

Морфобиохимические и пробиотические исследования дрожжевого изолята рода *Metschnikowia* spp.

А.Ю.Солина, О.А.Артемьева

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ им. акад. Л.К.Эрнста»,
г.о. Подольск, Российская Федерация

Выделение и изучение микроорганизмов, обладающих пробиотической активностью, является актуальным направлением исследования в отрасли животноводства. При использовании дрожжеподобных грибов в качестве пробиотических агентов можно разрешить сразу несколько вопросов: дрожжевые клетки являются источником заменимых и незаменимых аминокислот, ассимилируют избыточное содержание кислорода, снижают риск возникновения ацидоза, стимулируют рост целлюлозолитических бактерий и стабилизируют pH среды.

Авторами выделен дрожжевой изолят из содержимого желудочно-кишечного тракта коров, по морфобиохимическим показателям идентифицированный как представитель рода *Metschnikowia*. Исследования на потенциально пробиотические свойства показали, что изолят не обладает токсичностью, у него отсутствуют факторы патогенности и устойчивость к антимикотическим препаратам, наблюдается способность к активному росту при различных pH и высоком осмотическом давлении. Данные свойства являются пробиотико-позитивными реакциями. Исследования вновь выделенных дрожжеподобных грибов на потенциально позитивные свойства позволяет дополнить группу классически используемых пробиотических микроорганизмов (*Bifidobacteria*, *Lactobacillus*).

Ключевые слова: выделение микроорганизмов, дрожжи, морфобиохимические, пробиотические свойства, *Metschnikowia* spp.

Для цитирования: Солина А.Ю., Артемьева О.А. Морфобиохимические и пробиотические исследования дрожжевого изолята рода *Metschnikowia* spp. Бактериология. 2025; 10(2): 87–92. DOI: 10.20953/2500-1027-2025-2-87-92

Morphobiochemical and probiotic studies of a yeast isolate of the genus *Metschnikowia* spp.

A.Yu.Solina, O.A.Artemyeva

Academician L.K.Ernst Federal Research Center for Husbandry, Podolsk, Russian Federation

Isolation and study of microorganisms with probiotic activity is an important area of research in the livestock industry. When using yeast-like fungi as probiotic agents, several issues can be addressed simultaneously. Yeast cells are a protein structure containing a range of essential and non-essential amino acids. They assimilate excess oxygen, reduce the risk of acidosis, stimulate cellulolytic bacteria, and stabilize the pH of the medium. Studying newly isolated yeast-like fungi for potentially positive properties allows us to supplement the group of classically used (*Bifidobacteria*, *Lactobacillus*) probiotic microorganisms.

The research aimed to obtain new knowledge about the morphobiochemical and probiotic properties of a yeast isolate from a natural biotope. We identified the yeast isolate from the gastrointestinal tract contents of cows as belonging to the genus *Metschnikowia* spp. based on morphobiochemical parameters. This isolate exhibited resistance to antimycotic drugs and the ability to actively grow at various pH levels and high osmotic pressure, characteristics indicative of probiotic-positive reactions.

Key words: highlighting probability, yeast, morphological, biochemical, probiotic properties, *Metschnikowia* spp.

For citation: Solina A.Yu., Artemyeva O.A. Morphobiochemical and probiotic studies of a yeast isolate of the genus *Metschnikowia* spp. Bacteriology. 2025; 10(2): 87–92. (In Russian). DOI: 10.20953/2500-1027-2025-2-87-92

Для корреспонденции:

Солина Алина Юрьевна, аспирант лаборатории микробиологии
ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства –
ВИЖ им. акад. Л.К.Эрнста»

Адрес: 142132, Московская область, г. Подольск, пос. Дубровицы, 60
Телефон: (496) 765-1163

Статья поступила 02.12.2024, принята к печати 30.06.2025

For correspondence:

Alina Yu. Solina, post-graduate student of the laboratory of microbiology,
Academician L.K.Ernst Federal Research Center for Husbandry

Address: 60 Dubrovitsy settlement, Podolsk, Moscow region, 142132,
Russian Federation
Phone: (496) 765-1163

The article was received 02.12.2024, accepted for publication 30.06.2025

По данным Всемирной организации здравоохранения, пробиотики – это живые микроорганизмы, при адекватном введении доз которых на организм хозяина оказывается позитивное воздействие.

Пробиотические микроорганизмы способны расти и размножаться при температуре, соответствующей температуре тела хозяина. Пробиотики способны сохранять жизнеспособность при неблагоприятных условиях среды, таких как низкий pH, наличие пищеварительных ферментов и панкреатического сока, соответствующих условиям в кишечном тракте млекопитающих [1].

Идея использования микроорганизмов в качестве стимулятора оздоровления макроорганизма возникла давно. И.И.Мечников в 1907 г. выдвинул предположение, что микроорганизмы, применяемые *per or*, могут оказывать позитивное воздействие на аборигенную микрофлору кишечного тракта хозяина. В 1908 г. им же был введен термин, состоящий из двух слов греческого происхождения – «про» и «биос», что в переводе означает «на всю жизнь». В дальнейшем ученые эксперты начали использование внедрения консорционных групп микроорганизмов, обосновывая выбор данной стратегии тем, что различные штаммы, вероятно, имеют различные мишени воздействия и оказывают симбиотическое действие друг на друга. В исследования консорционного взаимодействия микроорганизмов входили не только группы бактериальных клеток разных родов, но и дрожжеподобные грибы, такие как *Saccharomyces* spp. [2–4].

Наряду с использованием для непосредственных потребностей человека, дрожжи также широко применяются в животноводстве. Дрожжевые грибы являются перспективным источником белка, который превосходит белок растительного происхождения и приравнивается к животному. Также в их составе присутствует широкий спектр заменимых и незаменимых аминокислот и до 6% нуклеиновых кислот [5–7].

В результате многочисленных исследований было установлено, что дрожжи оказывают стимулирующее воздействие на лактобактерии, вырабатывающие молочную кислоту, улучшают ростовые свойства целлюлозолитических бактерий, а также стабилизируют кислотность среды, тем самым снижая риск возникновения ацидоза, ассимилируют избыточное содержание кислорода в рубце [8, 9].

Применение пробиотических культур в птицеводстве также дает позитивные результаты. Улучшается переваривающая активность в отношении белков и липидов, повышается выработка расщепляющих углеводы ферментов, также наблюдается повышение активности потенциально полезной флоры кишечного тракта и увеличение сопротивляемости тепловому стрессу. На фоне всех перечисленных факторов наблюдается общее повышение продуктивности исследованных птиц [9].

Помимо всего перечисленного, дрожжи являются источником витаминов D, E, F, K, группы B, а также важных микроэлементов, находящихся в биоусвояемой форме [10].

Исследования Montazar Al-Nijir, Daniel A. Henk и др. показали, что определенные штаммы *Metschnikowia pulcherrima* могут подавлять рост проблемных организмов, таких как патогенная кишечная палочка птиц, сальмонелла и стафилококк [11].

Эффекты подавления не были пассивными, а вместо этого были частью особого ответа на присутствие этих микробов посредством выработки определенных белков. Было показано, что *M. pulcherrima* метаболизирует широкий спектр сахаров и культивируется в минимально контролируемой среде и нестерильных условиях, а также является идеальным организмом для биотехнологических процессов.

Ученые провели исследование пробиотического потенциала штаммов *M. pulcherrima* на предмет их пригодности в условиях содержания птицы. Данные исследования указывают на то, что ранее обнаруженные противомикробные штаммы *M. pulcherrima* демонстрируют многообещающее пробиотическое поведение, включая образование биопленки, автоагрегацию, гидрофобность клеточной поверхности, адгезию к клеткам Caco-2, антиоксидантную способность и устойчивость к желудочным стрессам [11, 12].

В связи с опубликованными позитивными исследованиями других ученых было принято решение исследовать возможный пробиотический потенциал выделенного в условиях микробиологической лаборатории ФГБНУ «ФИЦ ВИЖ им. Л.К.Эрнста» штамма дрожжевого микроорганизма, идентифицированного как *Metschnikowia* spp.

Целью работы являлось получение новых знаний о морфобioхимических и пробиотических свойствах дрожжевого изолята рода *Metschnikowia* spp., выделенного из природного биотопа.

Материалы и методы

В условиях лаборатории микробиологии ФГБНУ «ФИЦ ВИЖ им. Л.К.Эрнста» из содержимого желудочно-кишечного тракта коров был выделен штамм дрожжевой культуры. Посев проводился на селективную агаризованную среду Сабуро в объеме 0,2 мл инокулята на чашку Петри поверхностным методом. Термостатирование продолжалось 72 ч при 30°C.

Во избежание возможного обсеменения изучаемого штамма симбионтно-развивающимися культурами методом истающего штриха проводилась очистка дрожжевого изолята с использованием составной агаризованной среды ДАП (Диадексин А-агар): 2,0 г пептона; 2,0 г дрожжевого экстракта; 30,0 г агар-агара; 20,0 г глюкозы на 1 л среды.

Выделенный штамм дрожжеподобных грибов был охарактеризован фенотипически стандартными методами согласно ранее описанным методикам [13].

Токсикологический статус изолята устанавливался путем использования коммерческой тест-культур инфузорий *Tetrachymena pyriformis* [14].

Возможность изолята ассимилировать различные субстраты исследовалась на планшетах фирмы HiMedia согласно производственной инструкции [15].

Сбраживающие свойства изолята дрожжей исследовались на синтетических средах Гисса с глюкозой, мальтозой, маннитом и сахарозой. Посев проводился посредством укола. Выращивание продолжалось в течение 48 ч при 30°C.

Способность к спорообразованию изолята определялась стандартными методами [13].

Пробиотическая активность выделенного изолята определялась в соответствии с «ОФС.1.7.2.0012.15 Производст-



Рис. 1. Макроскопическое изображение колоний исследуемого изолята, культивирование 48 ч, $t = 28^{\circ}\text{C}$: на среде Сабуро (слева); на составной агаризованной среде ДАП (справа).

Fig. 1. Macroscopic image of colonies of the studied isolate, cultivation for 48 hours, $t = 28^{\circ}\text{C}$: on Sabo medium (left); on compound agar DAP medium (right).

венные пробиотические штаммы и штаммы для контроля пробиотиков» [16].

Исследование протеинового и аминокислотного состава культуры дрожжей проводилось в Лаборатории химико-аналитических исследований в животноводстве ФГБНУ «ФИЦ ВИЖ им. Л.К.Эрнста» по общепринятой методике.

Результаты исследования и их обсуждения

Колонии дрожжевого изолята на агаризованных средах имели круглую форму. Размер колоний $2 \pm 0,2$ мм в диаметре, края ровные, профиль бугристый, поверхность гладкая однородной структуры.

В результате 48-часового культивирования на составной агаризованной среде ДАП при 28°C колонии приобретали матовое кремовое окрашивание, на среде Сабуро при аналогичных условиях культивирования колонии изолята имеют глянцевое черное окрашивание. Рост колоний на чашке Петри густой (рис. 1).

Клетки изолята дрожжей имеют грушевидную форму с расширением к основанию. Размер $3,4 \times 2,0$ мкм, грамм-отрицательные, образование мицелиальных структур обуславливается ложным мицелием как в аэробных, так и в анаэробных условиях, половые процессы представлены делением, по

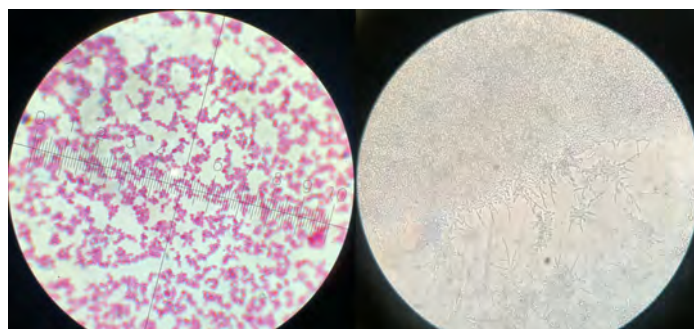


Рис. 2. Микроскопическое изображение изолята (увеличение 16×90): слева – окраска по Граму; справа – образование мицеллярных структур.

Fig. 2. Microscopic image of the isolate (magnification 16×90): left – Gram staining; right – formation of micellar structures.

отношению к кислороду является факультативным анаэробом (рис. 2).

Был также исследован спектр веществ на возможность их ассимиляции изолятом дрожжевой культуры (табл. 1). Данные ассимиляционных процессов способствуют родовой идентификации штамма, указывают на пробиотический потенциал, а также учитываются при подборе ростовых сред.

Из 39 исследованных веществ, указанных в табл. 1, дрожжевой изолят проявил активность к 11 – глюкозе, фруктозе, декстрозе, сахарозе, лактозе, галактозе, L-арабинозе, манниту, маннозе, инулину и мелецитозе.

По морфобиохимическим свойствам выделенный дрожжевой штамм был классифицирован как представитель рода *Metschnikowia* spp.

Клетки дрожжеподобных грибов рода *Metschnikowia* обычно от круглой до грушевидной формы. Псевдомицелий отсутствует либо рудиментирован. Аски булавовидные или клиновидные, аскоспоры заостренные с одного или двух концов, форма игловидная [17].

Из табл. 2 видно, что исследуемый изолят дрожжей содержит относительно высокое количество заменимых аминокислот, таких как аспаргиновая кислота (0,48 г/100 г сухого вещества), которая играет важную роль в обмене азотистых веществ, и глутамат (0,61 г/100 г), обладающий

Таблица 1. Ассимиляционная активность изолята дрожжей

Table 1. Assimilation activity of yeast isolate

Глюкоза / Glucose	+	Глицерол / Glycerol	–	Утилизация цитрата / Citrate disposal	–
Фруктоза / Fructose	+	Салицин / Salicin	–	Утилизация малоната / Disposal of malonate	–
Декстроза / Dextrose	+	Адонит / Adonite	–	Сорбоза / Sorbose	–
Мелибиоза / Melibiosis	–	Арабитол / Arabitol	–	ОНФГ / ONFG	–
Сахароза / Sucrose	+	Эритрит / Erythritol	–	Гидролиз эскулина / Hydrolysis of esculin	–
Лактоза / Lactose	+	Дульцит / Dulcitate	–	D-Арабиноз / D-Arabinose	–
Ксилоза / Xylose	–	Инозит / Inositol	–	Целлобиоза / Cellobiose	–
Мальтоза / Maltose	–	Сорбит / Sorbitol	–	Мелецитоза / Melecytosis	+
Галактоза / Galactose	+	Маннит / Sorbitol	+	α -метил-D-маннозид / α -methyl-D-mannoside	–
Раффиноза / Raffinose	–	Манноза / Mannose	+	Ксилитол / Xylitol	–
Трегалоза / Trehalose	–	Инулин / Inulin	+	α -метил-D-глюкозид / α -methyl-D-glucoside	–
L-Арабиноза / L-Arabinose	+	Натрия глюконат / Sodium gluconate	–	Рамноза / Ramnoza	–

«+» – ассимиляция вещества происходит; «–» – ассимиляция вещества не происходит /
 «+» – assimilation of the substance occurs; «–» – assimilation of the substance does not occur

Таблица 2. Аминокислотный состав изолятов дрожжевых культур
Table 2. Amino acid composition of isolates of yeast cultures
(Amino acid content, g/100 g dry matter)

Аминокислота / Amino acid	Содержание в изоляте* / Content in isolate	Аминокислота / Amino acid	Содержание в изоляте* / Content in isolate	Аминокислота / Amino acid	Содержание в изоляте* / Content in isolate
ASP	0,48	VAL	0,21	HIS	0,18
THR	0,25	MET	0,19	LYS	0,31
SER	0,25	ILE	0,18	ARG	0,18
GLU	0,61	LEU	0,29	PRO	0,15
GLY	0,26	TYR	0,14	Cys*	0,05
ALA	0,25	PHE	0,15	–	–

* Содержание аминокислот, г/100 г сухого вещества. ASP – аспарагиновая кислота; THR – треонин; SER – серин; GLU – глутамат; GLY – глицин; ALA – аланин; VAL – валин; MET – метионин; ILE – изолейцин; LEU – лейцин; TYR – тирозин; PHE – фенилаланин; HIS – гистидин; LYS – лейцин; ARG – аргинин; PRO – пролин; Cys – цистеин.

* Amino acid content, g/100 g dry matter. ASP – aspartic acid; THR – threonine; SER – serine; GLU – glutamate; GLY – glycine; ALA – alanine; VAL – valine; MET – methionine; ILE – isoleucine; LEU – leucine; TYR – tyrosine; PHE – phenylalanine; HIS – histidine; LYS – leucine; ARG – arginine; PRO – proline; Cys – cysteine.

нейромедиативными свойствами. Кроме того, в изоляте имеются незаменимые аминокислоты, такие как лейцин (0,31 г/100 г), который связан с оптимизацией состояния щитовидной железы и метаболическими реакциями мышечной ткани.

Содержание сырого протеина составляет 20,18% на 100 г сухого вещества на голодной среде.

Изолят не проявляет токсикологической опасности на тест-культуре инфузорий *Tetrachymena pyriformis*, по истечении времени исследования инфузории остаются активными,

форма клеток и характер направления движения не изменены.

Для подтверждения пробиотических функций микроорганизма необходимо было выполнить ряд исследований *in vitro*, которые показывают потенциально позитивное воздействие на организм *in vivo*.

Реакции контроля проводились с использованием тест-культур в соответствии с «ОФС.1.7.2.0012.15 Производственные пробиотические штаммы и штаммы для контроля пробиотиков» [18].

Исследования были проведены при 38°C, так как данная температура близка к температуре тела.

Приведенные в табл. 3 данные соответствуют характеристике штамма с пробиотическим потенциалом. [14].

Помимо сравнимых с контролем реакций, позитивные пробиотические свойства отображаются показателями, представленными в табл. 4. Исследуемый дрожжевой изолят способен к росту как при низких, так и при высоких показателях pH. Данное условие необходимо для пробиотической культуры, так как после ее употребления животным микроорганизмы сталкиваются с кислой средой желудка и щелочной – кишечника.

Антимикотическая активность также является важным показателем при исследованиях потенциально-пробиотических культур. Нами было исследовано 5 различных антимикотических соединений, и изолят *Metschnikowia* spp. проявил задержку роста в каждом случае. Как видно из табл. 4, *Metschnikowia* spp. оказался наиболее чувствителен к кетоконазолу (20 мкг). Из четырех исследованных сахаров сбраживающая активность была обнаружена к глюкозе.

Заключение

Полученные данные свидетельствуют о потенциально положительном пробиотическом потенциале исследуемого штамма *Metschnikowia* spp.

Таблица 3. Пробиотические свойства изолята *Metschnikowia* spp. в сравнении с контролем
Table 3. Probiotic properties of *Metschnikowia* spp. isolate compared to control

Наименование исследования / Name of the study	Контроль положительный/отрицательный / Control Positive/Negative	<i>Metschnikowia</i> spp.
Плазмолитическая активность / Plasmolytic activity	<i>S. aureus</i> ATCC 6538-P / <i>S. epidermidis</i> ATCC 14990	–
Гемолитическая активность / Hemolytic activity	<i>S. aureus</i> ATCC 6538-P / <i>S. epidermidis</i> ATCC 14990	–
Сбраживающая способность / Fermentation ability	–	–
Желатинразжижающая активность / Gelatin liquefying activity	<i>Proteus mirabilis</i> 3177 / <i>Yersinia enterocolitica</i> № 134	–
Продукция лецитиназы / Lecithinase production	<i>S. aureus</i> 6538-P ATCC / <i>S. epidermidis</i> 14990 ATCC	–
Способность роста при высоком осмотическом давлении, 6,5% NaCl 28°C / Growth ability at high osmotic pressure, 6.5% NaCl 28°C	+	+
Продукция каталазы / Catalase products	<i>S. aureus</i> ATCC 6538-P / <i>E. faecalis</i> CCM 4224	–
Фибринолитические свойства / Fibrinolytic properties	<i>S. pyogenes</i> / <i>S. epidermidis</i> ATCC 14990	+
Продукция амилазы / Amylase production	–	–
Реакция Фогеса-Проскауэра / Voges-Pro skauer test	<i>Enterobacter aerogenes</i> / <i>Escherichia coli</i>	–
Утилизация цитрата / Citrate disposal	<i>P. mirabilis</i> 3177 / <i>Y. enterocolitica</i> № 134	–
Определение наличия фагов / Def. presence of phages	–	–
Образование аммиака / Ammonia formation	–	–
Образование индола / Indole formation	–	–

«+» – положительная реакция; «-» – отрицательная реакция / «+» – positive reaction; «-» – negative reaction

Таблица 4. Пробиотические свойства *Metschnikowia* spp., 24–48 чTable 4. Probiotic properties of *Metschnikowia* spp., 24–48 h

Наименование исследования / Name of the study	Показатель / Index	<i>Metschnikowia</i> spp.
Способность роста при различных рН среды / Growth ability at different pH environments	2,48	+
	3,51	+
	8,05	+
	9,33	+
	9,92	+
	10,26	+
	10,71	+
Антимикотическая активность, мм 28°С / Antimycotic activity, mm 28°С	Флуконазол 30 мкг / Fluconazole 30 mcg	16,4
	Итраконазол 10 мкг / Itraconazole 10 mcg	12,5
	Нистатин 80 мкг / Nystatin 80 mcg	31,1
	Клотримазол 10 мкг / Clotrimazole 10 mcg	22,4
	Кетоконазол 20 мкг / Ketoconazole 20 mcg	35,0
Сбраживание сахаров / Fermentation of sugars	Сахароза / Sucrose	–
	Лактоза / Lactose	–
	Глюкоза / Glucose	+
	Маннит / Mannitol	–

«+» – положительная реакция; «-» – отрицательная реакция /
“+” – positive reaction; “-” – negative reaction

В дальнейшей исследовательской работе планируется расширить спектр изучаемых свойств и провести исследования по установлению антагонистической активности изолята в отношении патогенных и условно-патогенных микроорганизмов.

Для получения более обширной информации также необходимо проведение молекулярно-генетических исследований и исследований *in vivo*.

Информация о финансировании

Работа выполнена в рамках государственного задания при финансовой поддержке фундаментальных научных исследований Минобрнауки РФ №124020200032-4 (FGGN-2024-0016).

Financial support

The work was carried out within the framework of a state assignment with financial support from fundamental scientific research of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation No 124020200032-4 (FGGN-2024-0016).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Литература

1. Hill C, Guarner F, Reid G, Gibson GR, Merenstein DJ, Pot B, et al. Expert consensus document. The International Scientific Association for Probiotics and

Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. Nat Rev Gastroenterol Hepatol. 2014 Aug;11(8):506-14. DOI: 10.1038/nrgastro.2014.66

- Петунина ИА, Ломидзе МА. Статистика общих болезней человека и животных. Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса. 2020; 726-729. DOI: 10.26150/PAFNC.2019.45.557-21-726-729
- Ломидзе МА, Хорошайло ТА. Актуальность использования пробиотиков в животноводстве. Здоровьесберегающие технологии, качество и безопасность пищевой продукции: сб. ст. по материалам Всерос. конф. с междунар. участием. Краснодар: КубГАУ. 2021;321-325.
- Рябцева СЛ, Сазонова СМ, Дубинина АЛ. Дрожжи как пробиотики: механизмы действия и возможности применения. Переработка молока. 2019;6:32-34. DOI: 10.33465/2222-5455-2019-6-32-34
- Банницына ТЕ, Канарский АВ, Щербаков АВ, Чеботарь ВК, Кипрушкина ЕИ. Дрожжи в современной биотехнологии. Вестник Международной академии холода. 2016;1:24-29. DOI: 10.21047/1606-4313-2016-16-1-24-29
- Kavšček M, Stražar M, Curk T, Natter K, Petrovič U. Yeast as a cell factory: current state and perspectives. Microb Cell Fact. 2015 Jun 30;14:94. DOI: 10.1186/s12934-015-0281-x
- Джиоева ЗГ. Влияние на рост и развитие бройлеров кормовых дрожжей в составе их рациона. Научные труды студентов Горского государственного аграрного университета, Владикавказ, 12 марта 2021 г. Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2021;139-141.
- Гуляева МЕ, Смирнова ЛВ. Кормовые дрожжи в питании молочных коров. Молочнохозяйственный вестник. 2011;2:11-13.
- Дускаев ГК, Левахин ГИ, Королёв ВЛ, Сиразетдинов ФХ. Использование пробиотиков и растительных экстрактов для улучшения продуктивности жвачных животных (обзор). Животноводство и кормопроизводство. 2019;1:136-148. DOI: 10.33284/2658-3135-102-1-136
- Злочевский ЛА, Павлов ИН, Павлова НВ. Тепловая обработка и удаление горьких веществ остаточных пивных дрожжей. Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: Материалы XV Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, Бийск, 18–20 мая 2022 г. Бийск: Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, 2022;415-418.
- Al-Nijir M, Henk DA, Bedford MR, Chuck CJ. Assessing *Metschnikowia pulcherrima* as a Potential Probiotic Yeast for Animal Feed. Sustain. Microbiol. 2024;1:qvae008. DOI: 10.1093/sumbio/qvae008
- Hicks RH, Moreno-Beltrán M, Gore-Lloyd D, Chuck CJ, Henk DA. The Oleaginous Yeast *Metschnikowia pulcherrima* Displays Killer Activity against Avian-Derived Pathogenic Bacteria. Biology (Basel). 2021 Nov 24;10(12):1227. DOI: 10.3390/biology10121227
- Бабьева ИП, Голубев ВИ. Методы выделения и идентификации дрожжей. М.: Пищевая промышленность, 1979.
- МУ 13-7-2/2156. Методические указания по ускоренному определению токсичности продуктов животноводства и кормов; ГОСТ 31674-2012. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения общей токсичности.
- HiBio-ID Инструкция по применению – Наборы для идентификации микроорганизмов, HiMedia Laboratories.
- Фармакопоя.рф [Электронный ресурс]. Производственные пробиотические штаммы и штаммы для контроля пробиотиков. Режим доступа: <https://pharmacopoeia.ru/ofs-1-7-2-0012-15-proizvodstvennye-probioticheskie-shtammy-i-shtammy-dlya-kontrolya-probiotikov/>
- Савчик АВ, Кантерова АВ, Леонович СИ, Ладутько ЕИ, Новик ГИ. Молекулярно-генетическая идентификация дрожжевых грибов из фонда белорусской коллекции непатогенных микроорганизмов. Пищевая промышленность: наука и технологии. 2020;13(3):61-69.

18. ОФС.1.7.2.0012.15 Производственные пробиотические штаммы и штаммы для контроля пробиотиков – Фармакопоя.рф [Электронный ресурс]. URL: <https://pharmacopoeia.ru/ofs-1-7-2-0012-15-proizvodstvennye-probioticheskie-shtammy-i-shtammy-dlya-kontrolya-probiotikov/> (дата обращения: 30.11.2024).

References

1. Hill C, Guarner F, Reid G, Gibson GR, Merenstein DJ, Pot B, et al. Expert consensus document. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 2014 Aug;11(8):506-14. DOI: 10.1038/nrgastro.2014.66
2. Petunina IA, Lomidze MA. Statistics of common human and animal diseases. Results and prospects for the development of the agro-industrial complex. 2020; 726-729. DOI: 10.26150/PAFNC.2019.45.557-21-726-729 (In Russian).
3. Lomidze MA, Khoroshailo TA. The relevance of the use of probiotics in animal husbandry. Health-saving technologies, quality and safety of food products: Sat. Art. based on the materials of the All-Russian conf. with international participation. Krasnodar: KubGAU. 2021;321-325. (In Russian).
4. Ryabtseva SL, Sazonova SM, Dubinina AL. Yeast as probiotics: mechanisms of action and possibilities of application. *Milk processing*. 2019;6:32-34. DOI: 10.33465/2222-5455-2019-6-32-34 (In Russian).
5. Bannizina TE, Kanarskii AV, Shcherbakov AV, Chebotar VK, Kiprushkina EI. Yeast in modern biotechnology. *Bulletin of the International Academy of Cold*. 2016;1:24-29. DOI: 10.21047/1606-4313-2016-16-1-24-29 (In Russian).
6. Kavšček M, Stražar M, Curk T, Natter K, Petrovič U. Yeast as a cell factory: current state and perspectives. *Microb Cell Fact*. 2015 Jun 30;14:94. DOI: 10.1186/s12934-015-0281-x
7. Dzhioeva ZG. Influence on the growth and development of broilers fodder yeast as part of their diet. Scientific works of students of the Gorsky State Agrarian University, Vladikavkaz, March 12, 2021. Vladikavkaz: Gorsky State Agrarian University, 2021;139-141. (In Russian).
8. Gulyaeva ME, Smirnova LV. Feed yeast in the nutrition of dairy cows. *Dairy Bulletin*. 2011;2:11-13. (In Russian).
9. Duskaev GK, Levakhin GI, Korolev VL, Sirazetdinov FK. The use of probiotics and plant extracts to improve the productivity of ruminants (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2019;1:136-148. DOI: 10.33284/2658-3135-102-1-136 (In Russian).
10. Zlochevsky LA, Pavlov IN, Pavlova NV. Heat treatment and removal of bitter substances of residual brewer's yeast. *Technologies and equipment of the chemical, biotechnological and food industry: Materials of the XV All-Russian scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists with international participation*, Biysk, May 18–20, 2022. Biysk: I.I.Polzunov Altai State Technical University. 2022;415-418. (In Russian).
11. Al-Nijir M, Henk DA, Bedford MR, Chuck CJ. Assessing *Metschnikowia pulcherrima* as a Potential Probiotic Yeast for Animal Feed. *Sustain. Microbiol*. 2024;1:qvae008. DOI: 10.1093/sumbio/qvae008
12. Hicks RH, Moreno-Beltrán M, Gore-Lloyd D, Chuck CJ, Henk DA. The Oleaginous Yeast *Metschnikowia pulcherrima* Displays Killer Activity against Avian-Derived Pathogenic Bacteria. *Biology (Basel)*. 2021 Nov 24;10(12):1227. DOI: 10.3390/biology10121227
13. Bab'eva IP, Golubev VI. Methods for isolation and identification of yeast. M.: Food industry, 1979. (In Russian).
14. MU 13-7-2/2156. Metodicheskie ukazaniya po uskorenному opredeleniyu toksichnosti produktov zhivotnovodstva i kormov; GOST 31674-2012. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metody opredeleniya obshchei toksichnosti. (In Russian).
15. HiBio-ID Instructions for use – Kits for the identification of microorganisms, HiMedia Laboratories. (In Russian).
16. Pharmacopoeia.rf [Electronic resource]. Production probiotic strains and strains for the control of probiotics. Access mode: <https://pharmacopoeia.ru/ofs-1-7-2-0012-15-proizvodstvennye-probioticheskie-shtammy-i-shtammy-dlya-kontrolya-probiotikov/> (In Russian).
17. Savchik AV, Kanterova AV, Leonovich SI, Ladutko EI, Novik GI. Molecular genetic identification of yeast from the fund of the belarusian collection of non-pathogenic microorganisms. *Food Industry: Science and Technology*. 2020;13(3):61-69. (In Russian).
18. ОФС.1.7.2.0012.15 Production probiotic strains and strains for probiotic control – Pharmacopoeia.rf [Electronic resource]. URL: <https://pharmacopoeia.ru/ofs-1-7-2-0012-15-proizvodstvennye-probioticheskie-shtammy-i-shtammy-dlya-kontrolya-probiotikov/> (date of access: 30.11.2024).

Информация о соавторе:

Артемяева Ольга Анатольевна, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией микробиологии, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ им. акад. Л.К.Эрнста»

Information about co-author:

Olga A. Artemyeva, PhD in Biological Sciences, Head of the Laboratory of Microbiology, Leading Researcher, Academician L.K.Ernst Federal Research Center for Husbandry