



Поступила 24.03.2025

Поступила после рецензирования 18.11.2025

Принята в печать 21.11.2025

© Луткова Н. Ю., Иванова Е. В., Червяк С. Н., Лутков И. П., 2025

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ХРАНЕНИЯ ДРОЖЖЕЙ НА КАЧЕСТВО МОЛОДЫХ ИГРИСТЫХ ВИН

Луткова Н. Ю., Иванова Е. В., Червяк С. Н.*, Лутков И. П.

Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач»
Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Ялта, Россия**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АННОТАЦИЯ**

субкультивирование, глубокая заморозка, бродильная активность, органолептические свойства, пенистые свойства, игристые свойства, диоксид углерода

Для выработки качественных игристых вин необходимо использовать чистую культуру дрожжей вида *Saccharomyces cerevisiae*, способных сбраживать сахара при повышенном давлении CO₂ и отличающихся холодостойкостью и спиртоустойчивостью. Технологические свойства дрожжей должны сохраняться независимо от условий хранения культуры. Цель исследования — изучение физико-химических и органолептических свойств игристых вин, выработанных из винограда сорта Мускат белый с использованием штаммов дрожжей Севастопольская 23 (I-525) и Ленинградская (I-307). Указанные штаммы хранились в коллекции микроорганизмов виноделия «Магарач» методом субкультивирования и криоконсервации. В исследовании использовали методы, общепринятые в микробиологии виноделия и энотехнологии. В результате проведенных исследований существенного влияния условий хранения культуры дрожжей на их морфолого-культуральные признаки не выявлено. Штаммы сохранили форму и размеры клеток, характер осадка, фенотип, способность к образованию кольца и спорообразованию. Значительных различий в процессе брожения сусла при 26±1 °C с использованием исследуемых штаммов выявлено не было. При этом брожение на штамме I-525 проходило плавно, а на I-307 — ступенчато. Установлена стабильная устойчивость исследуемых штаммов дрожжей к изменению отдельных абиотических факторов. Брожение сусла при температуре 15–18 °C на штамме I-525 проходило значительно быстрее (на 5–21 день), чем на I-307. Образцы игристых вин, полученные с использованием штамма дрожжей I-307, отличались более высоким давлением CO₂ (на 9–21%) и содержанием связанных форм CO₂ (на 18,5–20,3%), а также значением коэффициента игристых свойств (K > 100) и лучшей устойчивостью пены (более 60 с). Метод хранения культуры дрожжей путем криоконсервации обеспечивает сохранение их основных морфолого-культуральных и технологических свойств при низких трудозатратах, что обуславливает целесообразность его применения для продолжительного хранения микроорганизмов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № FNZM-2024-0001.

Received 24.03.2025

Accepted in revised 18.11.2025

Accepted for publication 21.11.2025

© Lutkova N. Yu., Ivanova E. V., Cherviak S. N., Lutkov I. P., 2025

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Original scientific article

Open access

THE EFFECT OF THE YEAST STORAGE METHOD ON THE QUALITY OF YOUNG SPARKLING WINES

Nataliya Yu. Lutkova, Elena V. Ivanova, Sofiya N. Cherviak*, Igor P. Lutkov

All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking "Magarach"
of the National Research Centre "Kurchatov Institute", Yalta, Russia**KEYWORDS:**

subcultivation, deep freezing, fermentation activity, organoleptic properties, foamy properties, sparkling properties, carbon dioxide

ABSTRACT

For the production of high-quality sparkling wines it is necessary to use pure yeast culture of *Saccharomyces cerevisiae* species, which is able to ferment sugars at elevated CO₂ pressure and is characterized by cold and alcohol resistance. Technological properties of the yeast should be preserved regardless of the storage conditions of the culture. The aim of the research was to study the physicochemical and organoleptic properties of sparkling wines produced from white Muscat grapes using yeast strains 'Sevastopol'skaya 23' (I-525) and 'Leningrad'skaya' (I-307) stored in the collection of microorganisms of winemaking "Magarach" by subcultivation and cryopreservation. The study used generally accepted methods of microbiology and enochemistry of wine. As a result of the studies, no significant influence of the storage conditions of the yeast cultures on their morphological and cultural characteristics was revealed. The strains retained their cell shape and size, unchanged sediment character, strain phenotype, ability to form a ring and spores. No significant differences were found in the process of must fermentation at 26±1 °C using the studied strains. At the same time, fermentation with the strain I-525 was smooth, and with the strain I-307 — stepwise. Stable resistance of the studied yeast strains to changes in some abiotic factors was found. Fermentation of must at a temperature of 15–18 °C with the strain I-525 was much faster (5–21 days) than with I-307. The sparkling wine samples obtained with the yeast strain I-307 were characterized by higher CO₂ pressure (by 9–21%) and content of bound forms of CO₂ (by 18.5–20.3%), as well as by the value of the coefficient of sparkling properties (K>100) and better foam stability (more than 60 s). The method of storing yeast cultures by cryopreservation ensures the preservation of their basic morphological, cultural and technological properties at low labor costs, which makes it advisable to use it for long-term storage of microorganisms.

FUNDING: The work was conducted under state assignment No. FNZM-2024-0001.

1. Введение

Производство высококачественных вин основывается на брожении виноградного сусла с использованием селекционных штаммов дрожжей. Благодаря высокой надежности ферментации штаммы

Saccharomyces cerevisiae являются основным видом дрожжей, применяемых для проведения спиртового брожения. Использование коммерческих культур позволяет стабильно производить качественные вина преимущественно без индивидуальных различий [1]. На сегод-

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Луткова, Н. Ю., Иванова, Е. В., Червяк, С. Н., Лутков, И. П. (2025). Влияние способа хранения дрожжей на качество молодых игристых вин. Пищевые системы, 8(4), 524–532. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2025-8-4-524-532>

FOR CITATION: Lutkova, N. Yu., Ivanova, E. V., Cherviak, S. N., Lutkov, I. P. (2025). The effect of the yeast storage method on the quality of young sparkling wines. Food Systems, 8(4), 524–532. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2025-8-4-524-532>

няшний день исследователи из разных стран занимаются поиском штаммов дрожжей, обладающих широким спектром новых эногенетических свойств, способных придавать вину необходимые характеристики и удовлетворять любые запросы самых требовательных потребителей. В частности, многие научные работы посвящены коллекции и исследованию автохтонных штаммов дрожжей *S. cerevisiae*, обладающих хорошей бродильной способностью и обеспечивающих получение узнаваемой высококачественной продукции [2,3]. Кроме того, использование местных штаммов дрожжей является важной составляющей при производстве терруарных вин [4,5].

Вместе с тем производство качественной и безопасной винопродукции требует применения штаммов дрожжей с постоянными технологическими свойствами, на которые не должны влиять условия хранения культуры [6,7]. Коллекция чистых культур дрожжей и других микроорганизмов виноделия играет ключевую роль в развитии отрасли. В ней поддерживаются в жизнеспособном состоянии расы (штаммы) с сохраненными технологически значимыми свойствами, что позволяет рекомендовать их для производства различных типов вин и обеспечивает возможность дальнейшего пополнения промышленно ценными культурами [8,9]. Основная сложность, с которой сталкиваются работники микробиологических коллекций – необходимость длительного поддержания чистых культур в жизнеспособном состоянии. В последнее время для сохранения культур микроорганизмов используют много методов, таких как хранение при низких температурах (замораживание или охлаждение), лиофильная сушка, хранение под минеральным маслом, хранение на адсорбенте и др. [10,11].

Метод субкультивирования (хранения на питательных средах, или метод перевиваемых культур) предполагает перенос небольшого количества дрожжевой культуры в пробирку на свежую стерильную питательную среду (виноградное сусло, виноматериал с глюкозой). Перенос проводится 1–2 раза в 12 месяцев с последующим термостатированием при температуре $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$ и инкубированием в течение 3–5 суток до появления признаков активного брожения [12,13]. После этого пробирку хранят в холодильнике при температуре $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$. Сроки пересева для штаммов определяют скорость высыхания среды, что, в свою очередь, зависит от температуры и влажности холодильной камеры, где хранятся культуры. Также при многократных пересевах повышается вероятность потери активности микроорганизмов и подверженность спонтанным мутациям, в результате чего могут возникнуть новые формы с отличительными признаками [14].

Второй, более современный способ хранения микроорганизмов – это криоконсервация, основанная на переводе клеток микроорганизмов в состояние анабиоза путем воздействия низких температур (от минус $80 \pm 1^\circ\text{C}$ и ниже) [15,16]. К факторам, влияющим на сохранение жизнеспособности и биотехнологических свойств промышленно ценных штаммов дрожжей, относятся температура хранения исследуемых штаммов, скорость заморозки биоматериала, наличие криопротектора, возраст культуры [17,18]. Выживаемость и бродильная активность дрожжей штамма *S. cerevisiae*, замороженных в стационарной фазе роста при использовании 15–30% глицерина, к концу срока хранения составляет соответственно 99,8 и 77,9%.

Способ хранения микроорганизмов путем криоконсервации снижает риск генетических изменений, обеспечивает сохранение их жизнеспособности, генетической стабильности, заявленных физиологико-биохимических свойств и чистоты культуры, уменьшает временные и материальные затраты [19,20]. Данный способ хранения культуры позволяет использовать замороженные образцы в качестве прямого инокулянта [21,22].

Лиофилизация – это простой способ сохранить большое количество жизнеспособных микроорганизмов в порошкообразной форме [23,24]. Она относится к долгосрочным методам хранения и применяется для консервации многих видов бактерий и грибов в крупных коллекциях. Принцип метода заключается в высушивании клеток дрожжей из замороженного состояния (сублимационная сушка) под вакуумом без перехода в жидкую fazу [10,25]. Для дрожжей при лиофилизации обычно применяют охлаждение при температурах от минус 30°C до минус 70°C . При этом температура около минус 15°C , способствующая медленному замораживанию, дает наилучшие результаты [26]. Запаянные ампулы с лиофилизованными культурами хранят в темноте при комнатной температуре или в холодильнике с температурой 4–6 °C.

Такие культуры могут сохраняться в жизнеспособном состоянии в течение нескольких десятилетий. Недостатком этого способа является невозможность визуального контроля за жизнеспособностью культуры. Кроме того, не все виды дрожжей выдерживают процесс лиофилизации, что приводит к повреждению клеток, к их гибели

или к технологическому ухудшению качества, а при длительном хранении лиофилизованных культур могут происходить существенные изменения в их метаболизме [24,27]. Также было показано, что данный способ более эффективный в отношении дрожжей с мелкими клетками и аскоспорами, таких как *Pichia*, *Hansenula* и *Debaryomyces*. При этом крупноклеточные слабоспорулирующие или неспорулирующие дрожжи рода *Saccharomyces*, *Kluyveromyces*, *Dekkera* и *Brettanomyces* показали более низкую выживаемость [10].

В последнее время все чаще применяется еще один способ длительного хранения культур микроорганизмов – замораживание в жидким азоте. Замороженные в ампулах культуры хранятся в специальных контейнерах-рефрижераторах с жидким азотом при температуре минус 196°C . Данный способ обеспечивает сохранение жизнеспособных культур дрожжей в течение практически неограниченного времени [13].

При хранении под минеральным маслом активность дрожжей снижается. Вместе с тем в работе [22] была показана возможность хранения культур дрожжей при комнатной температуре на агаризованных средах в стеклянных пробирках для реагентов, покрытых васпаром (vaspar) и закрытых ватными пробками. Однако из 60 образцов удалось восстановить лишь треть.

Известно, что при длительном хранении культур дрожжей в коллекциях, отличающихся от природных и производственных, некоторые их свойства ослабевают или даже утрачиваются, например, способность к образованию зернистого осадка, спорообразованию, фенотип и некоторые другие [28,29].

Коллекция культур дрожжей для виноделия является важным фактором в развитии производства высококачественных вин, поскольку в ней в особых условиях сохраняются в жизнеспособном состоянии штаммы, обладающие необходимыми технологическими свойствами. При длительном хранении в коллекции чистых культур микроорганизмов и, в частности, дрожжей, важно сохранять присущие им особенности штамма.

Стабильное пополнение коллекционного фонда микроорганизмов и его сохранение становится все более трудоемкой задачей, что обуславливает необходимость поиска эффективных способов хранения культур. Коллекция микроорганизмов виноделия «Магарач» (КМВ «Магарач») [17] является одной из самых обширных по количеству культур, содержит более 700 штаммов сахаромицетов, хранение которых осуществляется как методом субкультивирования, так и методом глубокой заморозки.

Целью настоящей работы являлось изучение физико-химических и органолептических свойств молодых игристых вин, полученных с использованием штаммов дрожжей, заложенных на хранение в коллекцию «Магарач» методом субкультивирования и криоконсервации.

2. Объекты и методы

2.1. Объекты исследований

Исследования проводили в лаборатории микробиологии на базе НИЦ «Курчатовский институт» – «Магарач». При проведении исследований были использованы подходы и методы, общепринятые в микробиологии виноделия и энотехнологии.

В качестве объектов исследования было выбрано 2 промышленно-ценных штамма дрожжей Севастопольская 23 (I-525) и Ленинградская (I-307), рекомендуемых для производства тихих и игристых вин, длительное время хранящиеся в коллекции КМВ «Магарач» (Таблица 1) [17] как способом субкультивирования (С), так и способом глубокой заморозки (Т) при температуре (минус $81 \pm 1^\circ\text{C}$).

Метод субкультивирования штаммов дрожжей осуществляется путем пересевов (переноса выращенных микроорганизмов на свежую стерильную питательную среду (виноградное сусло) дрожжевых культур КМВ «Магарач» 1 раз в 12 месяцев для сохранения их жизнеспособности с соблюдением требований стерильности. После посева пробирку помещают в термостат ТС-1/80 (ОАО «Смоленское СКТБ СПУ», Россия) и инкубируют при температуре $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 3–5 суток до появления признаков активного брожения. Затем пробирку хранят в холодильнике при температуре $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$.

При закладке штаммов на хранение при низких температурах (минус $81 \pm 1^\circ\text{C}$) для инокуляции использовали 2–3-х суточную дрожжевую разводку в физиологически активном состоянии, которое оценивали в соответствии с требованиями, принятыми в виноделии: количество клеток – 60–80 млн/см³; количество почекущихся клеток – не менее 30%; мертвых – не более 2%. Готовую дрожжевую разводку микробиологической петлей (1–2 петли) пересевали в пробирку с питательной средойYPD (г/л, глюкоза – 20, пептон – 20, дрожжевой экстракт – 10; «Диаэм», Россия) и инкубировали

в течение 1–3 суток в термостате при температуре (26 ± 1 °C) до появления признаков активного брожения. Затем при помощи автоматического дозатора в пробирку с накопительной культурой вносили глицерин («Диаэм», Россия) (криопротектор) в количестве 30%. Тщательно перемешивали пипетированием. Автоматическим дозатором разливали полученную смесь в криопробирки и/или эпендорфы не менее чем в 3-х повторностях. Криоштатив помещали на хранение в морозильную камеру MDF-U33V (Panasonic, Япония) при температуре минус 81 ± 1 °C.

Таблица 1. Характеристика промышленно ценных штаммов дрожжей

Table 1. Characteristics of industrially valuable yeast strains

Вариант опыта	Коллекционный № штамма	Название	Условия хранения	Технологические особенности
I-525 «С»	I-525	Севастопольская 23	субкультивирование	чувствительная, спиртоустойчивая, кислотоустойчивая; хорошо сбраживает виноградное сусло при низких температурах
I-525 «Т»			глубокая заморозка	
I-307 «С»	I-307	Ленинградская	субкультивирование	чувствительная, спиртоустойчивая, кислотоустойчивая; сбраживает виноградное сусло в широком диапазоне температур (18–30 °C).
I-307 «Т»			глубокая заморозка	

Дрожжи, независимо от способа хранения, перед проведением экспериментов активировали посевами и предварительно переносили на виноградное сусло (не менее трех пассажей). После третьего пассажа изучали физиолого-культуральные свойства штаммов и сохранность их технологических свойств: форму и размер клеток трехсуточной культуры; наличие кольца, появление пленки, структуру осадка, спорообразование; основные технологические свойства – бродильную активность; холодоустойчивость (10 °C) и термоустойчивость (37 °C), кислотоустойчивость (pH 2,6), устойчивость к диоксиду серы (200 мг/дм³ общего), спиртоустойчивость (14 об%) [30].

При проведении исследований оценивали морфолого-культуральные и технологические свойства штаммов дрожжей, хранящихся в коллекции.

2.2. Физиолого-культуральные свойства штаммов

Форму и размер клеток трехсуточной культуры, наличие кольца, появление пленки, структуру осадка изучали при сбраживании дрожжами виноградного сусла; спорообразование – при посеве на среду Городковой (г/л, пептон – 10, хлористый натрий – 5, глюкоза – 2,5, агар-агар – 20; «Диаэм», Россия). Оценку кислото- и спиртовыносливости, холодо- и термостойкости, сульфитоустойчивости определяли по ростовой реакции клеток дрожжей при различных условиях среды. Средой культивирования была выбрана синтетическая питательная среда YPD (пептон – 2%, дрожжевой экстракт – 1%, глюкоза – 2%, pH 3,4). При оценке холодостойкости посевы инкубировали при температуре (10 ± 1 °C), термостойкости (37 ± 1 °C); при оценке кислотоустойчивости – при температуре (26 ± 1 °C), pH среды корректировали до 2,6. При оценке сульфитоустойчивости инкубацию проводили при температуре (26 ± 1 °C) и массовой концентрации общего диоксида серы в среде 200 мг/дм³. Для более четкого выявления реакции дрожжей на стрессовые факторы культивирования использовали микрозасев из расчета 30 тыс. кл/см³. Осмотр пробирок проводили ежедневно в течение 5 суток. Ростовую реакцию дрожжей на заданные условия культивирования оценивали визуально и отмечали, на какие сутки происходит забраживание сусла.

Способность штаммов образовывать сероводород исследовали на плотной питательной среде BIGGY Agar («Диаэм», Россия). Посевы культивировали при температуре ($30 \pm 0,5$) °C в течение 24 часов. Наличие сероводорода оценивали визуально по шкале цвета: белый – сероводород не образуется; светло-коричневый – образуется сероводород в незначительных количествах; темно-коричневый – образуется сероводород в среднем количестве; черный – высокое образование сероводорода [30].

Форму и размер клеток оценивали при микроскопировании культуры в экспоненциальной фазе ее роста. Размеры клеток определяли и анализировали с помощью микроскопа «Микромед-5» (АО «ЛОМО»,

Россия) с системой визуализации и программным обеспечением Image Scope M. Наличие поверхностного роста и структуру осадка определяли визуально в 30-суточной культуре. Визуально оценивали характер образуемых осадков, наличие кольца и пленки на поверхности среды культивирования [30].

Экспресс-оценку избирательной способности дрожжевых культур усваивать гексозы (глюкозу и фруктозу) проводили методом культивирования дрожжей на плотных питательных средах с использованием репликатора [31]. Способность к образованию полигалактуроназы оценивали качественным методом: штаммы дрожжей рассеивали на чашки Петри с агаризованной средой YBN (г/л, глюкоза – 5, полигалактуроновая кислота – 5; «Диаэм», Россия). Инкубирование проводили в термостате ТС-1/80 (ОАО «Смоленское СКТБ СПУ», Россия) при $t = (30 \pm 0,5)$ °C. Двухсуточные колонии обрабатывали 6М-раствором соляной кислоты. Наличие зон просветления вокруг колоний свидетельствует о наличии эндополигалактуроназной активности у исследуемых штаммов [32].

Активность брожения штаммов в лабораторных условиях оценивали по количеству выделившегося диоксида углерода при сбраживании виноградного сусла (40 см³) в специальных колбах с бродильными затворами (склянки Фреденрейха). В пастеризованное сусло вносили разводку дрожжей в количестве 2% об. Засев производили трехсуточной культурой в активном состоянии. Склянки выдерживали в термостате ТС-1/80 (ОАО «Смоленское СКТБ СПУ», Россия) при температуре (26 ± 1 °C). Ежедневно в течение 30 суток производили взвешивание склянок на лабораторных весах HR-150A (A&D Company Ltd, Япония) с погрешностью измерения $\pm 0,2$ мг, определяя количество CO₂, выдленного при брожении виноградного сусла. По результатам трех повторностей находили среднее значение показателя и пересчитывали на объем сусла 100 см³. После окончания брожения образцы снимали с осадка и оценивали по физико-химическим показателям.

2.3. Энологические показатели

При проведении исследований использовались стандартизованные и общепринятые в виноделии методы анализа [33]. Определение физико-химических показателей сусла осуществляли следующими методами: массовую концентрацию сахаров – методом ареометрии с помощью ареометра DIN12791/L50 pression (Schneider, Германия), водородный показатель (pH) и массовую концентрацию титруемых кислот – потенциометрическим методом иономером универсальным И-160 (ТД «Автоматика», Беларусь).

В игристых виноматериалах, а также после вторичного брожения определяли следующие показатели: массовую концентрацию сахаров – методом МОВВ; массовую концентрацию титруемых кислот, альдегидов и водородный показатель (pH) – потенциометрическим методом (иономер универсальный И-160, ТД «Автоматика», Беларусь), объемную долю этилового спирта – отгоном.

Терпеновые спирты обуславливают сортовой аромат винограда и вина. Содержание терпеновых спиртов в сусле и вине определяли колориметрическим методом Specord 40 (Analytik Jena, Германия) после дистилляции свободных терпеновых спиртов в условиях нейтральной среды, связанных – в условиях кислой среды.

Аминный азот является источником питания дрожжей, и содержание его в процессе брожения снижается. Содержание аминного азота в вине определяли методом формольного титрования [33].

Фенольные вещества в вине ответственны за формирование органолептического профиля (аромата, вкуса и цвета), а также определяют склонность к окислению и стабильности. Массовую концентрацию общих и мономерных форм фенольных веществ определяли колориметрическим методом на спектрофотометре Specord 40 (Analytik Jena, Германия).

Высоту осадка дрожжей в горлышке бутылки перед дегоржажем оценивали визуально с помощью мерной линейки.

Пенистые свойства (максимальный объем и время разрушения пены) определяли с помощью разработанного Всероссийским национальным научно-исследовательским институтом виноградарства и виноделия «Магарач» метода (обеспечивающего такую же точность, как и при использовании прибора Mosalux [34]). Метод включает внесение в мерный цилиндр (вместимостью 1 дм³) 200 см³ дегазированной пробы вина. С помощью портативного компрессора и распылителя, опущенного на дно мерного цилиндра, пробу вина барботировали воздухом. Объем образующейся пены устанавливали визуально по градуировке цилиндра, а время разрушения пены – с помощью секундомера.

Общее содержание диоксида углерода в игристых винах измеряли волюметрическим методом. Согласно нему, выделившийся из вина под действием ультразвука CO₂ вытеснял затворную жидкость

из градуированной емкости. Ее объем соответствовал объему диоксида углерода, содержавшегося в бутылке с игристым вином. Массовую долю связанных форм CO_2 определяли по разности между содержанием CO_2 и его растворимостью при измеренном давлении и концентрации этанола [35].

Измерение скорости десорбции диоксида углерода из пробы игристого вина (50 см^3), налитой в дегустационный бокал (ГОСТ 32051-2013¹) сразу после сброса давления до атмосферного, проводили при комнатной температуре. Для этого бокал с напитком взвешивали на лабораторных весах HR-150A (A&D Company Ltd., Япония) через равные промежутки времени с интервалом 1 мин в течение 60 мин. Скорость десорбции CO_2 (v , $\text{мг}/\text{мин}$) рассчитывали путем деления массы выделившегося за 60 мин из пробы вина CO_2 на время измерения.

Коэффициент игристых свойств вина характеризует время, которое потребуется, чтобы весь диоксид углерода, содержащийся в пробе, при установленной скорости десорбции выделился из напитка [36]. Показатель рассчитывали путем деления общего содержания CO_2 в пробе вина на скорость его десорбции.

Органолептическая оценка игристых вин проводилась дегустационной комиссией согласно ГОСТ 32051-2013¹ по 10-балльной системе (минимально допустимая оценка — 8,80 баллов).

Измерение значений оптической плотности D_{420} и D_{520} исследуемых вин выполняли на спектрофотометре Specord 40 (Analytik Jena, Германия) в кювете с толщиной оптического слоя 1 мм. Значения оптических характеристик вин — интенсивность цвета (И), оттенка (Т) и желтизны (G) — определяли расчетным методом [37]. Определение физико-химических показателей проводили в трех повторностях.

2.4. Технологическая схема приготовления молодых игристых вин

В сезон 2024 года из винограда сорта Мускат белый (с. Поворотное, Нахимовский район, Севастопольская виноградо-винодельческая зона) были выработаны молодые игристые вина с применением штаммов дрожжей Ленинградская (I-307) и Севастопольская 23 (I-525) разных способов хранения в коллекции. Виноград собирали при следующих кондициях: массовая концентрация сахаров — $198 \text{ г}/\text{дм}^3$; титруемых кислот — $7,5 \text{ г}/\text{дм}^3$, $\text{pH} = 3,4$. Содержание терпеновых спиртов в сусле составило: свободных — $1,24 \text{ мг}/\text{дм}^3$, связанных — $0,62 \text{ мг}/\text{дм}^3$.

При переработке винограда получали сусло по следующей схеме: дробление винограда на валковой дробилке с гребнеотделением (ручная, «Лоза», Россия) → отделение сусла-самотека на стекателе и прессование (общий выход сусла не более 65%) → осветление сусла отстаиванием при температуре $12-14^\circ\text{C}$ в течение 14–16 ч → снятие с осадка, обработка холдом, фильтрация. Дальнейшая технологическая схема предусматривала брожение осветленного сусла при температуре $15-18^\circ\text{C}$ → снятие с дрожжевого осадка при концентрации сахаров $22-24 \text{ г}/\text{дм}^3$ → приготовление тиражной смеси с использованием имеющихся в виноматериале живых дрожжевых клеток первичного брожения (не менее 1 млн клеток/ см^3) и бентонита ($0,2 \text{ г}/\text{дм}^3$) → разлив тиражной смеси в шампанскую бутылку из темного стекла объемом $0,75 \text{ дм}^3$, укупорка, укладка в штабели → вторичное брожение при температуре $12-14^\circ\text{C}$ в течение 45 дней → ремюаж (замораживание осадка в горлышике бутылки), дегораж, доливка этим же вином, укупорка → контрольная выдержка. Использование бутылок из темного стекла способствует сохранению качества игристых вин [38].

Полученные данные обрабатывались методами математической статистики в программе Statistica 10.0 (StatSoft Inc., США). Исследования выполняли в трех повторностях ($n = 3$). Результаты представ-

лены как среднее арифметическое значение с соответствующим стандартным отклонением. Различия между средними значениями переменных оценивали с помощью однофакторного дисперсионного анализа с дополнительным тестом Тьюки. Взаимосвязь между изученными переменными оценивали с помощью парной линейной корреляции Пирсона с дополнительным тестом Стьюдента. Вычисление парных корреляций между показателями осуществляли для уровня значимости $\alpha = 0,05$ для всех статистических расчетов.

3. Результаты и обсуждение

Основным критерием обоснования способа хранения микроорганизмов является сохранение жизнеспособности культуры в течение длительного периода времени, обеспечение быстрого восстановления активности клеток без изменения ее генетических и морфологических характеристик [7,9].

Согласно литературным данным, процесс адаптации клеток дрожжей в условиях температурного стресса может сопровождаться изменением их формы [39]. Изучение морфолого-культуральных признаков исследуемых штаммов дрожжей показало, что дрожжи I-525 характеризуются округлой формой, а I-307 — яйцевидной, независимо от способа хранения. Штаммы сохранили форму и размеры клеток, характер осадка, способность к образованию кольца или пленки и к спорообразованию. По морфолого-культуральным признакам значительных различий среди штаммов, хранящихся методом субкультивирования и глубокой заморозки, выявлено не было. Полученные данные представлены в Таблице 2.

Оценка технологических свойств исследуемых штаммов дрожжей предполагала изучение их способности к образованию сероводорода, полигалактуроназы; интенсивности утилизации глюкозы и фруктозы (Таблица 3). Анализ данных показал, что, независимо от способа хранения культуры, штаммы сохранили свой фенотип — чувствительный. Штамм дрожжей Севастопольская 23 характеризовался слабым продуцированием сероводорода. При этом дрожжи штамма Ленинградская H_2S не синтезировали. Показатель глюкозофильности определяли по отношению к скорости роста культуры на среде с глюкозой и фруктозой соответственно. Исследуемые штаммы вне зависимости от условий хранения отличались глюкозофильностью, т. е. более активным потреблением глюкозы в качестве источника питания по сравнению с фруктозой. Таким образом, способ хранения культуры не оказал существенного влияния на основные морфолого-культуральные и технологические свойства дрожжей. Полученные результаты согласуются с данными Park и соавторов, о том, что хранение культуры дрожжей при низких температурах (минус $81 \pm 1^\circ\text{C}$) с применением глицерина в качестве криопротектора обеспечивает надежную защиту жизнеспособности дрожжевых клеток в процессе продолжительного хранения [40]. В то же время форма клеток дрожжей и способность к синтезу сероводорода были обусловлены штаммовыми особенностями.

Важной характеристикой дрожжей вида *S. cerevisiae* является их полигалактуроназная активность — способность продуцировать пектолитический фермент, расщепляющий растительные полисахариды — пектины. Это способствует снижению вязкости сусла и улучшает фильтрацию виноматериалов. В исследуемых штаммах наличия полигалактуроназной активности не выявлено.

Оценку бродильной активности дрожжей осуществляли в лабораторных условиях при температуре ($26 \pm 1^\circ\text{C}$) по количеству выделенного диоксида углерода при сбраживании виноградного сусла

Таблица 2. Морфолого-культуральные свойства штаммов дрожжей

Table 2. Morphological and cultural properties of yeast strains

Вариант опыта	Форма клеток	Средний размер клеток, мкм	Осадок	Наличие пленки, кольца	Спорообразование
I-525 «С»	округлые	($5,2 \pm 0,6$)	конгломератный	кольцо слабое, пленку не образует	1–4 округлые споры в аске
I-525 «Т»	округлые	($5,2 \pm 0,6$)	конгломератный	кольцо слабое, пленку не образует	1–4 округлые споры в аске
I-307 «С»	яйцевидные	($5,7 \pm 0,6$)	конгломератный	кольцо слабое, пленку не образует	1–4 округлые споры в аске
I-307 «Т»	яйцевидные	($5,7 \pm 0,6$)	конгломератный	кольцо слабое, пленку не образует	1–4 округлые споры в аске

Таблица 3. Технологические свойства исследуемых штаммов дрожжей

Table 3. Technological properties of the studied yeast strains

Вариант опыта	Фенотип	Синтез H_2S	Предпочитаемый моносахарид	Полигалактуроназная активность
I-525 «С»	S	слабый	глюкоза	отсутствует
I-525 «Т»	S	слабый	глюкоза	отсутствует
I-307 «С»	S	нет	глюкоза	отсутствует
I-307 «Т»	S	нет	глюкоза	отсутствует

Примечание: S — чувствительный.

в специальных колбах. Анализ данных показал, что все штаммы сохранили способность к активному брожению. При этом процесс брожения на штамме I-525 проходил плавно, а на штамме I-307 – ступенчато (Рисунок 1). Продолжительность процесса спиртового брожения, независимо от варианта опыта, существенно не различалась и составила 20 суток. Таким образом, способы хранения микроорганизмов методом субкультивирования и криоконсервации обеспечивают сохранение высокой жизнеспособности и бродильной активности культур, что подтверждают литературные данные [41].

Дрожжи штамма Ленинградская и Севастопольская 23, независимо от условий хранения культуры, обеспечили высокое продуцирование CO_2 – от 9,9 до 10,18 г/100 см³. Математическая обработка данных показала, что значения массы выделившегося диоксида углерода в процессе брожения, независимо от варианта опыта, значительно не различались.

Оценка способности дрожжей адаптироваться к изменениям отдельных абиотических факторов (кислотоустойчивость, холода и термостойкость, сульфитостойкость) позволила проанализировать их толерантность к критическим значениям pH, температуры и диоксида серы (Таблица 4). Выводы о влиянии фактора делали на основании наличия ростовой реакции клеток дрожжей (появления признаков активного брожения) при различных условиях среды. Период наблюдения составлял 5 суток. Ростовую реакцию дрожжей на заданные условия культивирования оценивали визуально и отмечали, на какие сутки происходит забраживание сусла. Сравнительный анализ влияния различных условий культивирования на адаптацию к стрессовым условиям показал, что исследуемые штаммы дрожжей не проявили чувствительности к высоким температурам брожения, к объемной доле этилового спирта, к концентрации диоксида серы, а также к низкому значению pH – ростовая реакция дрожжей отме-

чена на 2–3 сутки. Наиболее длительное забраживание сусла при применении исследуемых штаммов дрожжей отмечено при низких температурах. Установлена более высокая устойчивость к этиловому спирту штаммов, хранившихся методом глубокой заморозки, по сравнению с субкультивированием. В то же время дрожжи штамма I-525 отличались большей термостойкостью (независимо от способа хранения), чем I-307.

Таблица 4. Устойчивость штаммов к стрессовым условиям

Table 4. Resistance of the strains to stressful conditions

Вариант опыта	Забраживание на среде YPD при стрессовых условиях, сутки				
	температура (37 ± 1 °C)	температура (10 ± 1 °C)	pH 2,6	объемная доля спирта, 14 %	массовая концентрация диоксида серы, 200 мг/дм ³
I-525 «C»	2	4	3	3	3
I-525 «T»	2	4	2	2	3
I-307 «C»	3	4	2	3	3
I-307 «T»	3	4	2	2	3

В процессе вторичного брожения отмечено, что применение штамма дрожжей I-307, независимо от условий его хранения, обеспечивает более продолжительное забраживание сахаров (на 5–21 день) по сравнению со штаммом I-525. Особенностью молодых игристых вин, приготовленных с применением штамма I-307, являлось большее (на 20–30 %) количество дрожжевого осадка (высота осадка), сведенного в ходе ремюажа в горльшко бутылки перед дегоражажем, чем при использовании штамма I-525 (Таблица 5).

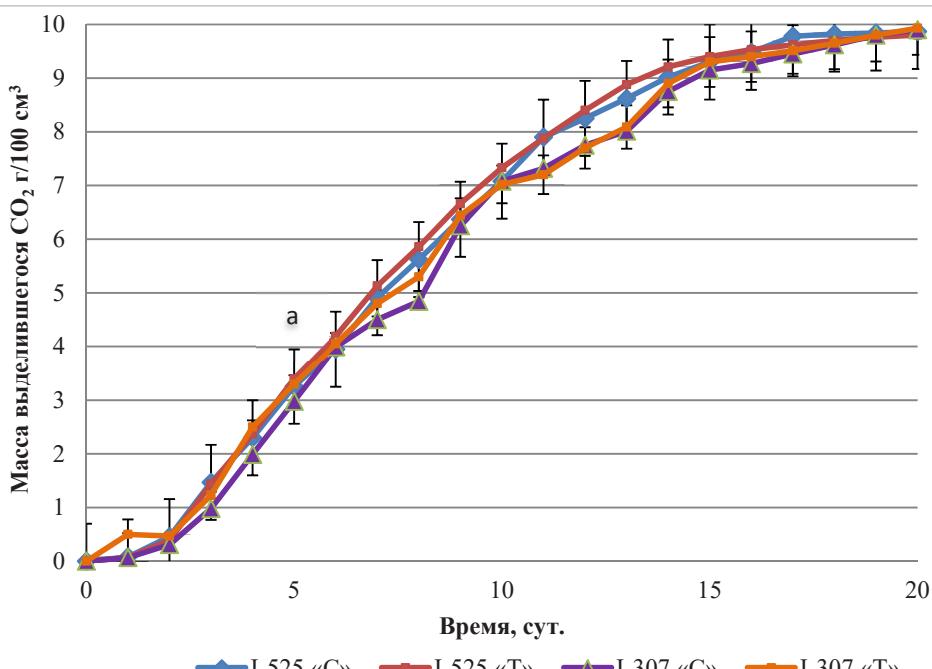


Рисунок 1. Бродильная активность дрожжей

Figure 1. Fermentation activity of the yeasts

Примечание: Разные и одинаковые буквы указывают на значительные ($p < 0,05$) и незначительные ($p \geq 0,05$) расхождение между данными соответственно.

Таблица 5. Физико-химические свойства игристых вин

Table 5. Physicochemical properties of sparkling wines

Вариант опыта	h осадка, см	Объемная доля этилового спирта, %	Массовая концентрация						pH	
			г/дм ³		мг/дм ³					
			сахаров	TK	ФВ	МФ	АА	А		
I-525 «C»	6,0 ± 0,2 ^c	13,0 ± 0,2 ^a	3,44 ± 0,03 ^a	5,0 ± 0,1 ^a	175 ± 18 ^a	155 ± 12 ^a	189 ± 12 ^a	32,6 ± 2,4 ^a	3,1 ^a	
I-525 «T»	5,0 ± 0,1 ^b	13,0 ± 0,1 ^a	3,75 ± 0,04 ^b	5,0 ± 0,2 ^a	194 ± 22 ^b	168 ± 9 ^b	224 ± 14 ^b	43,1 ± 3,1 ^b	3,1 ^a	
I-307 «C»	4,5 ± 0,2 ^a	12,0 ± 0,3 ^b	3,50 ± 0,02 ^a	5,2 ± 0,1 ^a	189 ± 11 ^b	149 ± 8 ^a	266 ± 9 ^c	29,9 ± 1,8 ^a	3,1 ^a	
I-307 «T»	4,0 ± 0,2 ^a	12,0 ± 0,2 ^b	3,86 ± 0,03 ^c	5,0 ± 0,2 ^a	176 ± 7 ^a	150 ± 4 ^a	175 ± 11 ^a	38,7 ± 1,9 ^b	3,2 ^a	

Примечание: h осадка – высота осадка дрожжей в горльшке бутылки перед дегоражажем; TK – титруемые кислоты; ФВ – сумма фенольных веществ; МФ – мономерная фракция фенольных веществ; АА – аминный азот, А – альдегиды. Результаты представлены в виде средних значений ± стандартное отклонение ($n = 3$). Разные буквы (a, b, c, d) в одном столбце указывают на значительное расхождение между данными ($p < 0,05$).

По основным физико-химическим показателям все игристые вина соответствовали требованиям нормативной документации (ГОСТ 33336-2015¹). Объемная доля этилового спирта составляла 12,0–13,0%, причем в образцах, выработанных с использованием штамма I-525, значение показателя было на 1 % об. (или 8%) выше, по сравнению с винами, полученными с использованием штамма I-307. Массовая концентрация остаточных сахаров варьировала от 3,44 до 3,86 г/дм³. По величине данного показателя полученные образцы игристых вин относятся к категории «экстра брю». Критерии кислотного комплекса вин (массовая концентрация титруемых кислот и величина pH), независимо от варианта опыта, существенно не различались и составляли 5,0–5,2 г/дм³ и 3,1–3,2 соответственно. Содержание летучих кислот находилось в диапазоне 0,21–0,73 г/дм³. Массовая концентрация аминного азота в образцах молодых игристых вин составила 175–266 мг/дм³.

Массовая концентрация альдегидов варьировала в диапазоне 29,9–44,0 мг/дм³, что характерно для белых игристых вин высокого качества [42]. Следует отметить, что в образцах, полученных с использованием штаммов, хранившихся в условиях глубокой заморозки, значение показателя было в 1,3 раза выше, чем при методе хранения в условиях субкультуривирования.

Оценка фенольного комплекса молодых игристых вин показала, что общее содержание фенольных веществ в исследуемых образцах варьировало в диапазоне 175–194 мг/дм³, что позволило получить легкие, гармоничные игристые вина. Массовая доля полимерных форм фенольных веществ составляла от 11 до 21% от их общего содержания. Увеличение показателя сопряжено с повышением интенсивности окраски (*И*) и показателя желтизны (*G*) (Таблица 6). В от-

¹ ГОСТ 33336-2015 «Вина игристые. Общие технические условия». М.: Стандартинформ, 2016. – 12 с.

Таблица 6. Оптические характеристики игристых вин
Table 6. Optical characteristics of sparkling wines

Вариант опыта	<i>G</i>	<i>D</i> ₄₂₀	<i>D</i> ₅₂₀	<i>И</i>	<i>T</i>
I-525 «C»	7,75±0,04 ^a	0,071±0,04 ^a	0,017±0,02 ^a	0,088±0,05 ^a	4,176±0,37 ^b
I-525 «T»	8,06±0,06 ^b	0,074±0,03 ^a	0,015±0,02 ^a	0,089±0,06 ^a	4,933±0,028 ^c
I-307 «C»	10,52±0,11 ^d	0,097±0,07 ^b	0,026±0,03 ^b	0,123±0,09 ^b	3,731±0,021 ^a
I-307 «T»	10,03±0,07 ^c	0,094±0,04 ^b	0,025±0,03 ^b	0,119±0,07 ^b	3,760±0,018 ^a

Примечание: *G* – показатель желтизны; *D*₄₂₀, *D*₅₂₀ – оптическая плотность при соответствующих длинах волн; *И* – интенсивность окраски; *T* – оттенок окраски. Разные буквы (a, b, c, d) в одном столбце указывают на значительное расхождение между данными (*p* < 0,05).

Таблица 7. Типичные свойства игристых вин
Table 7. Typical properties of sparkling wines

Вариант опыта	<i>P</i> _{CO₂, кПа}	<i>v</i> , мг/мин	<i>K</i> , мин	ω_{CO_2}	<i>V</i> _{max} , см ³	<i>t</i> , с
I-525 «C»	700±12 ^b	6,267±0,012 ^c	77,9±2,3 ^a	0,148±0,004 ^a	660±15 ^c	35±3 ^b
I-525 «T»	630±10 ^a	5,367±0,09 ^b	104,9±4,1 ^b	0,172±0,008 ^b	510±12 ^a	26±2 ^a
I-307 «C»	760±15 ^c	3,583±0,02 ^a	108,0±5,4 ^b	0,203±0,010 ^c	580±9 ^b	> 60 ^c
I-307 «T»	750±11 ^c	5,533±0,011 ^b	101,1±4,7 ^b	0,185±0,009 ^b	570±11 ^b	> 60 ^c
Рекомендуемые значения	> 300		> 100		> 400	20–60

Примечание: *P*_{CO₂ – равновесное давление CO₂ в бутылке; *v* – скорость десорбции CO₂; *K* – коэффициент игристых свойств; ω_{CO_2} – массовая доля связанных форм диоксида углерода в вине; *V*_{max} – максимальный объем пены; *t* – время разрушения пены. Разные буквы (a, b, c, d) в одном столбце указывают на значительное расхождение между данными (*p* < 0,05).}

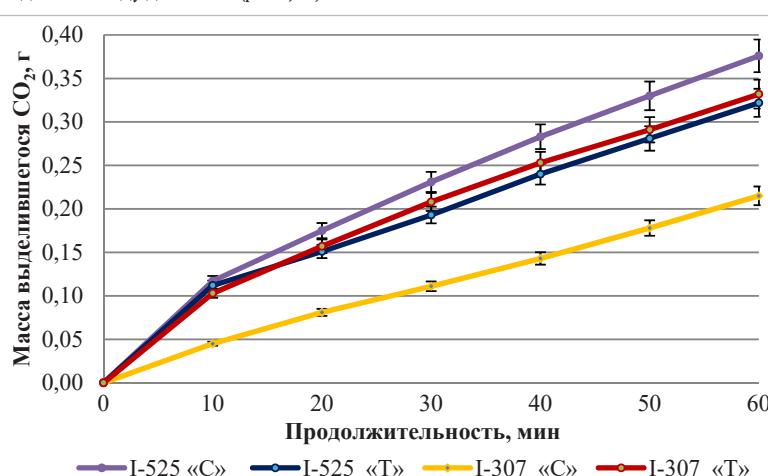


Рисунок 2. Динамика десорбции диоксида углерода в образцах игристых вин
Figure 2. Dynamics of carbon dioxide desorption in sparkling wine samples

Примечание: планки разброса показывают границы доверительных интервалов для доверительной вероятности *P* = 0,95.

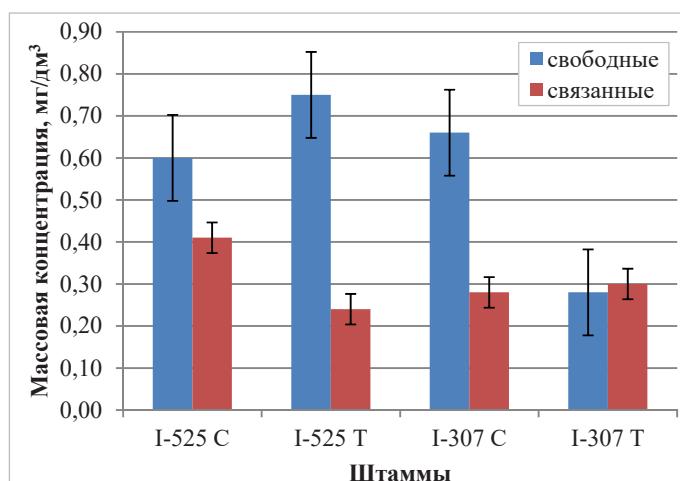


Рисунок 3. Содержание терпеновых соединений в игристых винах

Figure 3. The content of terpene compounds in sparkling wines

Примечание: различия между вариантами опыта существенны ($p < 0,05$).

и придают винам характерный мускатный аромат) была определена в образцах, полученных с использованием штаммов I-525 «Т», I-525 «С», I-307 «С».

В то же время достаточно высокое содержание связанных форм терпеновых спиртов в образцах, выработанных с использованием штамма I-525 «С», может способствовать дальнейшему раскрытию аромата при хранении вина. Следует отметить, что в процессе брожения произошло снижение содержания свободных и связанных форм терпеновых спиртов в 2,0–4,4 и 1,2–2,1 раза соответственно по сравнению с исходным суслом.

В ходе органолептического анализа молодых игристых вин (Таблица 8) было установлено, что образцы, приготовленные с использованием штамма I-525, характеризовались более выраженным сортовым ароматом и гармоничным вкусом. Наиболее гармоничным органолептическим профилем характеризовался образец, полученный с применением штамма I-525 (хранение методом заморозки), и был оценен в 9,3 балла. Его ароматический профиль отличался вы-

раженной цитронной нотой в аромате и вкусе, что может быть обусловлено высоким содержанием свободных форм терпеновых спиртов.

Образцы игристых вин, приготовленные с использованием штамма I-307, несколько уступали по качеству образцам с использованием штамма I-525. Необходимо отметить, что продолжительное первичное брожение сусла с применением штаммов дрожжей I-307, отстающее на 21 день от I-525, обусловило появление тонов сероводорода в аромате вин и ухудшение их качества.

4. Выводы

В результате проведенных исследований по изучению влияния условий хранения культур дрожжей на их морфолого-культуральные признаки значительных различий не выявлено. Штаммы сохранили форму и размеры клеток, характер осадка, способность к образованию кольца или пленки, фенотип штамма и способность к спорообразованию. Значительных различий в процессе брожения сусла при температуре 26 ± 1 °C исследуемых штаммов, хранившихся двумя способами, выявлено не было. Все они сохранили способность к активному брожению. При этом процесс брожения при температуре 26 ± 1 °C на штамме I-525 проходил плавно, а на штамме I-307 — ступенчато. Значительных различий в устойчивости к стрессовым условиям у штаммов, хранившихся субкультивированием или методом глубокой заморозки, также выявлено не было.

Процесс вторичного брожения при температуре 15–18 °C на штамме I-525 проходил значительно быстрее (на 5–21 день), чем на I-307, что обусловило более гармоничный органолептический профиль соответствующих молодых игристых вин. В то же время продолжительный процесс дображивания в бутылке способствовал накоплению связанных форм CO_2 и улучшению пенистых и игристых свойств вина. Образцы игристых вин, полученные с использованием штамма дрожжей I-307, отличались более высоким давлением CO_2 (на 9–21%) и содержанием связанных форм CO_2 (на 18,5–20,3%), а также значением коэффициента игристых свойств ($K > 100$) и лучшей устойчивостью пены (более 60 с).

Таким образом, метод хранения культуры дрожжей в условиях глубокой заморозки обеспечивает сохранение основных морфолого-культуральных и технологических свойств дрожжей, аналогично методу субкультивирования. В то же время он является менее трудоемким, что обуславливает целесообразность его применения для продолжительного хранения микроорганизмов. Исследования в данном направлении планируется продолжить.

Таблица 8. Органолептическая характеристика игристых вин
Table 8. Organoleptic characteristics of sparkling wines

Вариант опыта	Органолептическая характеристика	ДО*, балл
I-525 «С»	Аромат — яркий, с цитронной нотой и леденцовыми оттенками. Вкус — полный, свежий, гармоничный, с пикантной горчинкой. Типичность — игра средняя, пенообразование среднедисперсное, венчик долгое время присутствует, игра интенсивная.	9,2
I-525 «Т»	Аромат — тонкий, сортовой, хорошо выражена цитронная нота. Вкус — полный, свежий, гармоничный, в послевкусии горчинка цедры. Типичность — игра средняя, пенообразование среднедисперсное, венчик долгое время присутствует, игра интенсивная, хорошая углекислотная насыщенность.	9,3
I-307 «С»	Аромат — умеренный, травянисто-цветочный. Вкус — умеренно свежий, облегченный. Типичность — пенообразование хорошее и долгое, интенсивная игра, мелкие четки.	9,0
I-307 «Т»	Аромат — умеренный, травянистого направления с цветочными и цитронными оттенками. Вкус — умеренно свежий, полный. Типичность — пенообразование хорошее и долгое, интенсивная игра, мелкие четки.	9,1

Примечание: ДО* — дегустационная оценка.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

1. Benito, S. (2020). Modern technologies and their influence in fermentation quality. *Fermentation*, 6(1), Article 13. <https://doi.org/10.3390/fermentation6010013>
2. Yu, X., Xu, J., Li, Y. P., Li, X. P. (2021). Isolation and screening of wine yeasts from grapes in yalu river valley china for fermentation performance. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 17(3), 358–345. <https://doi.org/10.5844/ajbbsp.2021.338.345>
3. Çelik, Z. D., Erten, H., Cabaroglu, T. (2019). The influence of selected autochthonous *Saccharomyces cerevisiae* strains on the physicochemical and sensory properties of narince wines. *Fermentation*, 5(3), Article 70. <https://doi.org/10.3390/fermentation5030070>
4. Crespo, J., Garcia, M., Arroyo, T., Romero, V., Cabellos, J. M. (2023). Influence of native *Saccharomyces cerevisiae* strains on Malvasia *aromatica* wines. *Frontiers in Bioscience-Elite*, 15(3), Article 18. <https://doi.org/10.31083/fbe1503018>
5. Tsakris, T., Anagnostou, E., Granata, G., Manakou, V. (2022). Communicating terroir through wine label toponymy Greek wineries practice. *Sustainability*, 14(23), Article 16067. <https://doi.org/10.3390/su142316067>
6. Иванова, Е. В. (14–15 апреля, 2020). Поддержание и пополнение генофонда коллекции микроорганизмов виноделия "Магарач". Современная микробиология в России. Материалы 4 Микологического форума, Москва: Национальная академия микробиологии Общероссийская Общественная Организация, 2020. [Ivanova E. V. (April 14–15, 2020). *Maintenance and supplementation of the gene pool of the collection of microorganisms of winemaking "Magarach". Modern mycology in Russia. Proceedings of the 4th Mycological Forum, Moscow: All-Russian Public Organization "National Academy of Mycology", 2020. (In Russian)]*
7. Ravimannan, N. (2016). Investigating alternative yeast storage methods. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 3(11), 109–111. <http://doi.org/10.22192/ijarbs.2016.03.11.012>
8. Moretti, M., Tartaglia, I., Accotto, G. P., Beato, M. S., Bernini, V., Bevivino, A. et al. (2024). Treasures of Italian microbial culture collections: An overview of preserved biological resources, offered services and know-how, and management. *Sustainability*, 16(9), Article 3777. <https://doi.org/10.3390/su16093777>
9. Boundy-Mills, K. (2012). Yeast culture collections of the world: Meeting the needs of industrial researchers. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 39(5), 673–680. <https://doi.org/10.1007/s10295-011-1078-5>
10. López, M. D. G., López-Coronado, J. M., López-Ocaña, L., Fernández, F. U. (2011). Preservation of Microbial Strains in the Wine Industry. Chapter in a book: *Molecular Wine Microbiology*. Elsevier EBooks, 2011. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375021-1.10012-8>

11. Mariano, P. D. L. S., Gonçalves, R. B., Höfling, J. F. (2007). Storage procedures for yeast preservation: Phenotypic and genotypic evaluation. *Annals of Microbiology*, 57(3), 461–465. <https://doi.org/10.1007/BF03175090>
12. Иванова, Е. В., Луткова, Н. Ю. (2024). Сохранность штаммов дрожжей виноделия при разных способах хранения в коллекции. «Магарач». Виноградарство и виноделие, 26(1), 93–98. [Ivanova, E. V., Lutkova, N. Yu. (2024). Preservation of winemaking yeast strains under different storage methods in the collection. *Magarach. Viticulture and Winemaking*, 26(1), 93–98. (In Russian)] <https://doi.org/10.34919/IM.2024.28.89.015>
13. Кривушина, А. А., Бобырева, Т. В., Яковенко, Т. В., Николаев, Е. В. (2019). Методы хранения микроорганизмов-деструкторов в коллекции ФГУП "VIAM" (обзор). *Авиационные материалы и технологии*, 3(56), 89–94. [Krivushina, A. A., Bobyрева, Т. В., Яковенко, Т. В., Nikolaev, E. V. (2019). Methods of microorganisms-destructors storage in FSUE «VIAM» collection (review). *Aviation Materials and Technologies*, 3(56), 89–94. (In Russian)] <https://doi.org/10.18577/2071-9140-2019-0-3-89-94>
14. Puchkov, E. O. (2023). Preservation of viable microorganisms in the laboratory: An overview of basics, methods and practical recommendations for beginners. *Austin Journal of Biotechnology and Bioengineering*, 10(1), Article 1119. <https://doi.org/10.26420/austinjbiotechnolbioeng.2023.1119>
15. Wolkers, W. F., Oldenhof, H. (2020). Principles underlying cryopreservation and freeze-drying of cells and tissues. Chapter in a book: *Cryopreservation and Freeze-Drying Protocols*. Humana Press, N. Y., 2020. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0783-1_1
16. Zhao, G., Zhang, G. (2005). Effect of protective agents, freezing temperature, rehydration media on viability of malolactic bacteria subjected to freeze-drying. *Journal of Applied Microbiology*, 99, 333–338. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2005.02587.x>
17. Танащук, Т. Н., Иванова, Е. В., Кишковская, С. А., Шаламитский, М. Ю., Луткова, Н. Ю., Загоруйко, В. И. и др. (2024). Каталог промышленных штаммов дрожжей для виноделия. Симферополь: ИП Корниенко А. А., 2024. [Tanashchuk, T. N., Ivanova, E. V., Kishkovskaya, S. A., Shalamitsky, M. Yu., Lutkova, N. Yu., Zagoruyko, V. I. et al. (2024). Catalog of industrial yeast strains for winemaking. Simferopol: IP Kornienko A. A., 2024. (In Russian)]
18. Sidari, R., Caridi, A. (2009). Viability of commercial wine yeasts during freezer storage in glycerol-based media. *Folia Microbiologica*, 54(3), 230–232. <https://doi.org/10.1007/s12223-009-0036-3>
19. Савкина, О. А., Терновской, Г. В., Локачук, М. Н., Павловская, Е. Н., Сафронова, В. И. (2014). Криоконсервация — перспективный метод хранения промышленно ценных штаммов молочнокислых бактерий и дрожжей. *Сельскохозяйственная биология*, 4, 112–119. [Savkina, O. A., Ternovskoi, G. V., Lokachuk, M. N., Pavlovskaya, E. N., Safronova, V. I. (2014). Cryopreservation to be a progressive method for keeping up valuable strains of lactic acid bacteria and yeasts. *Agricultural Biology*, 4, 112–119. (In Russian)] <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2014.4.112rus>
20. Выборнова, Т. В., Шарова, Н. Ю., Принцева, А. А. (2018). Исследование влияния низких температур на сохранение жизнеспособности штаммов в процессе хранения. *Техника и технология пищевых производств*, 48(3), 34–39. [Vyborno, T. V., Sharova, N. Yu., Printseva, A. A. (2018). Low-temperature storage and the viability preservation of streptomyces. *Food Processing: Techniques and Technology*, 48(3), 34–40. (In Russian)] <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-34-40>
21. Утешева, А. А. (2019). Подбор методов длительного хранения коллекционных штаммов микромицетов и дрожжей. *Экобиотех*, 2(4), 494–498. [Utepehova, A. A. (2019). Selection of methods for long storage of collection strains of micromycetes and yeasts. *Ecobiootech*, 2(4), 494–498. (In Russian)] <https://doi.org/10.31163/2618-964X-2019-2-4-494-498>
22. Dzhakibaeva, G. T., Shemshura, O. N., Tleubekova, D. A. (2022). Evaluation of viability and biological activity of bakery and wine yeast after long-term preservation. *Microbiology and Virology*, 1(36), 44–56. <https://doi.org/10.53729/MV-AS.2022.01.03>
23. Pradelles, R., Vichi, S., Alexandre, H., Chassagne, D. (2009). Influence of the drying processes of yeasts on their volatile phenol sorption capacity in model wine. *International Journal of Food Microbiology*, 135(2), 152–157. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.07.019>
24. Харчук, И. А. (2019) Обзор методов длительного хранения культур микровороголей и цианобактерий, используемых в коллекциях Всемирной федерации культур (WFC) в базе WDCM CCINFO. Вопросы современной альгологии, 3(21), 1–27. [Kharchuk, I. A. (2019) The review of methods of the long-term storage of microalgae and cyanobacteria cultures used in collections of the world federation of cultures (WFC) in WDCM CCINFO base. *Issues of Modern Algology*, 3(21), 1–27. (In Russian)] [https://doi.org/10.33624/2311-0147-2019-3\(21\)-1-27](https://doi.org/10.33624/2311-0147-2019-3(21)-1-27)
25. Câmara, A. A., Sant'Ana, A. S. (2020). Advances in yeast preservation: Physiological aspects for cell perpetuation. *Current Opinion in Food Science*, 38, 62–70. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.10.019>
26. Morgan, C. A., Herman, N., White, P. A., Vesey, G. (2006). Preservation of microorganisms by drying: A review. *Journal of Microbiological Methods*, 66(2), 183–193. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2006.02.017>
27. Комиссаров, Н. С., Дьяков, М. Ю., Гарипова, Л. В. (2023). Методы длительного хранения чистых культур макромицетов. *Микология и фитопатология*, 57(3), 155–171. [Komissarov, N. S., Dyakov, M. Yu., Garipova, L. V. (2023). Methods for Long-Term Storage of Pure Cultures of Macrofungi. *Mycology and Phytopathology*, 57(3), 155–171. (In Russian)] <https://doi.org/10.31857/S0026364823030054>
28. Miyamoto-Shinohara, Y., Nozawa, F., Sukenobe, J., Imaizumi, T. (2010). Survival of yeasts stored after freeze-drying or liquid-drying. *The Journal of General and Applied Microbiology*, 56, 107–119. <https://doi.org/10.2323/jgam.56.107>
29. Cabrera, E., Welch, L. C., Robinson, M. R., Sturgeon, C. M., Crow, M. M., Segarra, V. A. (2020). Cryopreservation and the freeze-thaw stress response in yeast. *Genes*, 11(8), Article 835. <https://doi.org/10.3390/genes11080835>
30. Vasyagin, E. A., Urakov, V. N., Shalamitskiy, M. Yu., Cherviak, S. N., Ivanova, E. V., Zagoruyko, V. I. et al. (2025). Development of a wine yeast strain capable of malolactic fermentation and reducing the ethyl carbamate content in wine. *Foods*, 14(1), Article 54. <https://doi.org/10.3390/foods14010054>
31. Скорикова, Т. Н., Танащук, Т. Н., Шаламитский, М. Ю. (2017). Оценка способности дрожжей рода *Saccharomyces* использовать в качестве источника углеводов глюкозу и фруктозу. *Магарач. Виноградарство и виноделие*, 4, 44–45. [Skorikova, T. K., Tanashchuk, T. N., Shalamitskiy, M. Yu. (2017). Evaluating of *Saccharomyces* yeast ability to use glucose or fructose in the kind of carbon source. *Magarach. Viticulture and Winemaking*, 4, 44–45. (In Russian)]
32. Blanco, P., Sieiro, C., Diaz, A., Villa, T. G. (1994). Production and partial characterization of an endopolygalacturonase from *Saccharomyces cerevisiae*. *Canadian Journal of Microbiology*, 40(11), 974–977. <https://doi.org/10.1139/m94-155>
33. Гержикова, В. Г. (2009). Методы технокинематического контроля в виноделии. Симферополь: Таврида, 2009. [Gerzhikova, V. G. (2009). Methods of technical chemistry control in winemaking. Simferopol: Tavrida, 2009. (In Russian)]
34. Ubeda, C., Lambert-Royo, M. I., Gil i Cortiella, M., Del Barrio-Galán, R., Peña-Neira, A. (2021). Chemical, physical and sensory effects of the use of bentonite at different stages of the production of traditional sparkling wines. *Foods*, 10(2), Article 390. <https://doi.org/10.3390/foods10020390>
35. Мержаниан, А. А. (1978). Физико-химия игристых вин. М.: Пищевая промышленность, 1978. [Merzhanian, A. A. (1978). Physico-chemistry of sparkling wines. Moscow: Food industry, 1978. (In Russian)]
36. Лутков, И. П. (2022). Оценка игристых свойств напитков. *Магарач. Виноградарство и виноделие*, 24(1), 63–70. [Lutkov, I. P. (2022). Evaluation of sparkling properties of beverages. *Magarach. Viticulture and Winemaking*, 24(1), 63–70. (In Russian)] <https://doi.org/10.35547/IM.2022.78.26.010>
37. Аникина, Н. С., Червяк, С. Н., Гриломедова, Н. В. (2019). Методы оценки цвета вин. Обзор. *Аналитика и контроль*, 23(2), 158–167. [Anikina, N. S., Chervyak, S. N., Grilomedova, N. V. (2019). Methods for evaluating the color of wines. The review. *Analytics and Control*, 23(2), 158–167. (In Russian)] <https://doi.org/10.15826/analitika.2019.23.2.003>
38. Дубинина, Е. В., Моисеева, А. А., Андриевская, Д. В., Трофименко, В. А. (2023). Влияние внешних факторов на стабильность качества игристого вина при хранении. *Пищевые системы*, 6(2), 130–138. [Dubinina, E. V., Moiseeva, A. A., Andrievskaya, D. V., Trofimchenko, V. A. (2023). Effect of external factors on the stability of sparkling wine quality during storage. *Food Systems*, 6(2), 130–138. (In Russian)] <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-2-130-138>
39. Исламмагомедова, Э., Халилова, Э., Котенко, С., Гасанов, Р., Абакарова, А., Аливердиева, Д. (2020). Влияние различных значений температуры на морфологические свойства дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. *Хранение и переработка сельхозсырев*, 2, 59–72. [Islammagomedova, E., Khalilova, E., Kotenko, S., Gasanov, R., Abakarova, A., Aliverdieva, D. (2020). Influence of different temperature values on the morphological properties of *Saccharomyces cerevisiae* yeast. *Storage and Processing of Farm Products*, 2, 59–72. (In Russian)] <https://doi.org/10.36107/spfp.2020.322>
40. Park, J.-I., Grant, C. M., Attfield, P. V., Dawes, I. W. (1997). The freeze-thaw stress response of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* is growth phase specific and is controlled by nutritional state via the RAS-cyclic AMP signal transduction pathway. *Applied and Environmental Microbiology*, 63(10), 3818–3824. <https://doi.org/10.1128/AEM.63.10.3818-3824.1997>
41. Джакибаева, Г. Т., Шемшура, О. Н., Тлеубекова, Д. А. (2022). Оценка жизнеспособности и биологической активности хлебопекарных и винных дрожжей после длительного хранения. *Микробиология және вирусология*, 1(36), 44–56. [Dzhakibaeva, G. T., Shemshura, O. N., Tleubekova, D. A., (2022). Evaluation of viability and biological activity of bakery and wine yeast after long-term preservation. *Microbiology and Virology*, 1(36), 44–56. (In Russian)]. <https://doi.org/10.53729/MV-AS.2022.01.03>
42. Дубинина, Е. В., Оганесянц, Л. А., Песчанская, В. А., Семипятный, В. К., Чистова, А. А. (2020). Прогнозирование качества игристого вина на основе определения дополнительных показателей физико-химического состава исходного виноматериала. *Пиво и напитки*, 1, 9–13. [Dubinina, E. V., Oganesyants, L. A., Peschanskaya, V. A., Semipyatnyi, V. K., Chistova, A. A. (2020). Prediction of sparkling wine quality based on original wine material determination of additional indicators of physicochemical composition. *Beer and Beverages*, 1, 9–13. (In Russian)]
43. Sartor, S., Burin, V., Caliari, V., Bordignon-Luiz, M. (2021). Profiling of free amino acids in sparkling wines during over-lees aging and evaluation of sensory properties. *LWT*, 140, Article 110847. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110847>
44. Makarov, A., Shmigelskaya, N., Lutkov, I., Maksimovskaya, V., Sivochou, G. (September 5–9, 2022). Improving the criteria of assessing grapes and base wines in the production of sparkling wines. BIO Web of Conferences. International Scientific-Practical Conference "Modern Trends of Science, Innovative Technologies in Viticulture and Winemaking" (MTSITVW2022). Yalta, Republic of Crimea, Russian Federation, 2022. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20225506001>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Луткова Наталья Юрьевна — младший научный сотрудник, лаборатория микробиологии, Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»
298600, Россия, Республика Крым, Ялта, ул. Кирова, 31
E-mail: lutkova1975@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8126-7596>

Иванова Елена Владимировна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник, лаборатория микробиологии, Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»
298600, Россия, Республика Крым, Ялта, ул. Кирова, 31
E-mail: lenochka_ivanova_58@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5989-6604>

Червяк София Николаевна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, лаборатория цифровых технологий в виноделии и виноградарстве, Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»
298600, Россия, Республика Крым, Ялта, ул. Кирова, 31
E-mail: Sofi4@list.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9551-7448>
* автор для контактов

Лутков Игорь Павлович — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник, лаборатория игристых вин, Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»
298600, Россия, Республика Крым, Ялта, ул. Кирова, 31
E-mail: igorlutkov@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9515-4341>

AUTHOR INFORMATION

Affiliation

Nataliya Yu. Lutkova, Junior Staff Scientist, Laboratory of Microbiology, All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach” of the National Research Centre “Kurchatov Institute”
31, Kirova str., 298600, Yalta, Republic of Crimea, Russia
E-mail: lutkova1975@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8126-7596>

Elena V. Ivanova, Candidate of Technical Science, Senior Staff Scientist, Leading Staff Scientist, Laboratory of Microbiology, All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach” of the National Research Centre “Kurchatov Institute”
31, Kirov str., 298600, Yalta, Republic of Crimea, Russia
E-mail: lenochka_ivanova_58@mail.ru;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5989-6604>

Sofiya N. Cherviak, Candidate of Technical Sciences, Senior Staff Research, Department of Digital Technologies in Winemaking and Viticulture, All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach” of the National Research Centre “Kurchatov Institute”
31, Kirov str., 298600, Yalta, Republic of Crimea, Russia
E-mail: Sofi4@list.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9551-7448>
* corresponding author

Igor P. Lutkov, Candidate of Technical Sciences, Senior Staff Scientist, Leading Staff Scientist Laboratory of Sparkling Wines, All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach” of the National Research Centre “Kurchatov Institute”
31, Kirov Str., 298600 Yalta, Republic of Crimea, Russia
E-mail: igorlutkov@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9515-4341>

Критерии авторства

Луткова Наталья Юрьевна — формулирование основной идеи, постановка задач, приготовление чистых культур дрожжей, проведение анализов;
Иванова Елена Владимировна — проведение микробиологических исследований;
Червяк София Николаевна — редактирование статьи, формулирование выводов, переписка;
Лутков Игорь Павлович — приготовление игристых вин, проведение анализов типичных свойств игристых вин.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

Nataliya Yu. Lutkova — the main idea, the formulation of tasks, the preparation of pure yeast cultures, the analysis;
Elena V. Ivanova — conducting microbiological research;
Sofiya N. Cherviak — editing of the article, formulation of conclusions, correspondence;
Igor P. Lutkov — preparation of sparkling wines, analysis of typical properties of sparkling wines.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.