

УДК 579.2+579.6

Поступила в редакцию 22.11.2019
Received 22.11.2019**А.В. Кантерова, С.И. Леонович, А.В. Савчик, Е.И. Ладутько, Г.И. Новик***Институт микробиологии НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь***МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПРИРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ЦЕННЫХ КУЛЬТУР ДРОЖЖЕВЫХ ГРИБОВ**

Аннотация. С поверхности листьев, ягод и цветов декоративных, лекарственных и плодово-ягодных культур изолированы новые штаммы дрожжевых грибов. По результатам исследования морфологии колоний и клеток дрожжей, физиолого-биохимическим характеристикам, а также молекулярно-генетической идентификации культуры отнесены к следующим родам: *Cystofilobasidium*, *Rhodotorula*, *Sporobolomyces*, *Rhodospiridiobolus* — продуцируют каротиноидные пигменты, *Cryptococcus*, *Metschnikowia*, *Bullera* — могут быть использованы для получения внеклеточных полисахаридов и белково-витаминных концентратов, *Dothiora* — продуценты меланина. Выделенные штаммы в перспективе могут быть использованы в биотехнологическом производстве и производстве биологически активных добавок.

Ключевые слова: дрожжевые грибы, молекулярно-генетическая идентификация, биотехнологическое производство

A.V. Kanterova, S.I. Leanovich, A.V. Savchik, A.I. Ladutska, G.I. Novik*The Institute of Microbiology of National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus***MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION AND MOLECULAR-GENETIC IDENTIFICATION OF NATURAL ISOLATES OF BIOTECHNOLOGICALLY VALUABLE OF YEAST-LIKE FUNGI**

Abstract. New strains of yeast-like fungi were isolated from the surface of leaves, berries and flowers of decorative, medicinal and fruit cultivars. Following morphological examination of yeast colonies and cells, physiological-biochemical characterization and molecular-genetical identification the cultures were referred to the following genera: *Cystofilobasidium*, *Rhodotorula*, *Sporobolomyces*, *Rhodospiridiobolus* — sources of carotenoid pigments, *Cryptococcus*, *Metschnikowia*, *Bullera* — potential producers of extracellular polysaccharides, *Dothiora* — melanin synthesizers. The isolated strains in short-term perspective may be used in biotechnological industry and manufacturing of bioactive additives.

Keywords: yeast, molecular genetic identification, biotechnological production

Введение. Дрожжи были первыми микроорганизмами, которые человек стал использовать в хозяйственной деятельности. Основное свойство дрожжей, которое всегда использовалось в промышленности, — это способность к образованию довольно больших количеств спирта из сахара. Другая группа производственных процессов, в которых издавна используются дрожжи, также связана с их способностью к спиртовому брожению: образование углекислого газа под воздействием дрожжей — важнейший этап в приготовлении хлеба, приводящий к заквашиванию теста. На протяжении нескольких тысяч лет человечество совершенствовало технологии изготовления вина, пива и хлеба, доводя их до уровня искусства и получая все более изысканные продукты. Новый этап в развитии броидильных процессов начался после работ Пастера, Коха и других корифеев микробиологии, которые ввели в практику метод чистых культур. Тем не менее, до конца XIX века дрожжи применялись лишь в виноделии, пивоварении и хлебопечении. Двадцатый век, с его бурным развитием промышленности, резко расширил и области применения дрожжей. Дрожжи стали выращиваться в больших масштабах в качестве источника белка и витаминов для сельскохозяйственных животных. Дрожжи

также являются основным источником для получения технического этанола. С помощью дрожжей получают широкий спектр биологически активных соединений, используемых в разных областях производственной деятельности. К ним относятся витамины, различные полисахариды, липиды, которые могут служить заменителями растительных масел, разнообразные ферменты, используемые в пищевой промышленности и т.д. [1]. Развитие генетической инженерии позволило использовать легко культивируемые дрожжи для получения многих полезных веществ животной и растительной природы, например, инсулина. Использование микробной биомассы для обогащения кормов белком и незаменимыми аминокислотами в условиях интенсивного животноводства — одна из важнейших задач будущего, так как человечество развивается таким образом, что оно вряд ли сможет обеспечить себя пищей традиционными методами. Известно, что выращивание микроорганизмов не зависит от климатических условий, не требует посевных площадей, поддается автоматизации. Дрожжи — одна из наиболее перспективных групп микроорганизмов для получения белковых кормовых добавок. Содержание белка в клетках некоторых штаммов дрожжей составляет от половины до 2/3 сухой массы, на долю незаменимых аминокислот приходится до 10 % [2, 3].

Критерии классификации дрожжей в настоящее время включают описание морфологии клеток, строения клеточных стенок, характеристики вегетативного размножения, наличия полового процесса, способности утилизировать экзогенные соединения, а также результаты молекулярно-генетического анализа структуры ДНК и РНК. В качестве маркерных последовательностей геномов для идентификации дрожжей используются высоко консервативные последовательности рибосомной ДНК: 5.8SpДНК, 18SpДНК, 26 SpДНК [4]. Таким образом, определение нуклеотидных последовательностей геномной ДНК культур дрожжей является необходимой задачей для уточнения классификации дрожжей и их видовой принадлежности.

Вновь описываемые виды дрожжей должны типифицироваться штаммами, которые депонируют в коллекции микроорганизмов, где они поддерживаются в жизнеспособном состоянии. Это делает их доступными для научной общественности. Кроме хранилищ таких штаммов коллекции выполняют различные функции: научные, учебные, производственные. Коллекции проводят патентование практически ценных штаммов, осуществляют обмен и выдачу культур для исследовательских, производственных и учебных целей, проводят таксономические исследования, составляют периодические публикуемые каталоги.

Цель исследования — выделение из природных источников биотехнологически ценных дрожжевых культур, идентификация культур с использованием современных молекулярно-генетических методов, развитие Белорусской коллекции непатогенных микроорганизмов.

Материалы и методы. Объектами исследований служили штаммы дрожжевых грибов, изолированные нами из образцов природных материалов (цветов примулы, одуванчика, ветреницы, подсолнуха, бархатцев, хризантемы, тысячелистника, черёмухи, ягод боярышника). Для выделения дрожжевых грибов проводили посев смывов с образцов растительных материалов методом истощающего штриха на среду сусло-агар и инкубировали при температуре 25 °С.

Для проверки способности дрожжей сбраживать сахара применяли метод с использованием трубок Дунбара. В качестве питательной среды использовали 0,5 % раствор дрожжевого экстракта с добавлением исследуемых сахаров в 2 % концентрации: глюкозы, сахарозы, галактозы, мальтозы, инулина, целлобиозы, трегалозы, лактозы, крахмала, а также раффинозы с конечной концентрацией 6 %. Тесты на способность дрожжей сбраживать сахара проводили в трех повторностях. Учет результатов производили через 24 ч.

Для проверки способности дрожжей ассимилировать источники углерода проводили посев исследуемых дрожжевых грибов в жидкие питательные среды на основе пивного сусла и инкубировали на качалке в течение трех суток. После этого производили посев культур дрожжей на агаризованные среды, содержащие источник углерода (сахарозу, галактозу, мальтозу, инулин, целлобиозу, трегалозу, лактозу, крахмал — с конечной концентрацией сахаров 0,5 %, раффинозу — 1 %). Положительным контролем служила агаризованная среда, содержащая 0,5 % глюкозы, отрицательным контролем являлась агаризованная среда, не содержащая сахаров. Оценку способности дрожжей к росту и ассимиляции различных источников углерода проводили в трех повторках. Учет результатов производили на третьи и седьмые сутки после посева [3].

Выделение геномной ДНК дрожжевых грибов проводили с использованием ацетата лития для разрушения клеточной стенки дрожжей [9]. ПЦР-амплификацию нуклеотидной последовательности гена 18SpРНК проводили с использованием праймеров NS1 (5'-gtagcatatgcttgcctc-3') и NS4 (5'-cttcgcgtaattcctttaag-3'). Амплификацию выполняли с использованием следующего температурно-временного профиля: денатурация — 5 мин при 98 °С; 34 цикла элонгации — 98 °С — 20 с, 55 °С — 20 с, 72 °С — 2 мин; достройка цепи — 5 мин при 72 °С; охлаждение до 4 °С. Образцы ДНК и ПЦР-продукты анализировали в 1 % агарозном геле с использованием 1X *tris*-ацетатного буфера. Для визуализации ДНК и ПЦР-продуктов агарозный гель окрашивали раствором бромистого этидия в кон-

центрации 0,05 мкг/мл. Для определения размера продуктов ПЦР применяли маркер молекулярной массы фрагментов ДНК GeneRuler DNA Ladder 1 Kb Plus (Thermo Scientific) [5, 6].

Для определения уровня накопления биомассы дрожжевых культур при глубинном культивировании использовали пивное сусло 7 °Б. Культивирование в жидкой среде проводили в колбах Эрленмейера на качалке со скоростью вращения ротора 180 об/мин при температуре 20–23 °С. Уровень накопления биомассы определяли нефелометрически, путем измерения оптической плотности культуры относительно стерильной среды культивирования при длине волны 600 нм (D600).

Процент выживаемости дрожжевых грибов после криоконсервации и лиофилизации определяли по стандартным методикам [7].

Результаты и обсуждение. С поверхности листьев, ягод и цветов декоративных, лекарственных и плодово-ягодных культур изолированы штаммы дрожжевых грибов. Морфологическая характеристика вновь выделенных дрожжевых культур дана на основании изучения макроморфологии колоний (при поверхностном культивировании на сусловом агаре) и микроморфологии — с использованием метода световой микроскопии нативных препаратов клеток (при увеличении Ч600). Детальное морфологическое описание макроколоний и микропрепаратов клеток дрожжевых грибов приведено в табл. 1 и на рис. 1.

Таблица 1. Морфологическая характеристика выделенных дрожжевых культур
Table 1. Morphological characteristics of isolated yeast cultures

Изоляты дрожжей	Источник выделения	Морфология колоний и клеток дрожжей
Бар2	Поверхность цветов бархатцев	Дрожжи формируют колонии диаметром до 4 мм, правильной округлой формы, край колонии ровный, колонии слизистые, реверзум не окрашен. Цвет светло-бежевый. Клетки дрожжей округлой формы.
О1	Поверхность цветов одуванчика	Культура формирует слизистые колонии диаметром до 5 мм красного цвета, край ровный. Клетки дрожжей округлой формы, располагаются одиночно.
Пж3	Поверхность цветов примулы	Дрожжи формируют колонии диаметром до 3 мм, правильной округлой формы, край колонии ровный, колонии слизистые, реверзум не окрашен. Цвет красный. Клетки дрожжей округлой и продолговатой формы.
6/2	Поверхность цветов ветреницы дубравной	Молодая культура формирует слизистые, блестящие колонии диаметром 2–3 мм красного цвета, край колонии ровный. Клетки дрожжей округлой формы, располагаются одиночно, наблюдается активное почкование.
П2	Поверхность цветов подсолнуха	Молодая культура формирует слизистые, блестящие колонии диаметром 2–3 мм красного цвета, край колонии ровный. Клетки дрожжей округлой формы, располагаются одиночно, наблюдается активное почкование.
Хс1	Поверхность цветов хризантемы	Культура формирует блестящие крупные колонии диаметром до 7 мм, бежево-розового цвета, край колонии ровный. Клетки дрожжей овальной формы, располагаются одиночно, наблюдается аскоспорообразование.
БВ	Поверхность ягод боярышника	Культура формирует колонии диаметром 2 мм, светло-розового цвета, с блестящей поверхностью, край ровный. Клетки дрожжей округлой формы, располагаются одиночно, наблюдается почкование.
Хс3	Поверхность цветов хризантемы	Культура формирует блестящие крупные колонии диаметром до 5 мм, кремового цвета, край колонии ровный. Клетки дрожжей округлой формы, располагаются одиночно, наблюдается активное почкование.
Т1	Поверхность цветов тысячелистника	Молодая культура формирует слизистые, блестящие колонии диаметром 2–3 мм красно-оранжевого цвета, край колонии ровный. Клетки дрожжей округлой формы, располагаются одиночно, наблюдается активное почкование.
Ч1	Поверхность цветов черемухи	Дрожжи формируют колонии диаметром 2–3 мм, плотные, сухие, круглой формы, край колонии мицелиального типа, поверхность блестящая. Цвет молодых колоний в возрасте 3 сут. розовато-бежевый, с возрастом (7 сут.) колонии становятся коричнево-черными. Клетки дрожжей крупные, округлой и овальной формы, образуют мицелий, наблюдается почкование клеток.

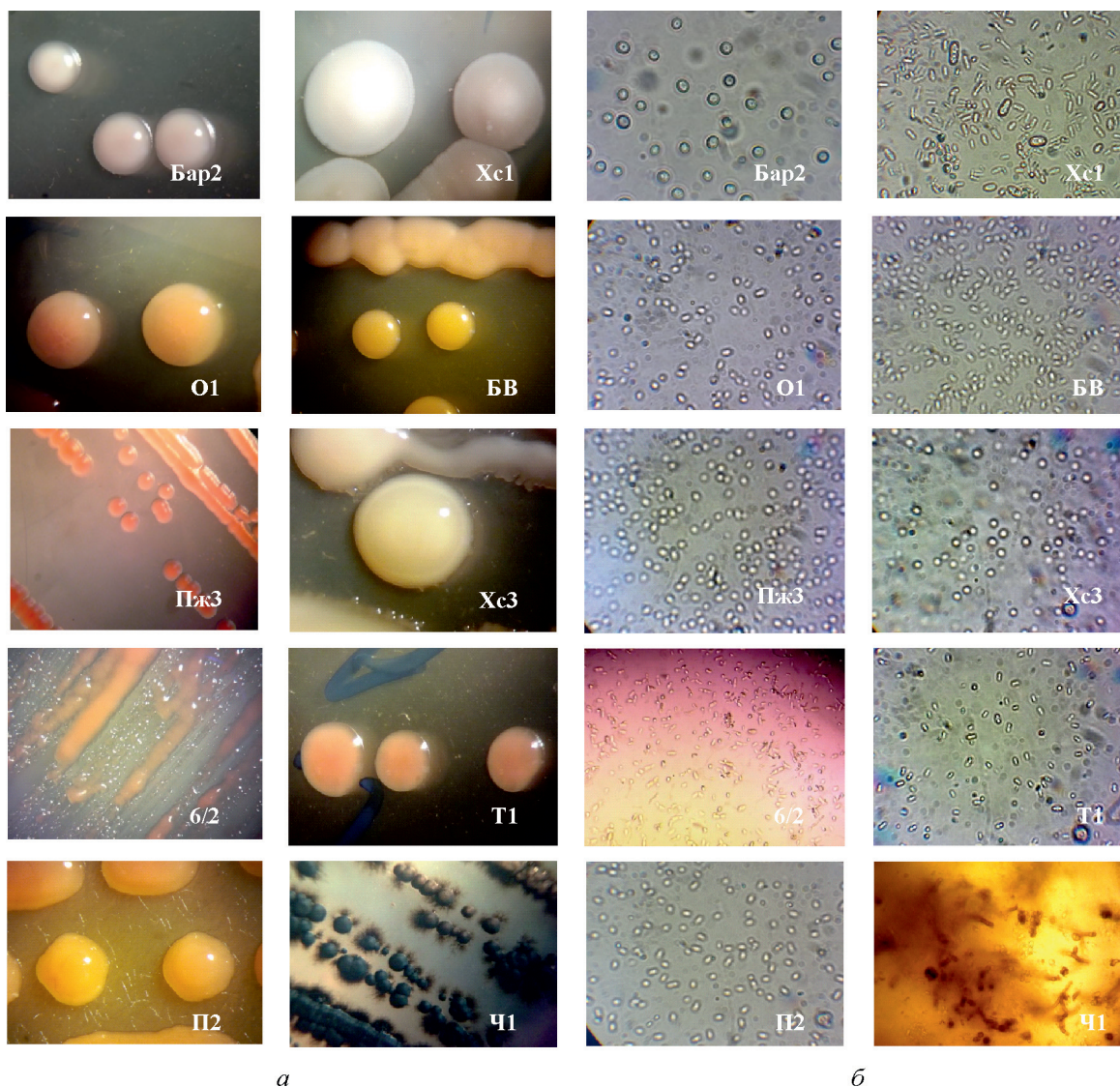


Рис. 1. Морфология колоний и клеток дрожжей, выделенных из природных источников:
а — колонии; б — клетки

Fig. 1. Morphology of colonies and yeast cells isolated from natural sources:
а — colonies; б — cells

На следующем этапе исследований проведен анализ таксономически значимых физиологических признаков дрожжевых культур: способности к сбраживанию сахаров и ассимиляции источников углерода (табл. 2, 3). Следует отметить, что для некоторых штаммов наблюдался достаточно слабый рост в исследуемых средах, что не позволяет однозначно интерпретировать соответствующий результат. Особенностью проводимых тестов является учет возможной медленной адаптации культур дрожжей к источникам углерода [3].

С целью установления точного таксономического диагноза проводили молекулярно-генетическую идентификацию исследуемых культур дрожжей. Для штаммов дрожжей выделена геномная ДНК, осуществлена амплификация генов 18S рРНК, проведена очистка и подготовка к секвенированию продуктов ПЦР, выполнено секвенирование, определена видовая принадлежность, а также подготовлены заключения о молекулярно-генетической идентификации культур (табл. 4).

Для вновь выделенных из природных источников культур дрожжевых грибов, изучен уровень продукции биомассы в динамике развития популяции. На рис. 2, в качестве примера, представлены кривые роста, иллюстрирующие накопление биомассы у культур дрожжевых грибов, обладающих наибольшим значением средней удельной скорости роста на жидкой питательной среде на основе пивного сусла.

Таблица 2. Результаты тестов исследования сбраживания источников углерода штаммами дрожжей

Table 2. Test results of carbon source fermentation by yeast strains

Изоляты	глюкоза	галактоза	сахара-роза	мальтоза	раффиноза	инулин	целлобиоза	трегалоза	лактоза	крахмал
Бар2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
О1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Пж3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
П2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Хс1	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
БВ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Хс3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Т1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ч1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание: «+» — наличие роста культуры и процесса сбраживания; «-» — отсутствие роста культуры и процесса сбраживания.

Таблица 3. Результаты тестов исследования ассимиляции источников углерода штаммами дрожжей

Table 3. Results of tests evaluating assimilation of carbon source by yeast strains

Изоляты	глюкоза	галактоза	сахара-роза	мальтоза	раффиноза	инулин	целлобиоза	трегалоза	лактоза	крахмал
Бар2	+	+	+	+	+	-	+/-	+/-	+/-	-
О1	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-
Пж3	+	+/-	+/-	+/-	+	+/-	+	+	-	+
6/2	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-
П2	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-
Хс1	+	+	+/-	+	-	-	+	+/-	-	-
БВ	+	+	+	-	+	-	-	+/-	-	-
Хс3	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
Т1	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-
Ч1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Примечание: «+» — наличие роста культуры; «-» — отсутствие роста культуры; «+/-» — слабый рост культуры.

Таблица 4. Результаты молекулярно-генетической идентификации выделенных штаммов дрожжей

Table 4. Molecular genetic identification results isolated yeast strains

№ п/п	Штамм дрожжей	Гомология по гену 18S рРНК
1	Бар2	<i>Cryptococcus</i> , 99 %
2	О1	<i>Rhodotorulasp.</i> , 100%
3	Пж3	<i>Rhodospordioboluscolostri</i> , 99 %
4.	6/2	<i>Sporobolomycesp.</i> , 100 %
5	П2	<i>Rhodotorulaglutinis</i> , 99 %
6	Хс1	<i>Metschnikowiareukaufii</i> , 99%
7	БВ	<i>Cystobasidiumlaryngis</i> , 99%
8	Хс3	<i>Bulleraunica</i> , 99 %
9	Т1	<i>Rhodotorula sp.</i> , 100%
10	Ч1	<i>Dothioracannabinae</i> , 99 %

Результаты измерения оптической плотности культуральной жидкости дрожжевых грибов в динамике развития популяции показали, что исследуемые культуры дрожжей активно накапливают биомассу

в течение первых 48–96 ч глубинного культивирования. Далее увеличение биомассы происходило менее интенсивно и зависело от индивидуальных особенностей исследованной культуры дрожжей. Для штамма О1 значение средней удельной скорости роста достигало 0,0379, для штамма Ч1 — 0,0393.

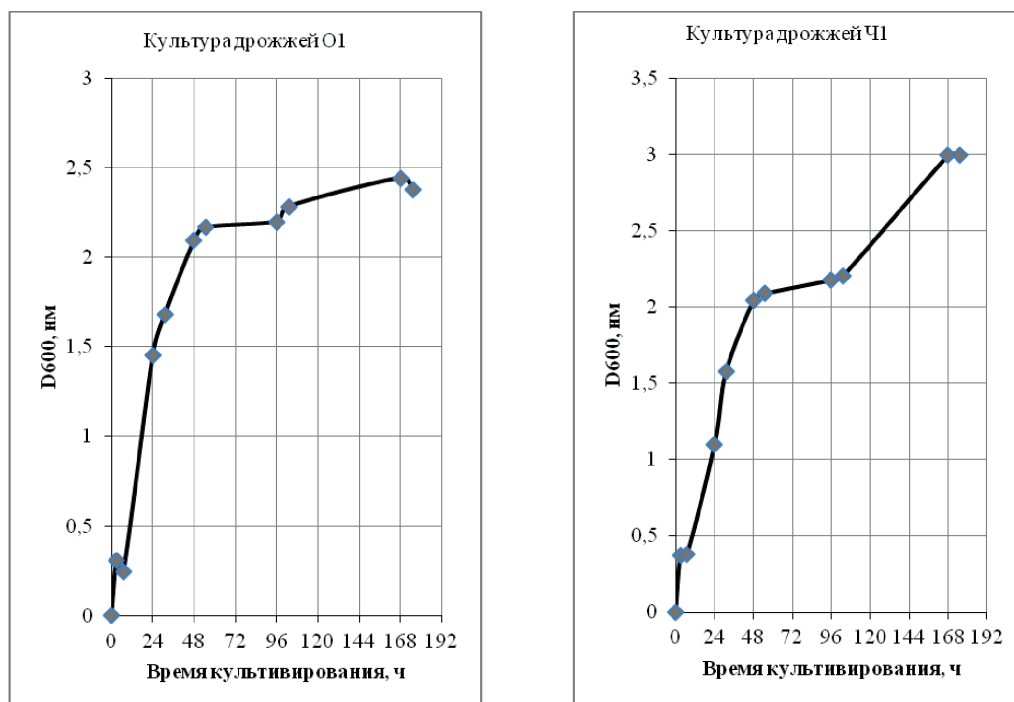


Рис. 2. Изменение значений оптической плотности культуральной жидкости при культивировании дрожжевых культур на жидкой питательной среде на основе пивного сусла

Fig. 2. The change in the optical density of the culture fluid during the cultivation of yeast cultures in a liquid nutrient medium based on beer wort

Осуществлено депонирование культур дрожжевых грибов, выделенных из природных источников, по форме «гарантийное хранение» в Белорусской коллекции непатогенных микроорганизмов (БКМ) (табл. 5). Оформлены паспорта на штаммы дрожжевых грибов, согласно стандартным правилам, принятым в крупнейших мировых коллекциях микроорганизмов.

Таблица 5. Выделенные из природных источников штаммы дрожжевых грибов
Table 5. Yeast strains isolated from natural sources

№ п/п	Авторское название	№ БИМ	Род	Вид
1	Б2	У- 312 Г	<i>Cryptococcus</i>	<i>ater</i>
2	О1	У- 315 Г	<i>Rhodotorula</i>	sp.
3	Пж3	У- 317 Г	<i>Rhodospordiobolus</i>	<i>colostri</i>
4	6/2	У- 324 Г	<i>Sporobolomyces</i>	sp.
5	П2	У- 325 Г	<i>Rhodotorula</i>	<i>glutinis</i>
6	Хс1	У- 330 Г	<i>Metschnikowia</i>	<i>reukaufii</i>
7	БВ	У- 331 Г	<i>Cystobasidium</i>	<i>laryngis</i>
8	Хс3	У- 332 Г	<i>Bullera</i>	<i>unica</i>
9	Т1	У- 333 Г	<i>Rhodotorula</i>	sp.
10	Ч1	У- 334 Г	<i>Dothiora</i>	<i>cannabinae</i>

Обеспечено длительное хранение культур дрожжей с использованием низкотемпературной консервации и лиофилизации. Данные, иллюстрирующие сохранение высокого уровня жизнеспособности культур дрожжевых грибов после криоконсервации при -70°C и после лиофильного высушивания, приведены в табл. 6 и 7. Количество колониеобразующих единиц на мл (КОЕ/мл) и динамику изменения оптической плотности культуральной жидкости (ОП) у культур дрожжевых грибов изучали при культивировании на жидкой питательной среде на основе пивного сусла в течение

ние 96 ч для культур первого, второго и третьего пассажа после консервации. Контролем служила культура, поддерживаемая методом периодических пересевов.

Т а б л и ц а 6. Сохранение жизнеспособности выделенных из природных источников штаммов дрожжевых грибов после лиофилизации

Table 6. Viability of natural isolated of yeast-like fungal strain upon freeze-drying

№ штамма БИМ	Первый пассаж		Второй пассаж		Третий пассаж		Контроль	
	КОЕ/мл	ОП	КОЕ/мл	ОП	КОЕ/мл	ОП	КОЕ/мл	ОП
У- 312Г	5,8x10 ⁸	1,75	6,6x10 ⁸	1,80	8,0x10 ⁸	2,00	8,0x10 ⁸	2,00
У- 315Г	6,1x10 ⁸	1,77	8,1x10 ⁸	2,00	2,7x10 ⁹	2,18	3,0x10 ⁹	2,20
У- 317Г	4,5x10 ⁸	1,67	5,5x10 ⁸	1,77	7,2x10 ⁸	1,81	7,0x10 ⁸	1,80
У- 324Г	1,2x10 ⁸	1,45	3,2x10 ⁸	1,65	6,2x10 ⁸	1,75	6,0x10 ⁸	1,75
У- 325Г	5,9x10 ⁸	1,60	6,7x10 ⁸	1,65	7,7x10 ⁸	1,85	7,7x10 ⁸	1,85
У- 330Г	1,3 x10 ⁸	1,66	2,7 x10 ⁸	1,70	4,7 x10 ⁸	1,76	4,5 x10 ⁸	1,76
У- 331Г	2,0 x10 ⁸	1,65	2,0 x10 ⁸	1,65	3,0 x10 ⁸	1,72	2,7 x10 ⁸	1,70
У- 332Г	1,8 x10 ⁸	1,70	2,6 x10 ⁸	1,72	6,6 x10 ⁸	1,79	6,1 x10 ⁸	1,77
У- 333Г	9,0 x10 ⁷	1,35	1,0 x10 ⁸	1,55	3,9 x10 ⁸	1,78	4,1 x10 ⁸	1,79
У- 334Г	1,1 x10 ⁸	1,75	9,7x10 ⁸	1,97	2,7x10 ⁹	2,17	2,7x10 ⁹	2,18

Т а б л и ц а 7. Сохранение жизнеспособности выделенных из природных источников штаммов дрожжевых грибов после криоконсервации

Table 7. Viability of natural isolated of yeast-like fungal strain upon cryoconservation

№ штамма БИМ	Первый пассаж		Второй пассаж		Третий пассаж		Контроль	
	КОЕ/мл	ОП	КОЕ/мл	ОП	КОЕ/мл	ОП	КОЕ/мл	ОП
У- 312Г	7,0x10 ⁸	1,85	8,0x10 ⁸	2,00	8,3x10 ⁸	2,02	8,0x10 ⁸	2,00
У- 315Г	8,0x10 ⁸	2,05	2,7x10 ⁹	2,18	3,0x10 ⁹	2,20	3,0x10 ⁹	2,20
У- 317Г	6,5x10 ⁸	1,77	6,8x10 ⁸	1,78	7,0x10 ⁸	1,80	7,0x10 ⁸	1,80
У- 324Г	3,3x10 ⁸	1,65	6,0x10 ⁸	1,75	6,1x10 ⁸	1,75	6,0x10 ⁸	1,75
У- 325Г	4,7x10 ⁸	1,65	7,5x10 ⁸	1,85	7,7x10 ⁸	1,85	7,7x10 ⁸	1,85
У- 330Г	2,9 x10 ⁸	1,74	4,5 x10 ⁸	1,76	4,6 x10 ⁸	1,76	4,5 x10 ⁸	1,76
У- 331Г	2,0 x10 ⁸	1,65	2,6 x10 ⁸	1,70	2,7 x10 ⁸	1,70	2,7 x10 ⁸	1,70
У- 332Г	3,6 x10 ⁸	1,72	6,1 x10 ⁸	1,77	6,0 x10 ⁸	1,77	6,1 x10 ⁸	1,77
У- 333Г	1,3 x10 ⁸	1,56	4,0 x10 ⁸	1,79	4,2 x10 ⁸	1,80	4,1 x10 ⁸	1,79
У- 334Г	1,0x10 ⁸	1,99	2,5x10 ⁹	2,17	2,6x10 ⁹	2,17	2,7x10 ⁹	2,18

Как видно из результатов, представленных в табл. 6 и 7, сразу после консервации наблюдалось незначительное снижение количества жизнеспособных клеток, однако к третьему пассажиру в случае лиофилизации и ко второму, после криоконсервации, наблюдалось восстановление исходного количества жизнеспособных клеток культур дрожжевых грибов.

Заключение. С поверхности листьев, ягод и цветов декоративных, лекарственных и плодово-ягодных культур изолированы новые штаммы дрожжевых грибов. По результатам исследования морфологии колоний и клеток дрожжей, физиолого-биохимическим характеристикам, а также молекулярно-генетической идентификации культуры отнесены к следующим родам: *Cystofilobasidium*, *Rhodotorula*, *Sporobolomyces*, *Rhodospiridiobolus* — продуцируют каротиноидные пигменты, *Cryptococcus*, *Metschnikowia*, *Bullera* — могут быть использованы для получения внеклеточных полисахаридов и белково-витаминных концентратов, *Dothiora* — продуценты меланина. Выделенные штаммы в перспективе могут быть использованы в биотехнологическом производстве и производстве биологически активных добавок.

Список использованных источников

1. Satyanarayana, T. Yeast Biotechnology: Diversity and Applications / T. Satyanarayana, G. Kunze. — SpringerSci. + Business Media B.V. 2009 — 744 p.
2. *Rhodotorulaglutinis* as source of pigments and metabolites for food industry / Hernandez-Almanza A. et al.; Food Biosci., 2014. — Vol. 5. — P. 64–72.

3. Бабьева, И.П. Методы выделения и индентификации дрожжей. Справочное пособие. / И.П. Бабьева, В.И. Голубев. — М.: «Пищевая промышленность», 1979. — 120 с.
4. Lxoke, M. Extraction of genomic DNA from yeasts for PCR — based applications. / M. Lxoke, K. Kristjuhan, A. Kristjuhan -Biotechniques. — 2011. — Vol. 50, №5. — P. 325–328.
5. Barnett, J.A. A new key to the yeasts / J.A. Barnett, R.J. Pankhurst. — Amsterdam: North — Holland Publishing Company, 1974. — 273 p.
6. The yeasts. A taxonomic study. Second and enlarged edition. / Ed.: J. Lodder. — Amsterdam: North — Holland Publishing Company, 1970. — 1385 p.
7. Луста К.А. Методы определения жизнеспособности микроорганизмов / К.А. Луста, Б.А. Фихте // Научный центр биологических исследований АН СССР в Пушкине. — 1990. — 186 с.

References

1. Satyanarayana T, Kunze G. (eds). Yeast Biotechnology: Diversity and Applications. Springer Sci. + Business Media B.V. 2009, 744 p.
2. Hernandez-Almanza A., Montaneza J.C., Aguilar-Gonzalez M.A. et all. *Rhodotorulaglutinis* as source of pigments and metabolites for food industry. Food Biosci. 2014, no. 5, pp. 64–72.
3. Bab'yeva, I.P. Metody vydeleniya i indentifikatsii drozhzhey. Spravochnoye posobiye. [*Methods of isolation and identification of yeast. Reference manual*]. М.: «Pishchevaya promyshlennost'», 1979, 120 p. (in Russian).
4. Lxoke, M. Extraction of genomic DNA from yeasts for PCR — based applications. Biotechniques. 2011, 50, no.5, pp. 325–328.
5. Barnett, J.A. A new key to the yeasts / J.A. Barnett, R.J. Pankhurst, Amsterdam: North — Holland Publishing Company, 1974, 273 p.
6. The yeasts. A taxonomic study. Second and enlarged edition. Ed.: J. Lodder., Amsterdam: North — Holland Publishing Company, 1970, 1385 p.
7. Lusta K.A., Fikhite B.A. Metody opredeleniya zhiznesposobnosti mikroorganizmov [*Methods for determining the viability of microorganisms*]. Nauchnyy tsentr biologicheskikh issledovaniy AN SSSR v Pushchine, 1990. 186 p.

Информация об авторах

Кантерова Анна Валерьевна — научный сотрудник лаборатории «Коллекция микроорганизмов», Институт микробиологии НАН Беларуси (ул. им. академика В.Ф. Купревича, 2, 220141, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: microbiol@tut.by

Леонович Светлана Игоревна — младший научный сотрудник лаборатории «Коллекция микроорганизмов», Институт микробиологии НАН Беларуси (ул. им. академика В.Ф. Купревича, 2, 220141, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: mnemozina176@gmail.com.

Савчик Анастасия Вячеславовна — младший научный сотрудник лаборатории «Коллекция микроорганизмов», Институт микробиологии НАН Беларуси (ул. им. академика В.Ф. Купревича, 2, 220141, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: nastya.savchik@mail.ru.

Ладутко Елена Ивановна — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории «Коллекция микроорганизмов», Институт микробиологии НАН Беларуси (ул. им. академика В.Ф. Купревича, 2, 220141, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: ladutko_elena@mail.ru.

Новик Галина Ивановна — кандидат биологических наук, заведующий лабораторией «Коллекция микроорганизмов», Институт микробиологии НАН Беларуси (ул. им. академика В.Ф. Купревича, 2, 220141, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: galina_novik@mbio.bas-net.by.

Information about authors

Kanterova Anna V. — The Institute of Microbiology of National Academy of Sciences of Belarus (Kuprevich str. 2, 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: microbiol@tut.by

Leanovich Svetlana I. — The Institute of Microbiology of National Academy of Sciences of Belarus (Kuprevich str. 2, 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: mnemozina176@gmail.com.

Savchik Anastasia V. — The Institute of Microbiology of National Academy of Sciences of Belarus (Kuprevich str. 2, 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nastya.savchik@mail.ru.

Ladutka Alena I. — Ph.D. (Biological). The Institute of Microbiology of National Academy of Sciences of Belarus (Kuprevich str. 2, 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ladutko_elena@mail.ru

Novik Galina I. — Ph.D. (Biological). The Institute of Microbiology of National Academy of Sciences of Belarus (Kuprevich str. 2, 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: galina_novik@mbio.bas-net.by.