов по способности к синтезу сероводорода

Стоит отметить, что штаммы № 1, 8, 11, 13, 21, 23, 25, 31 и 40 (номера вариантов идентичны таблице 2) обладали способностью к выбраживанию сахаров до концентрации 4 г/дм³ и вместе с тем не продуцировали или продуцировали в незначительном количестве H₂S, что является ценной характеристикой дрожжей для виноделия.

Отобранные в результате вышеописанных характеристик штаммы ЛП19-1, ЛП19-9, ТК20-11, ЛМ19-3 исследовали в полупроизводственных условиях цеха «Микровиноделие». Полученные виноматериалы были проанализированы (табл. 3). Концентрация титруемых кислот исходного сусла составляла 7 г/дм³, летучих кислот – 0,4 г/дм³.

Таблица 3 – Физико-химические показатели виноматериалов

Штамм дрожжей	Общая доля этилового спирта, %	Массовая концентрация						рН, ед
		титр. к-т, г/дм ³	летучих к-т, г/дм ³	общего диоксида серы, мг/дм ³	сахаров, г/дм ³	привед. экстракта, г/дм ³	суммы фенольных в-в, мг/дм ³	
ЛП19-1	11,8	6,8	0,82	37	1,3	17,0	347	3,1
ЛП19-9	11,3	9,2	0,78	88	1,5	16,8	417	3,0
ТК20-11	11,4	8,1	0,70	92	1,7	16,3	407	3,0
ЛМ19-3	11,4	8,0	0,78	70	2,1	16,0	389	3,0

Из таблицы 3 видно, что объемная доля этилового спирта варьировала от 11,3-11,8 %, что свидетельствует об активном сбраживании сахаров сусла. Массовая концентрация титруемых кислот в виноматериалах влияет на гармоничность вкуса. Сравнительный анализ показал, что в исследуемых образцах этот показатель варьировал в диапазоне 6,8-9,2 г/дм³, наибольшая концентрация отмечена в образце ЛП19-9. Сумма фенольных соединений в исследуемых виноматериалах варьировала в диапазоне 347 (ЛП19-1) – 417 (ЛП19-9) г/дм³. Массовая концентрация летучих кислот виноматериалов была в диапазоне 0,70-0,82 г/дм³. В исходном сусле концентрация летучих кислот была 0,4 г/дм³, в исследуемых образцах в среднем 0,77 г/дм³, что свидетельствует о синтезе соединений, формирующих органолептический профиль виноматериалов [4]. Показатель рН в образцах был идентичной величины.

Органические кислоты вина оказывают существенное влияние на формирование вкуса и аромата. В процессе брожения кислоты претерпевают существенные изменения, вызванные использованием части органических кислот развивающимися винными дрожжами. В таблице 4 приведены данные о содержании щавелевой, винной, яблочной, янтарной, лимонной и молочной кислот в исследуемых виноматериалах (табл. 4).

Таблица 4 – Массовая концентрация органических кислот в исследуемых виноматериалах, г/дм³

№ п/п	Шифр штамма	Массовая концентрация, г/дм ³					
		Щавелевая	Винная	Яблочная	Янтарная	Лимонная	Молочная
1	ЛП19-1	0,14±0,02	3,17±0,35	2,60±0,29	0,62±0,07	0,48±0,05	0,25±0,03
2	ЛП19-9	0,18±0,02	3,94±0,43	2,23±0,25	0,93±0,10	0,50±0,06	0,43±0,05
3	ТК20-11	0,16±0,02	3,68±0,40	2,97±0,33	0,56±0,06	0,50±0,06	0,21±0,02
4	ЛМ19-3	0,19±0,02	3,83±0,42	2,56±0,28	0,71±0,08	0,50±0,06	0,30±0,03

Так, концентрация винной кислоты в белых виноматериалах варьировала в диапазоне 3,17-3,94 г/дм³, яблочной кислоты 2,60-2,97 г/дм³. Содержание янтарной кислоты в белых виноматериалах составило 0,56-0,93 г/дм³. Концентрация лимонной кислоты находилась в диапазоне 0,48-0,50 г/дм³, что соответствует принятым нормам [33, 34]. Самые существенные различия выявлены по концентрациям янтарной и молочной кислот. Наибольшее количество янтарной кислоты отмечено в образце ЛП 19-9. Это позволяет предположить, что при использовании этого штамма для брожения сусле количество антиоксидантов в виноматериале будет выше, в сравнении с другими вариантами, поскольку соли янтарной кислоты проявляют антиоксидантные свойства, обеспечивая снижение интенсивности окислительных процессов [35]. Также известно о влиянии янтарной кислоты на органолептический профиль вин ввиду формирования в процессе выдержки ароматических эфиров [4]. Молочная кислота может синтезироваться дрожжами в процессе яблочно-молочного брожения. Из литературных источников известно, что дрожжи вида *S. cerevisiae* способны к синтезу молочной кислоты в незначительных количествах [35], нами отмечена вариация концентраций молочной кислоты в диапазоне 0,21-0,43 г/дм³.

Содержание в виноградных винах щелочных и щелочно-земельных металлов, в первую очередь, обуславливается типом и составом почв, а также зависит от используемых удобрений и пестицидов при выращивании виноградного растения [36]. Дрожжи могут потреблять катионы металлов, особенно калия, в небольших количествах или использовать их в процессе своего метаболизма. Проведенные исследования показали незначительную вариацию концентраций щелочных и щелочно-земельных элементов, что свидетельствует о близком механизме действия дрожжей (табл. 5).

Таблица 5 – Массовая концентрация щелочных и щелочно-земельных катионов металлов в виноматериалах, мг/дм³

№ п/п	Наименование образца	Массовая концентрация, мг/дм ³			
		Калий	Натрий	Магний	Кальций
1	ЛП19-1	383,8	12,23	44,57	49,15
2	ЛП19-9	381,4	8,26	39,09	34,24
3	ТК20-11	401,0	8,57	42,04	39,10
4	ЛМ19-3	384,4	11,79	42,59	39,47

Состав аминокислот в виноматериалах зависит от сорта винограда, технологии пререработки, режима брожения и расы дрожжей [37]. Являясь предшественниками высших спиртов, эфиров и других соединений, аминокислоты влияют на органолептические свойства вина [38]. Наши исследования показали вариацию количественного и качественного состава аминокислот в виноматериалах (табл. 6).

Таблица 6 – Аминокислотный состав экспериментальных виноматериалов

Аминокислота, мг/дм ³	Варианты виноматериалов			
	ЛП19-1	ЛП19-9	ТК20-11	ЛМ19-3
Аргинин	26,22±3,93	68,53±10,28	56,27±8,44	44,31±6,65
Лизин	1,49±0,22	0,45±0,07	0,31±0,05	0,77±0,12
Гистидин	0,71±0,11	1,03±0,15	0,43±0,06	0,77±0,12
β-Фенилаланин	нет	нет	нет	2,14±0,32
Метионин	4,71±0,71	10,74±1,611	6,78±1,02	1,71±0,26
Лейцин	1,37±0,21	2,15±0,32	1,09±0,16	0,51±0,08
Валин	1,00±0,15	0,65±0,09	0,43±0,06	1,99±0,29
Пролин	462,32±69,35	315,61±47,34	219,92±32,98	172,93±25,94
Треонин	9,19±1,38	18,98±2,85	18,92±2,84	15,78±2,37
Серин	2,48±0,37	13,65±2,05	3,86±0,58	7,42±1,11
α-аланин	5,61±0,84	нет	2,28±0,34	1,88±0,28
Глицин	4,11±0,61	2,79±0,42	5,28±0,79	3,57±0,55
Сумма	519,19±77,88	434,58±65,19	315,57±47,33	253,78±38,07

В результате проведенных исследований (табл. 6) установлено, что сумма аминокислот в экспериментальных образцах изменялась от 253,78 (ЛМ19-3) до 519,19 (ЛП19-1) мг/дм³, при этом наибольшую долю составила аминокислота пролин (172,93-462,32 мг/дм³). Стоит отметить, что при использовании штамма ЛП19-9 в виноматериалах накапливалось большее количество ряда аминокислот: аргинин (68,53 мг/дм³), гистидин (1,03 мг/дм³), метионин (10,74 мг/дм³), лейцин (2,15 мг/дм³), треонин (18,98 мг/дм³), серин (13,65 мг/дм³). Аминокислота β-Фенилаланин отмечена только в образце ЛМ19-3 в концентрации 2,14 мг/дм³.

Результаты исследований по определению концентрации ароматобразующих компонентов в виноматериалах показали дифференциацию между изучаемыми образцами (табл. 7). Концентрация большинства компонентов варьирует в широком диапазоне и определяется биосинтетическими функциями винных дрожжей.

Таблица 7 – Содержание ароматобразующих компонентов в виноматериалах

Компонент, мг/дм ³	Варианты виноматериалов			
	ЛП19-1	ЛП19-9	ТК20-11	ЛМ19-3
ацетальдегид	6,58±0,99	19,27±2,89	30,12±4,5	38,94±5,84
метилацетат	0,77±0,11	нет	нет	нет
этилацетат	28,44±4,27	48,05±7,21	32,95±4,94	34,47±5,17
2-пропанол	0,33±0,05	0,41±0,06	нет	нет
1-пропанол	37,97±5,69	34,00±5,1	40,61±6,09	42,54±6,38
изобутанол	27,44±4,116	33,52±5,03	26,96±4,04	33,41±5,01
1-бутанол	1,71±0,26	0,81±0,12	0,72±0,11	0,38±0,06
изоамилол	117,88±17,63	89,22±13,38	90,32±13,55	87,4±13,11
1-пентанол	нет	0,25±0,04	0,24±0,04	0,44±0,07
этиллактат	1,53±0,23	1,4±0,21	1±0,15	1,03±0,15
гексанол	6,65±0,99	1,84±0,28	1,9±0,28	1,38±0,21
уксусная к-та	59,39±8,91	203,9±30,58	134,2±20,13	124,44±18,7
изомасляная к-та	нет	28,38±4,26	14,74±2,21	6,33±0,95
масляная к-та	нет	1,77±0,26	26,56±3,98	4,07±0,61
пропионовая к-та	13,06±1,96	нет	11,63±1,74	21,76±3,26
фенилэтанол	5,98±0,89	4,81±0,72	4,79±0,72	3,1±0,47
1,2-пропиленгликоль	нет	6,71±1,00	нет	нет

Ацетальдегид – один из важнейших компонентов, по величине которого можно судить о склонности вина к окислительным процессам [39]. Проведенные исследования показали, что концентрация ацетальдегида в образцах изменяется в диапазоне от 6,58 до 38,94 мг/дм³. Наименьшая концентрация отмечена в образце, произведенном с применением дрожжей штамма ЛП19-1. Большая способность к синтезу ацетальдегида характерна для образца ЛМ19-3.

Эфиры экспериментальных виноматериалов представлены метилацетатом, этилацетатом и этиллактатом. Наличие этилацетата в пороговых концентрациях обуславливает формирование фруктово-ягодных оттенков. По его концентрации можно выделить вариант ЛП19-9 (48,05 мг/дм³). Наименьшее значение данного компонента выявлено в образце ЛП19-1 (28,44 мг/дм³), у остальных вариантов – близкие значения.

В экспериментальных образцах идентифицировано большое разнообразие высших спиртов. Полученные результаты показали сходные значения по концентрации 1-пропанола, что свидетельствует о близости дезаминирующей способности новых штаммов дрожжей. Изобутанол, гексанол и пентанол в результате этерификации с органическими кислотами образуют эфиры, обладающие цветочными и фруктовыми тонами [40]. Концентрация изобутанола в исследуемых образцах варьировала от 26,96 до 33,52 мг/дм³. Пентанол не был обнаружен в образце ЛП19-1, а в других вариантах имел значения 0,24-0,44 мг/дм³. Наибольшая концентрация гексанола отмечена в образце ЛП19-1 (6,65 мг/дм³), в остальных вариантах имела близкие значения (1,38-1,92 мг/дм³). Фенилэтанол привносит в вино мягкие цветочные тона и тона чайной розы [41]. Наибольшая его концентрация отмечена в образце ЛП19-1. Действие летучих кислот на ароматические свойства вин неоднозначно. Так, уксусная кислота, с одной стороны, формирует резкие оттенки, а с другой стороны, ее эфиры, образующиеся в процессе созревания вина, обладают цветочно-фруктовыми тонами. Наибольшая концентрация уксусной кислоты отмечена у образца

ЛП19-9 (203,9 мг/дм³). В этом же варианте отмечена наибольшая концентрация изомасляной кислоты (28,38 мг/дм³), а в варианте ЛП19-1 изомасляная кислота не обнаружена вовсе. Содержание пропионовой кислоты было в диапазоне 11,63 (ТК20-11) – 21,76 мг/дм³ (ЛМ19-3), в варианте виноматериала, произведенного с использованием штамма ЛП19-9, пропионовая кислота не обнаружена. Диапазоны концентраций масляной кислоты 1,77 (ЛП19-9) – 26,56 мг/дм³ (ТК20-11), не обнаружена масляная кислота в варианте ЛП19-1. Содержание 1,2-пропиленгликоля, участвующего в мягкости вкуса, отмечено только в образце ЛП19-9.

Совокупным показателем качества вина является его дегустационная оценка. Исследования показали, что 3 из 4 исследуемых виноматериалов характеризовались высоким качеством. Наивысший балл в ходе дегустационной оценки был у образца ЛМ19-3, аромат которого характеризовался как чистый, с ягодными и плодовыми оттенками, вкус полный, свежий (табл. 7).

Таблица 7 – Органолептическая характеристика экспериментальных образцов виноматериалов

№ п/п	Наименование образца	Органолептическая характеристика	Средний балл
1	ЛП19-1	Прозрачный, без осадка и посторонних включений. Цвет соломенный. Аромат чистый, яркий с цветочными и плодовыми оттенками. Вкус чистый, полный	8,0
2	ЛП19-9	Прозрачный, без осадка и посторонних включений. Цвет соломенный. Аромат и вкус с посторонними тонами этилацетата и квашения	–
3	ТК20-11	Прозрачный, без осадка и посторонних включений. Цвет соломенный. Аромат чистый, яркий с ягодными, плодовыми и цветочными оттенками. Вкус полный, умеренно свежий	7,9
4	ЛМ19-3	Прозрачный, без осадка и посторонних включений. Цвет соломенный. Аромат чистый с ягодными и плодовыми оттенками. Вкус чистый, полный, свежий, минеральный	8,1

Исходя из полученных данных можно отметить, что при использовании штамма ЛП19-9 в вине были отмечены посторонние тона. Остальные штаммы в ходе дегустационной оценки получили высокие баллы (7,9-8,1).

Выводы. Установлено, что белые виноматериалы, полученные с использованием местных штаммов *Saccharomyces cerevisiae*, показали дифференциацию в концентрациях содержания органических кислот, аминокислот и летучих ароматобразующих компонентов. Проведенные исследования подтверждают значительную роль штаммов дрожжей в формировании ароматобразующего комплекса вин, что актуализирует исследования по поиску новых перспективных штаммов *Saccharomyces cerevisiae* из природных популяций. Применение штаммов ЛП19-1, ТК20-11 и ЛМ19-3 обеспечивает получение качественных виноматериалов с высокими органолептическими характеристиками.

Литература

1. Беляева М.С., Пискун Е.И. Виноградарско-винодельческая отрасль в развитии агропромышленного комплекса регионов России // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». 2022. № 4. С. 31-41. EDN: VCAGEA. DOI: 10.14529/em220404. <https://elibrary.ru/item.asp?id=50009960>
2. О виноградарстве и виноделии в Российской Федерации: Федер. Закон [Принят Гос. Думой 27.12.2019] // Собрание законодательств РФ.
3. Абрамова Л.С., Аблаев Р.Р., Левчук К.С. Состояние и перспективы развития виноградо-винодельческой отрасли Российской Федерации [Электронный ресурс] // Вектор Экономики. 2020. № 4. 11 с. EDN: AGQNKA. Режим доступа: http://vectoreconomy.ru/images/publications/2020/4/worldeconomy/Abramova_Ablaev_Levc_huk.pdf (дата обращения: 01.04.2023).
4. Wójcicki M., Świder O., Choińska R. New isolated autochthonous strains of *S. Cerevisiae* for fermentation of two grape varieties grown in Poland // Appl. Sci. 2022. Vol. 12(7). 3483. DOI: 10.3390/app12073483.
5. Авидзба А.М. и др. Проблемы развития виноделия с географическим статусом в Крыму и пути их решения // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2016. № 1. С. 25-30. EDN: VPFIFZ. <https://elibrary.ru/item.asp?id=25645698>
6. Manzanares P., Vallés S., Viana F. Non-Saccharomyces yeasts in the winemaking process / Molecular wine microbiology // Edited by: A.V. Carrascosa, R. Muñoz, R. González. Academic Press, 2011. P. 1-32. DOI: 10.1016/B978-0-12-375021-1.10001-3
7. Sotolář R., Lampř L. Effect of Yeasts on Aromatic Profiles of wines from 'Cabernet' Grapevine Cultivars // Kvasnyprumysl. 2017. Vol. 63 (3). P. 139-147. DOI: 10.18832/kp201717
8. Vontrovová E., Kubizniakova P., Fiala J., Sochor J., Matoulková D. Autochthonous yeasts as one of the tools to produce wines by original technologies // Kvasnyprumysl. 2019. Vol. 65(1). P. 38-45. DOI: 10.18832/kp2019.65.38
9. Capozzi V., Garofalo C., Chiriatti M.A. Microbial terroir and food innovation: The case of yeast biodiversity in wine // Microbiol. Res. 2015. № 181. P. 75-83. DOI: 10.1016/j.micres.2015.10.005.
10. Padilla B., Zulian L., Ferreres À., Pastor R., Esteve-Zarzoso B., Beltran G., Mas A. Sequential inoculation of native non-Saccharomyces and *Saccharomyces cerevisiae* strains for wine making // Front. Microbiol. 2017. Vol. 8. 1293. DOI: 10.3389/fmicb.2017.01293

11. Tofalo R., Perpetuini G., Schirone M., Fasoli G., Aguzzi I., Corsetti A., Suzzi G. Biogeographical characterization of *Saccharomyces cerevisiae* wine yeast by molecular methods // *Front. Microb.* 2013. Vol. 4. 166. DOI: 10.3389/fmicb.2013.00166

12. Callejon R.M., Clavijo A., Ortigueira P., Troncoso A.M., Paneque P., Morales M.L. Volatile and sensory profile of organic red wines produced by different selected autochthonous and commercial *Saccharomyces cerevisiae* strains // *Analytica Chimica Acta.* 2010. Vol. 660. P. 68-75. DOI: 10.1016/j.aca.2009.09.040

13. Ilieva F., Petrov K., Veličkovska S.K., Gunova N., Dimovska V., Rocha J.M.F., Esatbeyoglu T. Influence of autochthonous and commercial yeast strains on fermentation and quality of wines produced from Vranec and Cabernet Sauvignon grape varieties from Tikveš wine-growing region, Republic of North Macedonia // *Appl. Sci.* 2021. Vol. 11. 6135. DOI: 10.3390/app11136135.

14. Ilieva F., Kostadinović Veličkovska S., Dimovska V., Mirhosseini H., Spasov N. Selection of 80 newly isolated autochthonous yeast strains from the Tikveš region of Macedonia and their impact on the quality of red wines produced from Vranec and Cabernet Sauvignon grape varieties // *Food Chemistry.* 2017. Vol. 216. P. 309-315. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.08.049

15. Шаламитский М.Ю., Танащук Т.Н., Загоруйко В.А. Влияние штаммов дрожжей на ароматический комплекс виноматериалов из винограда сорта Цитронный Магарач // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2021. Т. 23(1). С. 66-71. EDN: ЕКТВУЗ. DOI: 10.35547/ИМ.2021.96.26.011. <https://elibrary.ru/item.asp?id=44858683>

16. Шаламитский М.Ю., Червяк С.Н., Танащук Т.Н., Черноусова И.В., Загоруйко В.И., Иванова Е.В. Селекция новых штаммов дрожжей для производства белых сухих виноматериалов // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2022. №24(4). С. 376-380. EDN: RJEONS. DOI: 10.34919/ИМ.2022.35.66.011. <https://elibrary.ru/item.asp?id=49966215>

17. Штамм дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* Y-4270 для производства красных столовых вин: патент РФ № RU 2636024 C12N1/16; C12G1/00 / Котенко С.Ц., Аливердиева Д.А., Садулаев М.М., Пальян Ю.Л., Халилова Э.А., Исламмагомедова Э.А., Абакарова А.А.; заявл. 12.12.2016; опубли. 17.11.2017, Бюл. № 32. 5 с. EDN: XFWTOF. <https://elibrary.ru/item.asp?id=38273203>

18. Агеева Н.М. и др. Влияние дрожжей-сахаромицетов, выделенных из спонтанной микрофлоры винограда, на химический состав красного столового вина // Известия высших учебных заведений // Пищевая технология. 2017. № 2-3 (356-357). С. 23-28. EDN: ZAUJXH. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29739261>

19. Агеева Н.М., Прах А.В., Насонов А.И., Супрун И.И. Влияние новых штаммов винных дрожжей, выделенных из спонтанной микрофлоры винограда, на качество красных столовых вин // Научные труды СКФНЦСВВ. 2018. Т. 15. С. 153-156. EDN: XNROTR. DOI: 10.30679/2587-9847-2018-15-153-156. <https://elibrary.ru/item.asp?id=34940138>

20. Супрун И.И., Лободина Е.В., Агеева Н.М., Аль-Накиб Е.А. Создание коллекции автохтонных штаммов винных дрожжей [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. № 71(5). С. 326-341. Режим доступа: <http://journalkubansad.ru/pdf/21/05/25.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2021-5-71-326-341 (дата обращения: 06.06.2023).

21. Лободина Е.В., Аль-Накиб Е.А., Авакимян А.О. Новые штаммы дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, изолированные на сорте ПтиМансан, и их технологические характеристики // Научные труды СКФНЦСВВ. 2022. Т. 35. С. 123-127. EDN: ZLANEK. DOI: 10.30679/2587-9847-2022-35-123-127. <https://elibrary.ru/item.asp?id=49424615>

22. Schuller D., Pereira L., Alves H., et. al. Genetic characterization of commercial *Saccharomyces cerevisiae* isolates recovered from vineyard environments // *Yeast*. 2007. Vol. 24(8). P. 625-636. DOI: 10.1002/yea.1496

23. Csoma H., Zakany N., Capece A., et. al. Biological diversity of *Saccharomyces* yeasts of spontaneously fermenting wines in four wine regions: Comparative genotypic and phenotypic analysis // *International Journal of Food Microbiology*. 2010. Vol. 140. P. 239-248. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.03.024

24. Granchi L., Bosco M., Messini A., Vincenzini M. Rapid detection and quantification of yeast species during spontaneous wine fermentation by PCR-RFLP analysis of the rDNA ITS region // *Journal of Applied Microbiology*. 1999. № 87. P. 949-956. DOI: 10.1046/j.1365-2672.1999.00600.x

25. De Melo Pereira G.V., Ramos C.L., Galvao C., et. al. Use of specific PCR primers to identify three important industrial species of *Saccharomyces* genus: *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces bayanus* and *Saccharomyces pastorianus* // *Applied Microbiology*. 2010. Vol. 51. P. 131-137. DOI: 10.1111/j.1472-765X.2010.02868.x

26. ГОСТ 13192-73 Вина, виноматериалы и коньяки. Метод определения сахаров

27. Якуба Ю.Ф. Применение капиллярного электрофореза для определения катионов в винах специальных технологий // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. 2006. Т. 72. № 4. С. 11-15. EDN: HUMCCL. <https://elibrary.ru/item.asp?id=9252148>

28. Егоров Н.С. Практикум по микробиологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1976. С. 143-144.

29. ГОСТ Р 52841-2007. Продукция винодельческая. Определение органических кислот методом капиллярного электрофореза.

30. СТП 00668031/015-2007. Определение аминокислотного состава методом капиллярного электрофореза.

31. ГОСТ 32001-2012. Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Метод определения массовой концентрации летучих кислот.

32. ГОСТ 32051-2013 Продукция винодельческая. Методы органолептического анализа.

33. Якуба Ю. Ф., Темердашев З. А., Халафьян А. А. Применение классификационного анализа для оценки качества вин в номинальной шкале // *Журнал Аналитической Химии*. 2016. Том 71. № 2. С. 212-222. EDN: TFDLFT. DOI: 10.7868/S004445021602016X. <https://elibrary.ru/item.asp?id=25343482>

34. Якуба Ю.Ф., Темердашев З.А. Хроматографические методы в анализе и идентификации виноградных вин // *Аналитика и контроль*. 2015. Т. 19. № 4. С. 288-301. EDN: VCMIDD. DOI: 10.15826/analitika.2015.19.4.013

35. Пескова И.В., Остроухова Е.В., Луткова Н.Ю., Зайцева О.В. Влияние штамма дрожжей на состав органических кислот вина // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2020. Т. 22(2). С. 174-178. EDN: GIBNVE. DOI: 10.35547/IM.2020.35.80.017

36. Кушнерева Е.В., Гугучкина Т.И. Исследование комплекса биологически ценных компонентов виноградных вин // *Виноградарство и Виноделие*. 2012. Т. 42. С. 95-99. EDN: VDAEAV. <https://elibrary.ru/item.asp?id=25088255>

37. Агеева Н.М., Якуба Ю.Ф., Павлова А.Н., Даниелян А.Ю. Новые расы дрожжей для производства столовых вин // *Виноделие и виноградарство*. 2014. № 4. С. 16-19. EDN: TJSXKP. <https://elibrary.ru/item.asp?id=23019112>

38. Soufleros E.H, Bouloumpasi E., Tsarchopoulos C., Biliaderis C.G. Primary amino acid profiles of Greek white wines and their use in classification according to variety, origin and vintage // *Food Chemistry*. 2003. Vol. 80 (2). P. 261-273. DOI: 10.1016/S0308-8146(02)00271-6

39. Нилов В.И., Датунашвили Е.Н. Ферментативные реакции при созревании вин и проблема переокисленности // Вопросы биохимии виноделия. 1961. С. 89-97.

40. Furdíková K., Malík F. Influence of yeast on the aroma profile of wine // Kvasny Průmysl. 2007. Vol. 53. P. 215-221. DOI: 10/18832/kp2007013

41. Franco M., Peinado R.A., Medina M., Moreno J. Off vine grape drying effect on volatile compounds and aromatic series in must from Pedro Ximénez grape variety // Agric. FoodChem. 2004. Vol. 52. P. 3905-3910. DOI: 10.1021/jf0354949.

References

1. Beliaeva M. S., Piskun E. I. Viticulture and winemaking industry in the development of the agro-industrial complex of Russian regions // Bulletin of the South Ural state university. Series: Economics and Management. 2022. Vol. 4. P. 31-41. EDN: VCAGEA. DOI: 10.14529/em220404. <https://elibrary.ru/item.asp?id=50009960> (in Russian).

2. On viticulture and winemaking in the Russian Federation: Feder. Law [Adopted by State. Duma 12/27/2019] // Collection of laws of the Russian Federation. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_341772/fd5b9f9038b62dcd73754df3b7a5a813a1331466/ (in Russian).

3. Abramova L. S., Ablav R.R., Levchuk K.S. State and prospects for the development of the grape and wine industry of the Russian Federation [Electronic resource] // Vector economy. 2020. Vol. 4(46). P. 11. EDN: AGQNKA Available at: http://vectoreconomy.ru/images/publications/2020/4/worldconomy/Abramova_Ablav_Levchuk.pdf (accessed date: 01.04.2023) (in Russian).

4. Wójcicki M., Świder O., Choińska R. New isolated autochthonous strains of *S. Cerevisiae* for fermentation of two grape varieties grown in Poland // Appl. Sci. 2022. Vol. 12(7). 3483. DOI: 10.3390/app12073483.

5. Avidzba A. M., Alanetskii A. IA., Ostroukhova E. V., Boiko V. A., Lifshits L. V. Problems of development of winemaking with the geographical status in the Crimea and their solutions // Magarach. Viticulture and vinemaking. 2016. Vol. 1. P. 25-30. EDN: VPFIFZ. <https://elibrary.ru/item.asp?id=25645698> (in Russian)

6. Manzanares P., Vallés S., Viana F. Non-Saccharomyces yeasts in the winemaking process / Molecular wine microbiology // Edited by: A.V. Carrascosa, R. Muñoz, R. González. Academic Press, 2011. P. 1-32. DOI: 10.1016/B978-0-12-375021-1.10001-3

7. Sotolář R., Lampíř L. Effect of Yeasts on Aromatic Profiles of wines from ‘Cabernet’ Grapevine Cultivars // Kvasnyprumysl. 2017. Vol. 63 (3). P. 139-147. DOI: 10.18832/kp201717

8. Vontrobová E., Kubizniakova P., Fiala J., Sochor J., Matoulková D. Autochthonous yeasts as one of the tools to produce wines by original technologies // Kvasnyprumysl. 2019. Vol. 65(1). P. 38-45. DOI: 10.18832/kp2019.65.38

9. Capozzi V., Garofalo C., Chiriatti M.A. Microbial terroir and food innovation: The case of yeast biodiversity in wine // Microbiol. Res. 2015. № 181. P. 75-83. DOI: 10.1016/j.micres.2015.10.005.

10. Padilla B., Zulian L., Ferreres À., Pastor R., Esteve-Zarzoso B., Beltran G., Mas A. Sequential inoculation of native non-Saccharomyces and *Saccharomyces cerevisiae* strains for wine making // Front. Microbiol. 2017. Vol. 8. 1293. DOI: 10.3389/fmicb.2017.01293

11. Tofalo R., Perpetuini G., Schirone M., Fasoli G., Aguzzi I., Corsetti A., Suzzi G. Biogeographical characterization of *Saccharomyces cerevisiae* wine yeast by molecular methods // Front. Microb. 2013. Vol. 4. 166. DOI: 10.3389/fmicb.2013.00166

12. Callejon R.M., Clavijo A., Ortigueira P., Troncoso A.M., Paneque P., Morales M.L. Volatile and sensory profile of organic red wines produced by different selected autochthonous and commercial *Saccharomyces cerevisiae* strains // Analytica Chimica Acta. 2010. Vol. 660. P. 68-75. DOI: 10.1016/j.aca.2009.09.040

13. Ilieva F., Petrov K., Veličkovska S.K., Gunova N., Dimovska V., Rocha J.M.F., Esatbeyoglu T. Influence of autochthonous and commercial yeast strains on fermentation and quality of wines produced from Vranec and Cabernet Sauvignon grape varieties from Tikveš wine-growing region, Republic of North Macedonia // *Appl. Sci.* 2021. Vol. 11. 6135. DOI: 10.3390/app11136135.

14. Ilieva F., Kostadinović Veličkovska S., Dimovska V., Mirhosseini H., Spasov H. Selection of 80 newly isolated autochthonous yeast strains from the Tikveš region of Macedonia and their impact on the quality of red wines produced from Vranec and Cabernet Sauvignon grape varieties // *Food Chemistry.* 2017. Vol. 216. P. 309-315. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.08.049

15. Shalamitskiy M. Yu., Tanashchuk T. N., Zagoruiko V. A. The effect of yeast strains on the formation of aromat complex of base wines from 'Tsitronnyi Magarach' grape variety // *Magarach. Viticulture and vinemaking.* 2021. Vol. 23(1). P. 66-71. EDN: EKTBYZ. DOI: 10.35547/IM.2021.96.26.011. <https://elibrary.ru/item.asp?id=44858683> (in Russian)

16. Shalamitskiy M. Yu., Cherviak S.N., Tanashchuk T.N., Chernousova I.V., Zagoruiko V.I., Ivanova E.V. Selection of new yeast strains for the production of dry base wines // *Magarach. Viticulture and vinemaking.* 2022. Vol. 24(4). P. 376-380. EDN: RJEONS. DOI: 10.34919/IM.2022.35.66.011. <https://elibrary.ru/item.asp?id=49966215> (in Russian)

17. Yeast strain *Saccharomyces cerevisiae* Y-4270 for the production of red table wines: patent Russian Federation № RU 2636024 C12N1/16; C12G1/00 / Kotenko S. TS., Aliverdieva D. A., Sadulaev M. M., Palian IU. L., KHalilova E. A., Islammagomedova E. A., Abakarova A. A.; declared 12.12.2016; publ. 17.11.2017, Bull. № 32. 5 p. EDN: XFWTOF. <https://elibrary.ru/item.asp?id=38273203> (in Russian).

18. Ageeva N.M., Markovsky 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 // *Food technology.* 2017. № 2-3 (356-357). P. 23-28. EDN: ZAUJXH. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29739261> (in Russian).

19. Ageeva N.M., Prakh A.V., Nasonov A.I., Suprun I.I. Influence of new strains of wine yeast, selected from spontaneous vine microflora, the quality of table wines // *Scientific works of NCFSCHVW.* 2018. Vol. 15. P. 153-156. EDN: XNROTR. DOI: 10.30679/2587-9847-2018-15-153-156. <https://elibrary.ru/item.asp?id=34940138> (in Russian).

20. Suprun I.I., Lobodina E.V., Ageeva N.M., Al-Nakib E.A. Creation of a collection of autochthonous strains of wine yeast // *Fruit growing and viticulture of South Russia.* 2021. № 71 (5). P. 326-341. Available at: <http://journalkubansad.ru/pdf/21/05/25.pdf> DOI: 10.30679/2219-5335-2021-5-71-326-341 (accessed date: 06.06.2023) (in Russian).

21. Lobodina E.V., Al-Nakib E.A., Avakimyan A.O. New strains of *Saccharomyces cerevisiae* yeast, isolated on Petit Mansan variety, and their technological characteristics // *Scientific works of NCFSCHVW.* 2022. Vol. 35. P. 123-127. EDN: ZLANEK. DOI: 10.30679/2587-9847-2022-35-123-127. <https://elibrary.ru/item.asp?id=49424615> (in Russian)

22. Schuller D., Pereira L., Alves H., et. al. Genetic characterization of commercial *Saccharomyces cerevisiae* isolates recovered from vineyard environments // *Yeast.* 2007. Vol. 24(8). P. 625-636. DOI: 10.1002/yea.1496

23. Csoma H., Zakany N., Capece A., et. al. Biological diversity of *Saccharomyces* yeasts of spontaneously fermenting wines in four wine regions: Comparative genotypic and phenotypic analysis // *International Journal of Food Microbiology.* 2010. Vol. 140. P. 239-248. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.03.024

24. Granchi L., Bosco M., Messini A., Vincenzini M. Rapid detection and quantification of yeast species during spontaneous wine fermentation by PCR-RFLP analysis of the rDNA ITS region // *Journal of Applied Microbiology.* 1999. № 87. P. 949-956. DOI: 10.1046/j.1365-2672.1999.00600.x

25. De Melo Pereira G.V., Ramos C.L., Galvao C., et. al. Use of specific PCR primers to identify three important industrial species of *Saccharomyces* genus: *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces bayanus* and *Saccharomyces pastorianus* // *Applied Microbiology*. 2010. Vol. 51. P. 131-137. DOI: 10.1111/j.1472-765X.2010.02868.x
26. GOST 13192-73 Wines, wine materials and cognacs. Method for determination of sugars ([in Russian](#))
27. Yakuba Yu.F. Application of a capillary electrophoresis for determination of cations in wines of special technologies // *Factory laboratory. material diagnostics*. 2006. Vol. 72, № 4. P. 11-15. EDN: HUMCCL. <https://elibrary.ru/item.asp?id=9252148> ([in Russian](#))
28. Egorov N.S. Workshop on microbiology. M.: Publishing House of Moscow University, 1976. P. 143-144 ([in Russian](#))
29. GOST R 52841-2007. Wine products. Determination of organic acids by capillary electrophoresis ([in Russian](#))
30. STP 00668031/015-2007. Determination of amino acid composition by capillary electrophoresis ([in Russian](#))
31. GOST 32001-2012. Alcoholic products and raw materials for its production. Method for determining the mass concentration of volatile acids ([in Russian](#))
32. GOST 32051-2013 Wine products. Methods of organoleptic analysis ([in Russian](#))
33. Yakuba Yu.F., Temerdashev Z.A., Khalafyan A.A. Application of ranging analysis to the quality assessment of wines on a nominal scale // *Journal of Analytical Chemistry*. 2016. Volume 71. № 2. P. 212-222. EDN: TFDLFT. DOI: 10.7868/S004445021602016X <https://elibrary.ru/item.asp?id=25343482> ([in Russian](#))
34. Yakuba Yu.F., Temerdashev Z.A. Chromatography methods in the analysis and identification of grape wines // *Analytics and control*. 2015. Vol. 19, № 4. P. 288-301. EDN: VCMIDD. DOI: 10.15826/analitika.2015.19.4.013 ([in Russian](#))
35. Peskova I.V., Ostroukhova E.V., Lutkova N.Yu., Zaitseva O.V. Yeast strain effect on the composition of organic acids of wines // *Magarach. Viticulture and vinemaking*. 2020. Vol. 22(2). P. 174-178. EDN: GIBNVE. DOI: 10.35547/IM.2020.35.80.017 ([in Russian](#))
36. Kushnereva E.V., Guguchkina T.I. A study of the complex of biologically valuable components found in grape wines // *Viticulture and Winemaking*. 2012. Vol. 42. P. 95-99. EDN: VDAEAV. <https://elibrary.ru/item.asp?id=25088255> ([in Russian](#))
37. Ageeva N. M., Yakuba Yu. F., Pavlova A. N., Danielyan A. Yu. New yeast races for the production of table wines // *Wine-making and viticulture*. 2014. № 4. P. 16-19 EDN: TJSXKP. <https://elibrary.ru/item.asp?id=23019112> ([in Russian](#))
38. Soufleros E.H, Bouloumpasi E., Tsarchopoulos C., Biliaderis C.G. Primary amino acid profiles of Greek white wines and their use in classification according to variety, origin and vintage // *Food Chemistry*. 2003. Vol. 80 (2). P. 261-273. DOI: 10.1016/S0308-8146(02)00271-6
39. Nilov V. I., Datunashvili E.N. Enzymatic reactions during wine maturation and the problem of over-oxidation // *Questions of biochemistry of winemaking*. 1961. P. 89-97. ([in Russian](#))
40. Furdíková K., Malík F. Influence of yeast on the aroma profile of wine // *Kvasny Průmysl*. 2007. Vol. 53. P. 215-221. DOI: 10/18832/kp2007013
41. Franco M., Peinado R.A., Medina M., Moreno J. Off vine grape drying effect on volatile compounds and aromatic series in must from Pedro Ximénez grape variety // *Agric. FoodChem*. 2004. Vol. 52. P. 3905-3910. DOI: 10.1021/jf0354949.