

УДК 579.66

ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОЛЛЕКЦИИ ДРОЖЖЕВЫХ ГРИБОВ ВО ВСЕРОССИЙСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ НИЦ “КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ”

© 2022 г. М. М. Вустин^{1, 2, *}, М. А. Великая^{1, 2}, С. П. Синецкий^{1, 2}

¹Биоресурсный центр Всероссийская коллекция промышленных микроорганизмов Национального исследовательского центра “Курчатowski институт”, Москва, 117545 Россия

²НИЦ “Курчатowski институт”, Москва, 123182 Россия

*e-mail: vustinmm@genetika.ru

Поступила в редакцию 29.06.2022 г.

После доработки 10.08.2022 г.

Принята к публикации 16.08.2022 г.

В представленном обзоре отражены основные этапы формирования коллекции дрожжевых грибов Биоресурсного центра Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов (БРЦ ВКПМ). Проанализированы видовой и количественный состав дрожжей, поступающих на хранение в ВКПМ в зависимости от потребностей отдельных направлений в сельском хозяйстве и медицинской промышленности России. Сделаны прогнозы относительно перспектив развития дрожжевой коллекции и ее востребованности в ближайшем будущем.

Ключевые слова: коллекция, микроорганизмы, дрожжи

DOI: 10.56304/S0234275822050167

Всероссийская коллекция промышленных микроорганизмов основана как государственная коллекция промышленных микроорганизмов в 1969 году в составе Государственного научно-исследовательского института генетики и селекции промышленных микроорганизмов (“ГосНИИгенетика”). Первоначальное название коллекции – Центральный музей промышленных микроорганизмов (ЦМПМ). В 1985 году после присоединения СССР к Будапештскому договору о международном признании депонирования микроорганизмов для целей патентной процедуры коллекция получила статус Международного органа по депонированию (МОД) и стала называться Всесоюзной, а позднее Всероссийской коллекцией промышленных микроорганизмов (ВКПМ). В настоящее время коллекция дрожжей составляет примерно четвертую часть всего коллекционного фонда ВКПМ.

Первые штаммы дрожжей, которые поступали в коллекцию, были исключительно промышленными и связанными с производством дрожжевой биомассы для кормовых целей. Основными поставщиками таких штаммов были институты, входившие в министерство микробиологической промышленности СССР – ВНИИ Синтезбелок, ВНИИ Гидролиз, ВНИИ Биотехнология и ГосНИИгенетика, которая стала головной государственной организацией Главмикробиопрома. Видовой состав сдаваемых штаммов, главным обра-

зом, был представлен дрожжами рода *Candida* [1, 2]. По мере развития медицинской и микробиологической промышленности в ВКПМ стали закладывать дрожжевые штаммы, полученные в результате проведенных научно-исследовательских работ не только вышеуказанного министерства, но и многих других научных заведений и ведомств, включая университеты и прикладные институты всего Советского Союза.

Коллекция промышленных микроорганизмов гарантировала сохранение жизнеспособности сдаваемых штаммов, а также неразглашение информации о них в течение тридцати лет. Это сыграло главную роль в расширении коллекции и обеспечило ее востребованность. В коллекции появились штаммы дрожжей, используемые в хлебопечении [3, 4], пивоварении [5], виноделии [6, 7], производстве спирта [8, 9]. Несмотря на существование большого количества профильных институтов, имеющих свои специализированные коллекции, в ВКПМ, в первую очередь, депонировали штаммы, в связи с проведением патентной процедуры – оформлением заявки на изобретение и получением патента. Только две коллекции (ВКПМ и ВКМ – Всероссийская коллекция микроорганизмов Пушкинского научного центра биологических исследований РАН) в нашей стране имеют право на депонирование штаммов при получении на них патента.

Бурное развитие микробиологической и химической промышленности в 70–80 годы привело к значительному увеличению видового и штаммового разнообразия дрожжей в коллекции. Этому способствовала появившаяся возможность использования в качестве питательной среды для их выращивания различных отходов производства. Дрожжи родов *Candida* и *Shizosaccharomyces* хорошо росли на гидролизатах древесных опилок [10–12] и других растительных отходах [13]. Представители родов *Pichia*, *Hansenula*, и *Trichosporon* давали высокую биомассу на дешевых субстратах таких как меласса [14], молочная сыворотка [15], этанол [16], метанол [17], парафины нефти [18] и послеспиртовая барда [19]. Эти дрожжи отличались способностью расти при высоких (40–42°C) температурах и низких значениях pH, что позволяло вести процесс культивирования без существенных затрат на охлаждение ферментеров и фактически в нестерильных условиях.

С появлением высокоурожайных сортов сельскохозяйственных культур в России появились избытки зерна и продуктов его переработки, позволившие использовать их в качестве субстратов для производства кормовых дрожжей. Основными источниками углерода в микробиологическом синтезе стали глюкозо- и мальтозосодержащие сиропы, производимые из дешевых видов зерна [20] и меласса, являющаяся побочным продуктом сахарного производства и содержащая, в основном, сахарозу [21].

В 90 годы наблюдалось мощное развитие спиртовой промышленности на основе сахаросодержащих субстратов [22–24]. В коллекцию стали поступать штаммы дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, полученные генно-инженерными методами. Эти дрожжи обладали способностью сбраживать в спирт не только простые сахара, но и более сложные субстраты, такие как крахмал [25] и инулин [26].

С использованием методов генной инженерии за последние десятилетия удалось сконструировать целую гамму дрожжей продуцентов кормовых ферментов, таких как бета-глюканаза [27], фитаза [28], ксиланаза [29], маннаназа [30]. В качестве реципиентов для чужеродных генов из бактерий и мицелиальных грибов в этих работах, в основном, использовали дрожжи вида *Komagataella phaffii* (*Pichia pastoris*), которые отличались высоким уровнем экспрессии генов и высоким уровнем секреции синтезируемых белков. За последние годы спектр дрожжей реципиентов значительно расширился – базовыми организмами для клонирования генов стали, помимо хорошо изученных *S. cerevisiae* и *K. phaffii*, еще и *Kluyveromyces marxianus*, *K. lactis*, *Yarrowia lipolytica*. В коллекции появились представители других видов и родов, обладающие высоким биотехнологическим потенциалом, необходимым при продукции секретлируемых

белков. Так недавно описанные виды дрожжей *Komagataella kurtzmanii*, *Ogataea polymorpha* и *O. haglerorum* оказались очень удобными, с методической точки зрения, видами для клонирования чужеродных генов. На базе липогенных дрожжей *Yarrowia lipolytica* в ГосНИИГенетика были сконструированы штаммы-продуценты фермента липазы [31, 32], янтарной кислоты [33] и инкапсулированной фитазы [34], которые также были депонированы в ВКПМ. Природная толерантность к органическим кислотам еще одного вида дрожжей, *Schizosaccharomyces pombe*, отличающая его от многих других, дала возможность создать на их основе высокопродуктивные штаммы молочной кислоты [35, 36]. Культивирование этих дрожжей отличалось от традиционного отсутствием необходимости нейтрализации образующейся кислоты щелочью, что имеет очень высокий экономический эффект.

Кормовые добавки в виде биомассы дрожжей, обогащенной каротиноидами, такими как бета-каротин и астаксантин, в настоящее время достаточно востребованы на рынке производства комбикормов. Мутантные штаммы дрожжей *Phaffia rhodozyma*, полученные в результате нескольких циклов химического мутагенеза с отбором на средах, содержащих селективные агенты, были способны к биосинтезу высокого уровня астаксантина и образования биомассы при культивировании [37]. В ВКПМ депонирован еще один вид полученных путем химического мутагенеза с последующей селекцией дрожжей – *Rhodospiridium diabolicum* – продуцентов бета-каротина, торулина и торуляроидина [38, 39].

Генно-инженерные штаммы-продуценты бета-каротина удалось получить в ГосНИИГенетика с использованием дрожжей *Yarrowia lipolytica*, изначально неспособных к биосинтезу каротиноидов. В этих исследованиях авторы клонировали гетерологичные гены всего пути биосинтеза бета-каротина, взятые из грибов *Mucor circinelloides* [40].

На сегодняшний день коллекция дрожжевых грибов БРЦ ВКПМ, насчитывающая более пяти тысяч штаммов, относящихся к 126 родам [41], состоит из следующих разделов: международное патентное депонирование, национальное патентное депонирование, гарантийное хранение, контрольное хранение, хранение. Свободному распространению подлежат лишь штаммы, относящиеся к категории “хранение”, что отображено в каталоге ВКПМ. Другие разделы коллекции носят конфиденциальный характер и информация, содержащаяся в них, закрыта для пользователей.

Видовое разнообразие дрожжевой коллекции не очень велико по сравнению с коллекциями типовых культур в других странах [42–45]. “Изыминкой” коллекции является большое количество штаммов одного вида, активно используемых в раз-

личных видах промышленного производства России в течение многих лет [41].

Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* всегда представляли особый интерес как для научных исследований, так и для прикладных целей. Это в первую очередь связано с их многогранностью в плане практического применения. В ВКПМ дрожжи этого вида наиболее многочисленны и на сегодняшний день составляют около 1000 штаммов, из которых 18 – продуценты спирта на различных субстратах, 198 штаммов связаны с приготовлением вина, 101 штамм может использоваться в хлебопекарной промышленности, 34 штамма применяются в пивоварении. Большая часть штаммов этого вида, хранящиеся в коллекции, непосредственно не связана практической деятельностью и имеет чисто научное значение [41].

Значительная часть коллекции дрожжевых грибов ВКПМ представлена так называемыми “дикими” штаммами – природными изолятами из разных регионов мира, включая Россию. Наибольшая часть этой коллекции собрана при участии сотрудников кафедры Биологии почв факультета Почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова и известного геносистематика дрожжей Наумова Г.И., работавшего в ГосНИИгенетика в течение многих лет. Собранная в БРЦ ВКПМ коллекция природных штаммов дрожжей по-своему уникальна. Можно сказать, что коллекции культур некоторых видов дрожжей не имеют аналогов в мире как по широкому спектру географических мест их выделения, так и по разнообразию субстратов. Например, коллекция молочных дрожжей *Kluveromyces* представлена 10 видами, насчитывающими 328 штаммов, выделенных из молочнокислых продуктов 10 стран мира [41]. Дрожжи рода *Wickerhamomyces* в природе часто ассоциированы с насекомыми и растениями и обладают целым набором интересных для биотехнологии свойств, таких как продукция летучих органических кислот, альдегидов и кетонов. Многие штаммы этого рода обладают высокой фунгицидной и антибактериальной активностью. Коллекция в настоящее время располагает более чем 130 штаммами этих дрожжей, часть из них используется в производстве кормового белка, часть в качестве биоконтрольных препаратов при хранении сельскохозяйственной продукции [41]. Осмо- и галотолерантные дрожжи рода *Debaryomyces* широко распространены в природе, они имеют ярко выраженную киллерную активность против многих видов дрожжей и мицелиальных грибов, что позволяет использовать их в качестве перспективных пробиотиков в аквакультуре [46]. В коллекции ВКПМ насчитывается более 100 штаммов этого рода. Подобные коллекции в будущем могут использоваться в больших скрининговых исследованиях, связанных с поиском новых свойств дрожжей или новых генов, отвечающих за проявление этих свойств.

По существующему в России законодательству, многие промышленные штаммы, у которых истек срок двадцатилетнего действия патента, автоматически переходят в категорию хранения и становятся доступными для свободного распространения. В связи с этим, чтобы облегчить потенциальным клиентам БРЦ ВКПМ поиск необходимых по свойствам штаммов продуцентов различных биологически активных веществ была проведена дополнительная систематизация штаммов БРЦ ВКПМ, в так называемые, специализированные коллекции.

Так, дрожжи-продуценты этилового спирта были сгруппированы с учетом сырья, из которого производится спирт. Это гидролизаты древесины хвойных и лиственных пород деревьев, гидролизаты других растительных отходов, крахмалсодержащее сырье – осажаренное и неосажаренное зерно и крахмал картофеля, меласса, как отход сахарного производства, инулинсодержащее сырье из топинамбура, молочная сыворотка, содержащая неупотребленную лактозу. Штаммы, объединенные в эти группы, различаются между собой по ряду производственных показателей таких как максимальное накопление спирта в среде, скорость сбраживания субстрата, способность к сбраживанию пентоз, отношение к температуре и pH среды, при которых идет процесс.

Штаммы-продуценты биомассы дрожжей, используемой в производстве кормов для сельскохозяйственных животных, также сильно различаются между собой и могут быть систематизированы по видовому составу, способности расти на разных субстратах: послеспиртовой барде, гидролизатах древесины и различных растительных отходов, гидролизатах торфа, мелассной барде, сульфитных шелоках, n-парафинах нефти, метаноле, этаноле, молочной сыворотке. Условия культивирования этих штаммов сильно различаются по температуре и pH среды. Содержание в клетке сырого протеина и его аминокислотный состав также являются очень важными характеристиками предлагаемых штаммов.

Систематизация штаммов из других разделов дрожжевой коллекции ВКПМ (национальное и международное депонирование, гарантированное хранение) в специализированные коллекции на сегодняшний день затруднена по причине существующего ограничения на их распространение. Тем не менее, поисковая база данных Unigen [41], позволяет в настоящее время вести достаточно успешный поиск необходимых заказчику штаммов через интернет, по ключевым словам, затрагивающим видовую принадлежность, конкретные свойства штаммов, включая область их применения и производимый продукт.

Дрожжевая коллекция БРЦ ВКПМ близка по размеру и составу крупным национальным кол-

лекциям Англии (NCYC) [47] и Японии (IFO) [48]. В ней представлено много уникальных штаммов, предназначенных для использования в различных областях биотехнологии. Коллекция дрожжей БРЦ ВКПМ представляет как научный, так и практический интерес для работы с уже имеющимися продуцентами промышленно-ценных веществ и для поиска новых свойств у штаммов, выделенных из природы.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при финансовой поддержке государства в лице Министерства образования и науки России, Соглашение № 075-15-2021-1053.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев Н.Г. Технология производства кормов. – М.: Научные труды, 1992. 6 с.
2. Быков В.А., Манакон М.Н., Панфилов В.И., Свитцов А.А., Тарасова Н.В. Производство белковых веществ. – М.: Высшая школа, 1987, 5, 74.
3. Нурматова С.К., Золотилина Г.Д., Эгамбердиев Н.М., Мавлани М.И. Штамм дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* ВКПМ Y-695, используемый в хлебопечении для приготовления лепешек “оби-нон”. Авторское свидетельство SU 1440915 A1, 15.05.1987, опубл. 30.11.1988
4. Воробьева Г.И., Пономарева Т.А., Сильченко Н.В., Захарычев А.П., Мосейчук А.И., Казарин А.М., Жданова А.В., Ковбар Г.Г., Горбунова Т.И. Штамм дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, используемый для сбраживания мелассного сула в производстве этилового спирта и хлебопекарных дрожжей. Патент RU 2186846 C2, 18.09.2000, опубл. 10.08.2002.
5. Давыденко С.Г., Афонин Д.В., Дедегкаев А.Т., Баташов Б.Э., Богданова Е.В. Штамм дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* для применения в пивоваренной промышленности. Патент RU 2340666 C1, 12.04.2007, опубл. 10.12.2008, бюл. №34.
6. Абрамов Ш.А., Котенко С.Ц., Сосунов М.И. Штамм дрожжей *Saccharomyces vini* раса “Дербентская яблочная” для производства плодово-ягодных вин. Патент RU 2036230C1, 28.04.1992, опубл. 27.05.1995.
7. Котенко С.Ц., Аливердиева Д.А., Садулаев М.М., Пальян Ю.Л., Халилова Э.А., Исламмагомедова Э.А., Абакарова А.А. Штамм дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* для производства красных столовых вин. Патент RU 2636024C1, 12.12.2016, опубл. 17.11.2017, бюл. № 34.
8. Цугкиев Б.Г., Хозиев А.М., Кабалоева Д.Ф. Штамм *Torulaspora delbrueckii* ВКПМ Y-4279 – продуцент этилового спирта. Патент RU 2662965C1, 29.11.2017, опубл. 31.07.2018, бюл. № 22.
9. Римарева Л.В., Оверченко М.Б., Игнатова Н.И., Мартыненко Н.Н., Коновалова Е.Ю. Применение штамма *Saccharomyces cerevisiae* ВКПМ Y-3136 в качестве средства, снижающего образование побочных метаболитов в процессе приема спирта. Патент RU 2331666C2, 30.11.2005, опубл. 20.08.2008, бюл. № 23.
10. Заикина А.И., Рогачева Р.А., Михайлова Л.Н., Мурзаков Б.Г., Сычев А.Е., Низамов Р.А., Бикбулатова Р.Ф., Салихова Н.А. Штамм дрожжей *Hansenula species* – продуцент кормовой биомассы. Патент RU 2077573C1, 27.07.1993, опубл. 20.04.1997.
11. Каплан М.Н., Мартыненко К.Д., Мельников Н.П. Способ выращивания дрожжей на гидролизатах целлюлозы. Авторское свидетельство SU 123125A1, 09.02.1959.
12. Олешко В.С., Важинская И.С., Стахеев И.В., Батурина Т.Я. Штамм дрожжей *Candida scottii*, используемый для получения жидкого кормового продукта на высококонцентрированных средах. Авторское свидетельство SU 1571061 A1, 04.08.1988, опубл. 15.06.1990.
13. Силантьев Л.В., Григорян А.Н., Битрих К.И., Дибцов В.П., Горская Л.А., Пушков А.В. Способ получения биомассы дрожжей. Патент RU 1218672 C1, 09.08.1984, опубл. 09.06.1995.
14. Глушанкова Л.Н., Монахова Н.И., Семушина Т.Н., Токарев Б.И., Козлова Л.В., Кунина А.И. Способ получения биомассы кормовых дрожжей. Авторское свидетельство SU 1114697 A1, 03.05.1983, опубл. 23.09.1984.
15. Цугкиев Б.Г., Рамонова З.Г., Гудиев Р.В. Штамм дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* ВКПМ Y-3414, адаптированный к культивированию на молочной подсырной сыворотке. Патент RU 2445359 C1, 17.05.2010, опубл. 20.03.2012, бюл. № 8.
16. Винаров А.Ю., Сидоренко Т.Е., Робышева З.Н., Захарычев А.П., Ковальский Ю.В., Заикина А.И., Зобнина В.П. Способ микробиологической переработки отходов ректификационной очистки спирта с получением белковой биомассы. Патент RU 2209250C1, 10.04.2001, опубл. 27.07.2003, бюл. № 21.
17. Берков А.Д., Коротовских А.П., Попов А.Ю., Соломко П.И., Шулятьев Е.В. Способ получения биомассы дрожжей для производства кормового белкового продукта. Патент RU 2731517 C1, 06.02.2020, опубл. 03.09.2020, бюл. № 25.
18. Винаров А.Ю., Гарбалинская О.В., Ипатов Г.В., Никитина Н.П., Пийроя Э.К. Способ получения биомассы дрожжей. Патент RU 1639058A1, 19.10.1989, опубл. 20.07.1995.
19. Мельникова Л.С., Захаров З.В., Жарко М.Ю. Использование послеспиртовой барды в качестве сырья для получения высокобелковых кормовых препаратов. *Известия МГТУ “МАМИ”*, 2012, 4, 2(14), 101–105.
20. <https://www.vogelbusch-biocommodities.com/>.
21. Семенухин С.О., Бабакина М.В., Федосеева О.В., Городецкий В.О. Обзор современных исследований в области переработки мелассы для получения биологически активных веществ. *Новые технологии*,

- 2019, 2 (48), 97–107.
<https://doi.org/10.24411/2072-0920-2019-10210>
22. Крикунова Л.Н., Пономарева М.С., Гернет М.В., Карпиленко Г.П. Способ производства этилового спирта из топинамбура. Патент RU 2301832С1, 21.04.2006, опубл. 27.06.2007, бюл. № 18.
23. Поляков В.А., Леденев В.П., Кривченко В.А., Калинина О.А., Ярмош В.И., Кононенко В.М. Способ производства этилового спирта из зернового сырья. Патент RU 2192469 С1, 02.11.2001, опубл. 10.11.2002, бюл. № 31.
24. Журба О.С., Крикунова Л.Н., Карамзин А.В., Ловкис З.В., Петюшев Н.Н. Способ производства этилового спирта из зернового сырья. Патент RU 2443781С1, 08.02.2011, опубл. 27.02.2012, бюл. № 6.
25. Крикунова Л.Н., Сидякин М.Э., Черных В.Я., Журба О.С., Косяк С.Б. Способ производства этилового спирта из крахмалосодержащего сырья. Патент RU 2473693С1, 02.12.2011, опубл. 27.01.2013, бюл. № 3.
26. Крикунова Л.Н., Шаненко Е.Ф., Соколовская М.В. Способ производства этилового спирта из топинамбура. Патент RU 2144084С1. 06.11.1998, опубл. 10.01.2000, бюл. № 1.
27. Козлов Д.Г., Чеперегин С.Э., Малышева А.В., Санникова Е.П., Борщевская Л.Н., Гордеева Т.Л., Калинина А.Н., Агранович А.М., Федоров А.С., Синеокий С.П. Рекомбинантный штамм дрожжей *Komagataella kurtzmanii* – продуцент бета-глюканазы. Патент RU 2701640С1, 19.12.1918, опубл. 30.09.2019, бюл. № 28.
28. Гордеева Т.Л., Борщевская Л.Н., Калинина А.Н., Синеокий С.П., Воронин С.П., Каширская М.Д., Агранович А.М. Рекомбинантный штамм дрожжей *Pichia pastoris* – продуцент фитазы. Патент RU 2701498С1, 24.12.1918, опубл. 26.09.2019, бюл. № 27.
29. Калинина А.Н., Борщевская Л.Н., Гордеева Т.Л., Агранович А.М., Синеокий С.П. Рекомбинантный штамм дрожжей *Pichia pastoris* – продуцент ксиланазы. Патент Ru 2701308С1. 19.12.1918, опубл. 25.09.2019, бюл. № 27.
30. Тарутина М.Г., Лазарева М.Н., Лантева А.Р., Коробов В.С., Федоров А.С., Синеокий С.П. Рекомбинантный штамм дрожжей *Ogataea haglerorum*, продуцирующий бета-маннаназу *Vacillus subtilis*. Патент RU 2747782С1, 18.06.2020, опубл. 14.05.2021, бюл. № 14.
31. Выборная Т.В., Юзбашев Т.В., Соболевская Т.И., Лантев И.А., Юзбашева Е.Ю., Синеокий С.П. Рекомбинантный штамм дрожжей *Yarrowia lipolytica* – продуцент липазы. Патент RU 2451075С1, 08.04.2011, опубл. 20.05.2012.
32. Синеокий С.П., Юзбашев Т.В., Лантев И.А., Юзбашева Е.Ю., Выборная Т.В., Соболевская Т.И. Штамм дрожжей *Yarrowia lipolytica* – продуцент липазы. Патент RU 2355754С1, 25.12.2007, опубл. 20.05.2009, бюл. № 14.
33. Синеокий С.П., Соболевская Т.И., Лукина Г.П., Юзбашев Т.В., Юзбашева Е.Ю., Лантев И.А., Выборная Т.В. Штамм дрожжей *Yarrowia lipolytica* ВКПМ Y-3753 – продуцент янтарной кислоты. Патент RU 2487931С1, 05.07.2012, опубл. 20.07.13, бюл. № 20.
34. Эпова Е.Ю., Дерябина Ю.И., Исакова Е.П., Трубникова Е.В., Трубников Д.В., Зылькова М.В., Бирюкова Ю.К., Тынё Я.Я., Клявс Ю.П. Рекомбинантный штамм *Yarrowia lipolytica* – продуцент инкапсулированной фитазы *Obesumbacterium proteus*. Патент RU 2664476С1, 14.07.2017, опубл. 17.08.2018, бюл. № 23.
35. Синеокий С.П., Вустин М.М., Юзбашев Т.В., Рыбаков Ю.А., Райнина Е.И., Токарева Н.Г., Великая М.А., Агранович А.М., Дебабов В.Г. Способ микробиологического синтеза молочной кислоты и рекомбинантный штамм дрожжей *Schizosaccharomyces pombe* для его осуществления. Патент RU 2268304С1, 24.06.2004, опубл. 20.01.2006, бюл. № 2.
36. Гордеева Т.Л., Борщевская Л.Н., Синеокий С.П. Рекомбинантный штамм дрожжей *Schizosaccharomyces pombe* – продуцент молочной кислоты. Патент RU 2539092С1, 27.09.2013, опубл. 10.01.2015, бюл. № 1.
37. Вустин М.М., Белых Е.Н., Кишилова С.А., Чиненова Т.А., Синеокий С.П., Дебабов В.Г. Штамм дрожжей *Phaffia rhodozuta* – продуцент астаксантина. Патент RU 2385925С1, 22.10.2008, опубл. 10.04.2010, бюл. № 10.
38. Вустин М.М., Великая М.А., Синеокий С.П. Штамм дрожжей *Rhodospiridium diobovatum* – продуцент каротиноидов. Патент RU 2399659С1. 10.07.2009, опубл. 20.09.2010, бюл. № 26.
39. Вустин М.М., Великая М.А., Синеокий С.П. Штамм дрожжей *Rhodospiridium diobovatum* – продуцент каротиноидов. Патент RU 2406757С1, 10.07.2009, опубл. 20.12.2010, бюл. № 35.
40. Таратынова М.О., Косихина Ю.М., Виноградова Е.Б., Дементьев Д.А., Коробов В.С., Золотцев В.А., Юзбашев Т.В., Юзбашева Е.Ю., Синеокий С.П. Накопление нейтральных липидов и β -каротина дрожжами *Yarrowia lipolytica* на среде с сахарозой в качестве источника углерода. *Биотехнология*, 2021, 37(3), 29–41. <https://doi.org/10.21519/0234-2758-2021-37-3-29-41>
41. <https://vkpm.genetika.ru/katalog-mikroorganizmov/cat3/>.
42. wi.knaw.nl.
43. www.atcc.org.
44. nrri.ncaur.usda.gov.
45. www.gbif.org.
46. Вустин М.М. Дрожжевые пробиотики – применение в животноводстве. *Ветеринария и зоотехния*, 2021, 5, 68–77. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202105010>
47. <https://www.ncyc.co.uk/>.
48. https://www.ifo.or.jp/rc_pdf/8.pdf.

History and Prospects for the Development of the Collection of Yeast Fungi in the Russian State Collection of Industrial Microorganisms of the Kurchatov Institute Research Center

M. M. Vustin^{a, b, #}, M. A. Velikaya^{a, b}, and S. P. Sineoky^{a, b}

^aRussian State Collection of Industrial Microorganisms National Bio-Resource Center (BRC VKPM),
“Kurchatov Institute”—GOSNIIGENETIKA National Research Center, Moscow, 117545 Russia

^bNRC “Kurchatov Institute” National Research Center, Moscow, 123182 Russia

[#]e-mail: vustinmm@genetika.ru

Abstract—The present review reflects the main stages in the formation of the collection of yeast fungi of the All-Russian National Collection of Industrial Microorganisms Bio-Resource Center (BRC VKPM). The species and quantitative composition of yeast entering storage in the VKPM, was analyzed depending on the needs of individual areas in agriculture and the medical industry of Russia. Forecasts are made regarding the prospects for the development of the yeast collection and its relevance in the near future.

Keywords: collection, microorganisms, yeast