

УДК 582.232+637.17

## ФУНГИЦИДНАЯ АКТИВНОСТЬ ДРОЖЖЕЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ЧАЛА

© 2013 г. В. И. Голубев

Всероссийская коллекция микроорганизмов, Институт биохимии  
и физиологии микроорганизмов РАН, Пушино, 142290

e-mail: wig@ibpm.pushchino.ru

Поступила в редакцию 16.11.2011 г.

Обнаружен штамм кляйверомицетов, секретирующий фунгицидный токсин белковой природы. Наибольшая активность наблюдается при значении pH среды 5.0 и повышенном осмотическом давлении. Данный агент отнесен к микоцинам, действует против видов рода *Kluveromyces* и некоторых представителей таксономически родственных им таксонов.

DOI: 10.7868/S0555109913010066

Дрожжи нередко могут выступать в качестве антагонистов различных микроорганизмов. Такая их активность бывает обусловлена разными причинами: подкислением среды, накоплением в ней этанола, образованием хелатирующих соединений, гликолипидов, микоцинов (киллер-токсины) [1]. Последние представляют собой белковые вещества, действующие против таксономически родственных микоциногенным штаммам организмов. Помимо теоретических микоциногении посвящено немало и прикладных исследований, предлагающих использовать данное явление в целях конструирования устойчивых стартовых культур для бродильной промышленности, биотипирования запатентованных и патогенных штаммов, биоконтроля фитопатогенных и вызывающих порчу пищевых продуктов и кормов грибов.

К настоящему времени микоциногенные штаммы обнаружены у представителей почти всех родов дрожжевых грибов, включая *Kluveromyces van der Walt* [2–5]. За исключением *K. lactis* (Dombrowski) van der Walt [6], у которого изучены и генетические детерминанты синтеза микоцина, строение и механизм его действия, такие штаммы других видов кляйверомицетов исследованы обычно лишь в каком-либо одном аспекте.

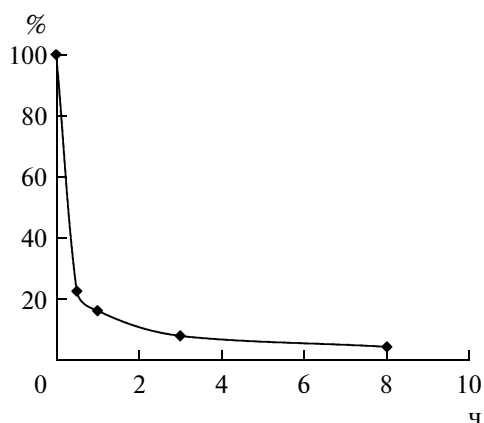
Микоциногенная активность обнаружена нами у штамма кляйверомицета, выделенного из чала, туркменского кисломолочного напитка, образующегося из верблюжьего молока в результате молочнокислого и спиртового брожения. В процессе роста микроорганизмы обогащают среду продуктами своего метаболизма [7]. Этому напитку приписывают целебные свойства и в некоторых районах Туркмении проводят курсы лечения чалом. Он используется при лечении туберкулеза и заболеваний желудочно-кишечного тракта.

Цель работы – выяснение условий проявления антифунгальной активности, характеристика микоцина, секретируемого штаммом ВКМ У-451, и установлению спектра его действия.

### МЕТОДИКА

**Штаммы.** В работе использованы культуры Всероссийской коллекции микроорганизмов (ВКМ, <http://www.vkm.ru>). Подавляющая часть обследованных видов представлена их типовыми штаммами, а родов – типовыми видами. Исследованный в настоящей работе штамм ВКМ У-451 поступил в коллекцию в 1948 г. от М.Ф. Цыганкова (АН Туркменской ССР). В.И. Кудрявцев отнес данный штамм к виду *Saccharomyces lactis* Adametz, рассматривая наименование *S. lactis* Dombrowski в качестве синонима [8]. Позднее он был переименован как *Kluveromyces lactis* (Dombrowski) van der Walt, а недавно на основании рестрикционного анализа некодирующих участков рДНК реидентифицирован как *K. marxianus* (Hansen) van der Walt [9]. В отличие от неотипового штамма и стандартного описания этого вида [10] ВКМ У-451 не растет при +37°C, сбраживает трегалозу, инулин не сбраживает.

**Тестирование чувствительности.** Чувствительность трехсуточных культур, выращенных на суло-агаре (СА) при комнатной температуре, тестировали методом “культура против культуры”. Водную суспензию обследуемого на чувствительность штамма (0.05 мл, 10<sup>5</sup> кл./мл) тщательно растирали шпателем по поверхности агаризованной среды подобранного состава (см. ниже). Затем штрихом наносили на нее обильный инокулюм штамма ВКМ У-451. Чашки инкубировали при комнатной температуре до появления роста газона. При наличии вокруг штриха зоны подавления роста в несколько мм тестируемые штаммы реги-



Гибель клеток *Saccharomyces bayanus* ВКМ Y-523 (% от исходной концентрации  $1.2 \times 10^3$  кл./мл) при инкубации в токсинсодержащей культуральной жидкости штамма ВКМ Y-451.

стрировали как чувствительные, при отсутствии зоны — как нечувствительный. При образовании узкой зоны, около 1 мм, штаммы относили к слабо чувствительным.

**Получение и характеристика токсина.** Для работы токсина штамм ВКМ Y-451 выращивали в жидкой среде в покое 3 сут. Клетки отделяли центрифугированием (5000 g, 10 мин) и супернатант фильтровали через стеклянные фильтры GF/A (“Sigma”, США). Полученную токсин-содержащую культуральную жидкость использовали для установления действия токсина на жизнеспособность чувствительных клеток, которую при инкубации в ней определяли высевами на СА. Она использована также для проверки устойчивости токсина к повышенной температуре и протеолизу методом лунок в агаре. Для ориентировочной оценки молекулярной массы токсина штамм ВКМ Y-451 выращивали на покрытой диализной мембраной (“Spectrum”, США) среде для тестирования чувствительности. После 7 сут инкубации мембрану вместе с выросшей на ней культурой удаляли и поверхность среды засеивали газонем чувствительного к токсину штамма *Saccharomyces cerevisiae* ВКМ Y-443.

**Элиминация антифунгальной активности.** Водную суспензию (0.1 мл,  $10^4$  кл./мл) штамма ВКМ Y-451 высевали газонем на СА и инкубировали при максимальной для его роста температуре. Другие чашки 3 мин облучали УФ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Антифунгальная активность штамма ВКМ Y-451 проявляется при кислых значениях pH среды и не обнаруживается уже при pH 6.0. Наибольшие по ширине зоны подавления роста чувствительных культур наблюдали при pH 5.0 (цитрат-

фосфатный буфер). Ширина этих зон вокруг штриха штамма ВКМ Y-451 возрастала при введении в среду глицерина или NaCl. Наибольшей она была при содержании глицерина 100–150 мл/л или концентрации соли 4%. Дальнейшее повышение содержания в среде глицерина и NaCl приводило к замедлению или даже отсутствию роста газона. В итоге тестирование чувствительности основной массы культур к антифунгальному агенту штамма ВКМ Y-451 осуществлено на среде следующего состава (г/л): глюкоза — 5.0, пептон — 2.5, дрожжевой экстракт — 2.0, NaCl — 40.0,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  — 7.31, моногидрат лимонной кислоты — 5.10, агар — 20.0, pH — 5.0. Штаммы, чувствительные к повышенному содержанию соли, тестировали при меньших концентрациях NaCl.

При наличии в среде метиленового синего (0.03 г/л) по границе зоны подавления роста на газоне возникала синяя кайма, что свидетельствовало об отмирании клеток чувствительного штамма. Фунгицидное действие подтвердили данные об их гибели в процессе инкубации в культуральной жидкости штамма ВКМ Y-451 (рисунок).

Для получения токсина данный штамм выращивали в среде указанного выше состава, исключив NaCl и агар, но с добавлением глицерина (100 мл/л) и содержании глюкозы 20.0 г/л.

Агент, секретируемый штаммом ВКМ Y-451, полностью инактивируется после выдерживания при 100°C (5 мин), а также после обработки пепсином (“Serva”, Германия). Он не диффундирует через диализную мембрану, не пропускающую соединения с молекулярной массой 6–8 кДа и более.

Судя по результатам проверки более 160 случайно отобранных колоний, инкубация этого штамма при максимальной для его роста температуре (34°C, СА) и облучение УФ (выживаемость при этом составляла менее 1%) не приводили к утрате антифунгальной активности.

Токсин штамма ВКМ Y-451 не действует на какие-либо из обследованных 92 видов 41 рода базидиомицетных дрожжевых грибов. К нему также нечувствительны 87 видов 48 родов аскомицетных дрожжей (табл. 1). Он активен против клейверомицетов, все виды которых, включая их анаморфы (*Candida sphaerica*, *C. kefir*), к нему чувствительны (табл. 2). Исключения составляли единичные штаммы *K. lactis* и *K. marxianus*.

Несколько видов рода *Saccharomyces* Meyen ex Reess, таксономически близкие клейверомицетам, также чувствительны к данному токсину (табл. 3). Подавляющее большинство культур типового вида рода, *S. cerevisiae* Meyen ex Hansen, включая неотиповой штамм вида и типовый штамм его анаморфы, *S. robusta*, к нему устойчивы. Однако типовые штаммы видов *S. chevalieri* Guilliermond (syn. *S. lindneri* Guilliermond) и

**Таблица 1.** Дрожжи, нечувствительные к микоцину *Kluveromyces marxianus* ВКМ Y-451 (цифры в скобках указывают количество обследованных видов, штаммов)

<i>Aciculoconidium</i> (1, 1)	<i>Kondoa</i> (1, 1)	<i>Schizoblastosporion</i> (1, 13)***
<i>Agaricostilbum</i> (1, 1)	<i>Kregervanrija</i> (1, 1)	<i>Schizosaccharomyces</i> (1, 1)
<i>Ambrosiozyma</i> (1, 1)	<i>Kurtzmanomyces</i> (1, 1)	<i>Schwanniomyces</i> (6, 8)
<i>Barnettozyma</i> (3, 15)	<i>Kwoniella</i> (1, 1)	<i>Sebacina</i> (1, 1)
<i>Bensingtonia</i> (1, 1)	<i>Leucosporidiella</i> (1, 1)	<i>Sirobasidium</i> (1, 1)
<i>Bullera</i> (1, 1)	<i>Leucosporidium</i> (1, 1)	<i>Sporidiobolus</i> (4, 4)
<i>Bulleromyces</i> (1, 1)	<i>Lipomyces</i> (3, 7)	<i>Sporobolomyces</i> (14, 21)
<i>Candida</i> (5, 6)*	<i>Lodderomyces</i> (1, 1)	<i>Sporopachydermia</i> (1, 1)
<i>Citeromyces</i> (1, 1)	<i>Magnusiomyces</i> (1, 1)	<i>Starmera</i> (2, 3)****
<i>Clavispora</i> (1, 1)	<i>Mastigobasidium</i> (1, 1)	<i>Sterigmatomyces</i> (1, 1)
<i>Cryptococcus</i> (1, 1)	<i>Metschnikowia</i> (8, 13)	<i>Sugiyamaella</i> (1, 1)
<i>Cuniculitrema</i> (1, 1)	<i>Meyerozyma</i> (1, 1)	<i>Sympodiomylopsis</i> (1, 1)
<i>Curvibasidium</i> (1, 1)	<i>Millerozyza</i> (1, 1)	<i>Tausonia</i> (2, 2)
<i>Cystofilobasidium</i> (1, 1)	<i>Mrakia</i> (1, 1)	<i>Tetrapisispora</i> (2, 2)
<i>Debaryomyces</i> (1, 1)	<i>Mrakiella</i> (1, 1)	<i>Tilletiopsis</i> (1, 1)
<i>Dioszegia</i> (1, 1)	<i>Myxozyma</i> (1, 1)	<i>Torulaspora</i> (4, 4)
<i>Dipodasopsis</i> (1, 1)	<i>Nadsonia</i> (2, 13)	<i>Tremella</i> (1, 1)
<i>Eremothecium</i> (1, 1)	<i>Nakazawaea</i> (1, 4)	<i>Trichomonoascus</i> (1, 1)
<i>Fellomyces</i> (1, 1)	<i>Nakaseomyces</i> (1, 1)	<i>Trichosporon</i> (1, 1)
<i>Erythrobasidium</i> (1, 1)	<i>Naumovozyza</i> (1, 1)	<i>Trigonopsis</i> (1, 1)
<i>Fibulobasidium</i> (1, 1)	<i>Peterozyza</i> (1, 1)	<i>Trimorphomyces</i> (1, 1)
<i>Filobasidiella</i> (1, 1)	<i>Pichia</i> (1, 1)	<i>Udeniomyces</i> (1, 1)
<i>Filobasidium</i> (1, 1)	<i>Priceomyces</i> (4, 10)**	<i>Wickerhamia</i> (1, 1)
<i>Hanseniaspora</i> (1, 1)	<i>Pseudozyma</i> (1, 1)	<i>Wickerhamiella</i> (1, 1)
<i>Holtermannia</i> (1, 1)	<i>Rhodosporeidium</i> (8, 23)	<i>Xanthophyllomyces</i> (1, 1)
<i>Hyphopichia</i> (2, 2)	<i>Rhodotorula</i> (28, 37)	<i>Yamadazyma</i> (1, 1)
<i>Itersonilia</i> (1, 1)	<i>Saccharomycopsis</i> (1, 1)	<i>Yarrowia</i> (1, 1)
<i>Kockovaella</i> (1, 1)	<i>Sakaguchia</i> (1, 1)	<i>Zygoascus</i> (2, 2)
<i>Kodamaea</i> (1, 1)	<i>Saturnispora</i> (1, 1)	<i>Zygosaccharomyces</i> (5, 29)
<i>Komagataella</i> (1, 1)	<i>Scheffersomyces</i> (1, 1)	<i>Zygorulaspora</i> (4, 4)

Слабо чувствительны: \**C. glabrata* (1), \*\**P. castellae* (1), \*\*\*неотиповой штамм *S. starkeyi-henricii*, \*\*\*\**S. amethonina* (2), см. также табл. 2.

*S. onubensis* Santa Maria, названия которых сейчас рассматриваются в качестве синонимов *S. cerevisiae*, оказались чувствительными.

Термолабильность, чувствительность к действию пепсина и значительная молекулярная масса антифунгального токсина, секретируемого штаммом ВКМ Y-451, свидетельствуют о его белковой природе. Он проявляет фунгицидную активность (рисунок) при кислых значениях pH среды лишь против таксономически родственных продуцентов организмов (табл. 1–4). В совокупности эти характеристики позволяют отнести данный агент к микоцинам [1]. Синтез его у исследованного штамма детерминирован, вероятно, хромосомными генами, поскольку инкубация при повышенной температуре и облучение УФ, спо-

собствующие элиминации цитоплазматических генетических элементов, не приводили к утрате антифунгальной активности.

К микоцину штамма ВКМ Y-451 нечувствительны представители всех классов (Agaricostilbomycetes, Microbotryomycetes, Tremellomycetes, Ustilaginomycetes) базидомицетных дрожжей, а также аскомицетные дрожжи класса Schizosaccharomycetes (табл. 1). В классе Saccharomycetes нечувствительны к нему, за немногими исключениями (табл. 4), и члены всех семейств порядка Saccharomycetales, кроме представителей семейства Saccharomycetaceae.

В семействе же Saccharomycetaceae спектр действия микоцина штамма ВКМ Y-451 ограничен, главным образом, видами рода *Kluveromyces*

**Таблица 2.** Внутривидовой спектр микоцина *Kluyveromyces marxianus* ВКМ Y- 451

Вид, штамм	Реакция к микоцину
<i>Kluyveromyces aestuarii</i> (Fell) van der Walt ВКМ Y-1528Т	с
<i>K. dobzhanskii</i> (Shehata et al.) van der Walt ВКМ Y-1293Т ( <i>Saccharomyces dobzhanskii</i> , Т)	+
ВКМ Y-2744 ( <i>Kluyveromyces marxianus</i> var. <i>dobzhanskii</i> ) ВКМ Y-2745 ( <i>K. marxianus</i> var. <i>dobzhanskii</i> )	+
<i>K. lactis</i> (Dombrowski) van der Walt var. <i>lactis</i> ВКМ Y-854 ( <i>Zygosaccharomyces casei</i> , Т)	с
ВКМ Y-868HT ( <i>Z. lactis</i> )	+
ВКМ Y-896 ( <i>Z. versicolor</i> , Т)	–
ВКМ Y-1527 ( <i>S. sociasi</i> , Т)	–
<i>Candida sphaerica</i> (Hammer et Cordes) Meyer et Yarrow ВКМ Y-762Т ( <i>Torulopsis sphaerica</i> )	+
<i>K. lactis</i> (Dombrowski) van der Walt var. <i>drosophilorum</i> (Shehata et al.) Sidenberg et Lachance ВКМ Y-831 ( <i>Zygofabospora krassilnikovii</i> , Т)	с
ВКМ Y-1296 ( <i>S. phaseolosporus</i> , Т)	–
ВКМ Y-1302Т ( <i>S. drosophilorum</i> )	с
ВКМ Y-1535 ( <i>K. vanudenii</i> , Т)	с
ВКМ Y-1890 ( <i>Z. krassilnikovii</i> )	+
<i>K. marxianus</i> (Hansen) van der Walt ВКМ Y-453, 454, 458, 461, 465, 467, 468, 470, 476 ( <i>S. lactis</i> )	+
ВКМ Y-466, 469 ( <i>S. lactis</i> )	с
ВКМ Y-471 ( <i>S. lactis</i> )	–
ВКМ Y-486 ( <i>S. muciparus</i> , Т)	+
ВКМ Y-848 ( <i>Z. ashbyi</i> , Т)	+
ВКМ Y-876HT ( <i>Z. marxianus</i> )	+
ВКМ Y-1187 ( <i>S. macedoniensis</i> , А)	+
ВКМ Y-1242 ( <i>S. fragilis</i> var. <i>bulgaricus</i> , Т)	+
ВКМ Y-1517 ( <i>K. cicerisporus</i> , Т)	с
ВКМ Y-1545 ( <i>K. wikenii</i> , Т)	+
<i>C. kefir</i> (Beijerinck) van Uden et Buckley ВКМ Y- 48 ( <i>C. macedoniensis</i> , Т)	с
ВКМ Y-257Т ( <i>Mycotorula kefir</i> )	с
ВКМ Y-258 ( <i>M. lactis</i> )	+
ВКМ Y-434 ( <i>S. fragrans</i> , Т)	+
ВКМ Y-922 ( <i>M. lactosa</i> , Т)	+
<i>K. wickerhamii</i> (Phaff et al.) van der Walt ВКМ Y-1297Т ( <i>S. wickerhamii</i> )	+

Примечания к табл. 2–4: (+) – чувствителен, с – слабо чувствителен, (–) – нечувствителен. В скобках указано наименование, под которым штамм поступил в ВКМ. Т – типовой, А – аутентичный штамм.

(табл. 2) и таксономически им родственными организмами (табл. 3). О близости их свидетельствует то, что все признанные сейчас виды клейверомицетов первоначально были описаны как саха-

ромицеты, а виды родов *Kazachstania* Zubkova, *Lachancea* Kurtzman, *Tetrapisispora* Ueda-Nishimura et Mikata и *Vanderwaltozyma* Kurtzman лишь недавно выведены из состава рода *Kluyveromyces*

**Таблица 3.** Спектр действия микоцина *Kluyveromyces marxianus* ВКМ У-451 среди *Saccharomyces* spp. (в скобках – количество обследованных штаммов)

Вид	Реакция к микоцину	Вид	Реакция к микоцину
<i>S. cariocanus</i> (2)	–	<i>S. kudriazevii</i> (2)	–
<i>S. bayanus</i> var. <i>bayanus</i> (4)*	+	<i>S. mikatae</i> (2)	с
<i>S. bayanus</i> var. <i>uyarum</i> (3)	+	<i>S. paradoxus</i> (8)	–
<i>S. cerevisiae</i> (49)**	–	<i>S. pastorianus</i> (3)	с

\* Нечувствителен неотиповой штамм, \*\*См. в тексте

**Таблица 4.** Спектр действия микоцина *Kluyveromyces marxianus* ВКМ У-451 среди аскомицетных дрожжей

Вид, количество штаммов	Реакция к микоцину	Вид, количество штаммов	Реакция к микоцину
<i>Babjeviella</i> (1, 1)	с	<i>L. suaveolens</i> (1)	–
<i>Blastobotrys adenivorans</i> (3)	с	<i>L. subsufficiens</i> (1)	–
<i>B. terrestris</i> (1)	–	<i>L. veronae</i> (1)	с
<i>Brettanomyces anomalus</i> (3)	+	<i>Ogatea minuta</i> (1)	с
<i>B. bruxellensis</i> (10)	с	<i>O. glucozyma</i> (1)	–
<i>B. custersianus</i> (1)	с	<i>O. henricii</i> (1)	с
<i>B. nanus</i> (1)	–	<i>O. methanolica</i> (1)	–
<i>Geotrichum fermentans</i> (1)	+	<i>O. methylivora</i> (1)	–
<i>Kazachstania africana</i> (1)	+	<i>O. naganishi</i> (1)	–
<i>K. barnettii</i> (2)	–	<i>O. nonfermentans</i> (1)	с
<i>K. bovina</i> (1)	–	<i>O. philodendra</i> (1)	–
<i>K. exigua</i> ( <i>C. holmii</i> ) (3)	с	<i>O. pini</i> (4)	+
<i>K. kunashiriensis</i> (1)	с	<i>O. polymorpha</i> (6)	–
<i>K. lodderae</i> (2)	–	<i>O. trehalophila</i> (1)	–
<i>K. rosini</i> (1)	–	<i>O. wickerhamii</i> (2)	с
<i>K. sloofiae</i> (1)	–	<i>Pachysolen tannophilus</i> (1)	+
<i>K. spencerorum</i> (2)	с	<i>Saccharomycodes ludwigii</i> (5)	с
<i>K. transvaalensis</i> (1)	с	<i>Vanderwaltozyma polyspora</i> (1)	с
<i>K. unispora</i> (3)	–	<i>Wickerhamomyces alni</i> (2)	+
<i>K. viticola</i> (1)	+	<i>W. anomalus</i> (54)	–
<i>K. yakushimaensis</i> (1)	–	<i>W. bisporus</i> (1)	+
<i>Kuraishia capsulata</i> (1)	с	<i>W. bovis</i> (1)	с
<i>Lachancea thermotolerans</i> (4)	–	<i>W. canadensis</i> (1)	–
<i>Lac. waltii</i> (1)	с	<i>W. chambardii</i> (1)	с
<i>Lindnera americana</i> (1)	с	<i>W. cifferi</i> (1)	–
<i>L. bimundalis</i> (1)	с	<i>W. lynferdii</i> (1)	–
<i>L. fabianii</i> (6)	–	<i>W. mucosus</i> (1)	–
<i>L. jadinii</i> (2)	–	<i>W. pijperi</i> (1)	–
<i>L. mrakii</i> (1)	–	<i>W. rabaulensis</i>	с
<i>L. petersonii</i> (1)	–	<i>W. silvicola</i> (1)	–
<i>L. rhodanensis</i> (1)	–	<i>W. strasburgensis</i> (3)	с
<i>L. sargentensis</i> (1)	–	<i>W. subpelliculosus</i> (5)	–
<i>L. saturnus</i> (19)	–	<i>W. sydowiorum</i> (1)	–

[10]. При этом многие из этих бывших кляйверомицетов, а также более отдаленно родственные виды устойчивы, а если чувствительны к микоцину, то обычно слабо (табл. 3, 4).

Как правило, штаммы одного вида однородны по реакции к микоцину, а встречающиеся в этом

отношении отклонения, по-видимому, не случайны. В частности, из 52 обследованных штаммов *S. cerevisiae*, в том числе неотиповой, 49 устойчивы к микоцину ВКМ У-451 (табл. 3). В противоположность им три штамма, ВКМ У-406, -407 и -2123, ранее рассматриваемые как представители от-

дельных видов, *S. chevalieri* и *S. onubensis*, оказались чувствительны, что перекликается с данными о маннанах клеточных стенок *S. chevalieri*, отличающиеся от маннанов других сахаромицетов серологически и по ПМР-спектрам [11–13]. Микоцины, как известно, сорбируются на поверхности чувствительных клеток рецепторами, имеющими в своем составе различные полисахариды клеточной стенки. Модификация их структуры приводит к изменению способности клеток сорбировать микоцин и, следовательно, реакции культур к микоцину [1]. Можно предположить, что микоцин штамма ВКМ Y-451 связывается маннансодержащими рецепторами и, вероятно, изменения в структуре маннанов этих сахаромицетов, а также единичных штаммов клюйверомицетов (табл. 2), обуславливают их нечувствительность.

Нередко различия между культурами одного таксона по микоциночувствительности могут свидетельствовать о его таксономической гетерогенности.

Биотехнологический потенциал клюйверомицетов, в частности *Kluyveromyces marxianus*, в качестве продуцентов различных ферментов, ароматических веществ, ББК, биологически активных соединений в последние годы оценивается весьма высоко [14, 15]. Микоцин этого вида дрожжей, обнаруживаемых обычно в молочных продуктах и на их производствах, может, вероятно, найти применение в молочной промышленности. Микоцин *K. wickerhamii*, например, недавно предложено использовать для защиты вин в процессе брожения, созревания и хранения от порчи бреттаномицетами [5].

Автор благодарен В.В. Ивановой за помощь в тестировании микоциночувствительности штаммов дрожжей.

Работа выполнена при финансовой поддержке МОН РФ (контакты № 16.518.11.7035, 14.518.11.7069)

и в рамках программы фундаментальных исследований Президиума РАН “Молекулярная и клеточная биология”.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Golubev W.I. // Biodiversity and Ecophysiology of Yeasts / Ed. C.A. Rosa, G. Péter. Berlin: Springer, 2006. P. 197–219.
2. Lehman P.F., Lemon M.B., Ferencak W.J. // Mycologia. 1987. V. 79. № 5. P. 790–794.
3. Vaughan-Martini A., Rosini G. // Mycologia. 1989. V. 81. № 2. P. 317–321.
4. Abranches J., Morais P.B., Rosa C.A., Mendonça-Hagler L., Hagler A.N. // Can. J. Microbiol. 1997. V. 43. № 4. P. 328–336.
5. Comitini F., Ciani M. // FEMS Microbiol. Lett. 2011. V. 316. № 1. P. 77–82.
6. Stark M.J.R., Boyd A., Mileham A.J., Romanos M.A. // Yeast. 1990. V. 6. № 1. P. 1–29.
7. Григорьянц Н.Н. // Вопросы питания. 1954. Т. 13. № 4. С. 41–42.
8. Кудрявцев В.И. Систематика дрожжей. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 427 с.
9. Наумова Е.С., Наумов Г.И., Никитина Т.Н., Садыкова А.Ж., Кондратьева В.И. // Микробиология. 2012. Т. 81. № 2. С. 236–243.
10. The Yeasts, a Taxonomic Study. 5<sup>th</sup> ed. / Eds. C.P. Kurtzman, J.W. Fell, T. Boekhout. Amsterdam: Elsevier. 2011. 2080 pp.
11. Gorin P.A.J., Spencer J.F.T. // Adv. Appl. Microbiol. 1970. V. 13. P. 25–89.
12. Campbell I. // J. Gen. Microbiol. 1972. V. 73. № 2. P. 279–301.
13. Šandula J., Kocková-Kratochvilová A., Šikl D. // J. Gen. Microbiol. 1974. V. 83. № 2. P. 339–347.
14. Fonseca G.G., Heinzle E., Wittmann C., Gombert A.K. // Appl. Microbiol. Biotechnol. 2008. V. 79. P. 339–354.
15. Lane M.M., Burke N., Wolfe K.H., O’Byrne C.P., Morrissey J.P. // Ant. van Leeuwenh. 2011. V. 100. № 4. P. 507–519.

## Fungicidal Activity of Yeast Isolated from Chal

W. I. Golubev

Institute of Biochemistry and Physiology of Microorganisms, Russian Academy of Sciences, Pushchino, 142290 Russia

e-mail: wig@ibpm.pushchino.ru

Received November 16, 2011

**Abstract**—A *Kluyveromyces* strain secreting a fungicidal proteinaceous toxin has been isolated. Its maximal activity is observed at pH 5.0 and an increased osmotic pressure. This agent has been identified as a mycocin; it is active towards species belonging to the genus *Kluyveromyces* and some representatives of taxonomically related groups.