

УДК 636.087.7

DOI: 10.46548/21vek-2021-1056-0027

СКРИНИНГ ДРОЖЖЕВЫХ КУЛЬТУР КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПРОДУЦЕНТОВ ПОЛНОЦЕННОГО БЕЛКА НА ОТХОДАХ МАСЛИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

© 2021

Фоменко Иван Андреевич, аспирант
Мижева Айслу Альбертовна, магистрант

Московский государственный университет пищевых производств

(125080, Россия, Москва Волоколамское шоссе д.11, e-mail: iv.fomenko@mail.ru, mizheva.aislu@mail.ru)

Аннотация. В статье представлен результат скрининга дрожжевых культур на отходах масличного производства. При выборе перспективных продуцентов среди чистых культур дрожжей стоит обратить внимание на такие параметры, как: накопление биомассы, накопление «сырого» протеина и конверсия. В работе использовались микроорганизмы из Национального биоресурсного центра Всероссийской Коллекции Промышленных Микроорганизмов (ВКПМ) НИЦ «Курчатовский институт» – ГосНИИгенетика, *Russian Collection of Agricultural Microorganisms (RCAM)*, Коллекции кафедры «Биотехнологии и технологии продуктов биорганического синтеза» ФГБОУ ВО МГУПП. Были проведены скрининги на плотных и жидких питательных средах. В результате проведения скрининга потенциальных продуцентов белка для дальнейшей работы по разработке технологии получения высококачественной биомассы были выбраны следующие штаммы: *Kluyveromyces marxianus Y-4557*, *Debaryomyces hansenii Y-3863*, *Candida blankii RCAM3343*, *Candida parapsilopsis D-18*. Первые два штамма могут использоваться для получения белковых концентратов и изолятов, которые возможно использовать для получения биологически активной добавки к пище человека.

Ключевые слова: дрожжи, скрининг, гидролизат, лузга подсолнечника, «сырой» протеин.

SCREENING OF YEAST CROPS AS POTENTIAL PRODUCERS OF COMPLETE PROTEIN ON OIL PRODUCTION WASTE

© 2021

Fomenko Ivan Andreevich, graduate student
Mizheva Aislu Albertovna, undergraduate student

Moscow State University of Food Production

(125080, Russia, Moscow Volokolamskoe highway 11, e-mail: mizheva.aislu@mail.ru)

Abstract. The article presents the result of the screening of yeast cultures on oilseed waste. When choosing promising producers among pure yeast cultures, it is worth paying attention to such parameters as: biomass accumulation, "crude" protein accumulation and conversion. The work used microorganisms from the National Bioresource Center of the All-Russian Collection of Industrial Microorganisms (VKPM) NRC "Kurchatov Institute" - GosNIIgenetics, *Russian Collection of Agricultural Microorganisms (RCAM)*, Collections of the Department of "Biotechnology and technology of products of bioorganic synthesis" FSBEI VO MGUPP. Screenings were performed on solid and liquid culture media. As a result of screening potential protein producers, the following strains were selected for further work on the development of a technology for obtaining high-quality biomass: *Kluyveromyces marxianus Y-4557*, *Debaryomyces hansenii Y-3863*, *Candida blankii RCAM3343*, *Candida parapsilopsis D-18*. The first two strains can be used to obtain protein concentrates and isolates, which can be used to obtain a biologically active supplement to human food.

Keywords: yeast, screening, hydrolyzate, sunflower husk, "crude" protein.

Введение. Объемы производимого масла с каждым годом увеличиваются. Мировой прирост производства масличных за 15 лет составляет более 200% [4]. Согласно статистике потребления масла, на душу населения в США приходится 9,6 кг в год, в Европе 37,8 кг, а в России 13,5 кг. Увеличение производства масла сопряжено с образованием большого количества отходов. Основными масличными культурами являются рапс, сафлор, лен и подсолнечник [6]. На территории Российской Федерации основной масличной культурой является подсолнечник.

По данным института конъюнктуры аграрного рынка урожайность подсолнечника в России в 2020 году составила 13,8 – 13,9 млн т, что составляет 70% от сбора всех масличных культур. Лужность семян подсолнечника достигает 25 – 30 % от массы неочищенной семечки. Так же по данным ИКАР в 2020 году экспорт подсолнечника составил 1,6 млн т, то есть око-

ло 12 млн т подсолнечника было переработано.

В настоящее время лузгу подсолнечника используют в качестве топлива в виде прессованных брикетов. Брикетированию подвергается 40% образующейся лузги, остальные 60% захораниваются или утилизируются с помощью сжигания [14]. Существуют и нетрадиционные варианты использования лузги подсолнечника. В одной из работ был предложен способ получения фитомеланинов из данного отхода, однако данная технология не нашла широкого применения [8; 22]. Одним из путей решения проблемы утилизации лузги подсолнечника может быть биоконверсия этого трудноперерабатываемого отхода в кормовые препараты с высоким содержанием белка.

Дрожжи достаточно давно используются при производстве хлеба, вин, пивных напитков и в сельском хозяйстве. Они относятся к надцарству эукариоты. Подразделяются на аскомицеты и базидиомицеты.

Согласно современной классификации дрожжей, в настоящее время их насчитывается примерно 1500 видов [18].

Дрожжевые продукты и корма, содержащие дрожжевые компоненты, разрешенные к использованию в рационах сельскохозяйственных животных, представлены в списках *AAFCO* [15]. В сельском хозяйстве применяют в основном дрожжи рода *Saccharomyces*, *Kluyveromyces* и *Candida* [9; 23].

Дрожжи рода *Candida* чаще всего встречались на гидролизных заводах по производству БВК, однако в последнее время все больше ученых склоняются к тому, что большинство представителей этого рода токсичны и не могут использоваться в качестве продуцентов белка [12]. Напротив, представитель *Saccharomyces* и *Kluyveromyces* включены в список *GRAS (FDA)*, что свидетельствует о возможности использования их в качестве кормовой и пищевой добавок [20; 21].

Для нормального роста и развития дрожжи используют углеводы. Лузга подсолнечника является источником клетчатки. Клетчатка состоит из целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина. Количество целлюлозы составляет 30 – 50%, гемицеллюлозы 25 – 35% и лигнина до 30% [13; 7].

Одной из главных задач животноводства является повышение эффективности кормов. В связи с тем, что постепенно вводится запрет на использования антибиотиков в кормах, все больше внимания привлекают дрожжевые добавки, способствующие естественному росту [19]. Дрожжи содержат около 50% сырого протеина [14]; являются источником витаминов группы В, а также минеральных соединений.

Добавление кормовых дрожжей позволит обогатить рацион питания животных полноценным белком, а также защитить их от токсинов за счет адсорбции полисахаридами клеточной стенки [1]. В рационах сельскохозяйственных животных должно быть до 90–130 г перевариваемого протеина на 1 кормовую единицу. В грубых кормах его содержится не более 50–75 г, и поэтому углеводсодержащие корма используются нерационально. Кормовые дрожжи содержат все незаменимые аминокислоты. Соотношение фосфора и кальция в дрожжах способствует нормальному развитию костного скелета молодняка. На развитие животных сильно влияют микроэлементы и витамины, находящиеся в дрожжах; биотин предупреждает кожные заболевания. По количеству витаминов группы В дрожжи превосходят все кормовые продукты. Дрожжи содержат также токоферол, эргостерин и холин, являющийся регулятором метаболизма жиров [17; 16].

Имеются научные сведения, опираясь на которые дрожжи можно рассматривать не только в качестве продуцента кормового белка для сельскохозяйственных животных, но и в качестве полноценной белковой добавки в рационе человека [10]. Дрожжи очень полезны в пищевой промышленности и часто используются в традиционных заквасках, которые считаются безопасными [2]. Они могут проявлять устойчивость к антибактериальным препаратам, что является

предпосылкой для их дальнейшего использования не только в качестве источника пищевого белка, но и пробиотиков, и способны передавать гены лекарственной устойчивости другим микроорганизмам [11].

В отличие от растительного белка, микробный белок содержит в своем составе незаменимые аминокислоты практически полного состава, что доказано многочисленными анализами аминокислотного состава дрожжевого белка. Белок микробного происхождения сопоставим с «эталонным» белком, принятому ФАО/ВОЗ. Нельзя не отметить значительного преимущества, заключающегося в сверхпродуктивности микроорганизмов, в разы превосходящей прирост массы растительных или животных источников белка. По результатам многочисленных исследований отмечается, что микробный белок безвреден и может быть использован в качестве альтернативного источника полноценного белка в рационе человека [3].

Использование подсолнечной лузги в качестве субстрата для получения белкового продукта на основе дрожжей, позволит сократить количество образующихся отходов.

Целью работы является выбор перспективных штаммов дрожжей для использования их в биоконверсии подсолнечной лузги в высокобелковый продукт кормового или пищевого назначения.

Актуальность работы обусловлена дефицитом дешевого и качественного кормового и пищевого белка на рынке [24]. Неукоснительный рост животноводства и белковая недостаточность в питании человека, делают дрожжевые продукты востребованными на рынке кормовых и пищевых добавок. Однозначным преимуществом использования дрожжей является возможность культивирования их на отходах масличного производства – подсолнечной лузге.

Методы и материалы исследования. Исходным субстратом, подвергающимся переработки, являлась лузга подсолнечника, полученная на масличном предприятии ООО «БУНГЕ СНГ». С целью переработки данного субстрата была проведена измельчение субстрата, щелочная делигнификация и ферментативный гидролиз с целью получения сбраживаемых сахаров.

При разработке технологии биоконверсии подсолнечной лузги в белковый препарат были использованы коллекционные штаммы дрожжей. В работе использовались микроорганизмы из Национального биоресурсного центра Всероссийской Коллекции Промышленных Микроорганизмов (ВКПМ) НИЦ «Курчатовский институт» – ГосНИИгенетика, *Russian Collection of Agricultural Microorganisms (RCAM)*, Коллекции кафедры «Биотехнологии и технологии продуктов биорганосинтеза» ФГБОУ ВО МГУПП. К основным критериям для отбора стоит отнести такие показатели, как: накопление биомассы, накопление «сырого» протеина и конверсия. В качестве «контроля» по отношению к нетипичным культурам родов *Debaryomyces* и *Kluyveromyces* были использованы нетоксичные штаммы дрожжей рода *Candida*, полученные из коллекции *Russian Collection*

of *Agricultural Microorganisms (RCAM)*.

При получении ферментолита подсолнечной лузги, нативный субстрат измельчают до размера частиц 30 – 100 мкм (ротаторная ударная мельница *Retsch SR 200*, анализ размера частиц на анализаторе частиц *HELOS (H3908) & RODOS/L, R5*), измельченные частицы подвергают делигнификации (супендируют в 4% растворе едкого натра при гидромодуле 1:8,5 и выдерживают при температуре $(125 \pm 1)^\circ\text{C}$, супензию центрифугируют и сливают экстрагент). Полученный влажный осадок делигнифицированной лузги супендируют в воде и подвергают ферментативному гидролизу при температуре $(50 \pm 1)^\circ\text{C}$, $pH(5,0 \pm 0,1)$ в течение 24 ч. Гидролиз осуществляется в присутствии ферментного препарата *RovabioMax AP (Adisseo France S.A.S.)*, целлюлолитическая активность 1900 Ед/г (по ГОСТ Р 55293-2012), ксиланазная активность 23500 ЕД/г (по ГОСТ Р 55302-2012). После 24 ч супензию центрифугируют, полученный ферментолит используют для получения белковых препаратов.

Ферментолит подсолнечной лузги имеет следующие характеристики: содержание сухих веществ – 7,5 – 8,0%, содержание редуцирующих веществ (по Бертрану) – 3,0 – 3,5% из них глюкоза – 69,65%, целлюбиоза – 16,08%, высшие сахара – 14,27% (ВЭЖХ).

Отбор штаммов микроорганизмов проводили в два этапа: 1) скрининг на агаризованных питательных средах; 2) скрининг при глубинном культивировании в колбах.

Для проведения скрининга на агаризованных питательных средах исследуемый штамм микроорганизма высевали «штрихом» на поверхность агаризованной питательной среды, учет результатов проводили визуально, рост оценивали исходя из максимума в «+++». Состав питательных сред (ПС) представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Состав агаризованных питательных сред для скрининга дрожжевых культур

Компонент питательной среды	Содержание компонента, %			
	Контроль	ПС-1	ПС-2	ПС-3
Глюкоза	2,0	–	–	1,5
Целлюбиоза	–	–	2,0	0,5
$(NH_4)_2SO_4$	0,5	0,5	0,5	0,5
$MgSO_4$	0,1	0,1	0,1	0,1
K_2HPO_4	0,065	0,065	0,065	0,065
Дрожжевой экстракт	0,2	0,2	0,2	0,2
Агар	2,0	2,0	2,0	2,0
Ферментолит лузги (3,5% РВ)	–	60,0	–	–
Вода водопроводная	до 100%	до 100%	до 100%	до 100%

Готовую питательную среду с $pH(5,0 \pm 0,1)$ стерилизовали в автоклаве при температуре $(117 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 40 мин, после стерилизации разливали в стерильные чашки Петри и остужали до полного застывания агара. Засеянные чашки Петри инкубировали в термостате при температуре $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$ и $(40 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 48 ч.

Скрининг на жидких питательных средах проводили в колбах Эрленмейера объемом 250 см³ с запол-

нением 50 см³. Во всех колбах была питательная среда следующего состава, %: $(NH_4)_2SO_4$ – 0,5; $MgSO_4$ – 0,1; K_2HPO_4 – 0,065; дрожжевой экстракт – 0,2; мел – 0,3; ферментолит подсолнечной лузги (3,5% РВ) – до 100; pH перед стерилизацией $(5,0 \pm 0,1)$; стерилизовали в автоклаве при $(117 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 40 мин. Засев колб производили петлей с поверхности скошенного агара. Колбы устанавливали на орбитальный шейкер и инкубировали при температуре $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$ и $(40 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 24 и 48 ч.

Штаммы микроорганизмов при глубинном культивировании сравнивали по выходу сухой биомассы с 1 дм³ (весовым методом), конверсии по отношению к потребленным РВ, содержанию «сырого» протеина (методом Кьельдаля по ГОСТ 20083-74).

Результаты исследования. Скрининг на плотной питательной среде. После инкубирования в термостате чашки Петри подвергли визуальному контролю роста микроорганизма. Количественно определить рост на агаризованной среде не представляется возможным, поэтому рост оценивали визуально, каждой культуру выставляли определенное количество «плюсов» («+++» – обильный рост, «++» – рост хороший, «+» – рост удовлетворительный, «–» – рост отсутствует). Полученные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Визуальная оценка роста дрожжевых культур на агаризованной питательной среде

Штамм-продуцент	Визуальная оценка роста			
	Контроль	ПС-1	ПС-2	ПС-3
<i>Candida tropicalis</i> RCAM1050	+++	+++	++	+++
<i>Candida blancii</i> RCAM3343	+++	+++	++	+++
<i>Candida blancii</i> RCAM3360	+++	+++	+	++
<i>Candida utilis</i> Y-797	+++	+++	++	+++
<i>Candida parapsilopsis</i> D-18	+++	+++	+++	+++
<i>Wickerhamomyces anomala</i> RCAM1039	+++	++	–	++
<i>Guechomyces pollulans</i> RCAM03356	+++	++	–	+
<i>Cutaneitrichosporon cutaneum</i> RCAM03569	+++	+++	+	++
<i>Cylerindnera sp.</i> RCAM03502	+++	++	+	+
<i>Hansenula polymorpha</i> D-21	+++	+++	+	++
<i>Debaryomyces hansenii</i> Y-2519	+++	+++	+	++
<i>Debaryomyces hansenii</i> Y-3863	+++	+++	+	+++
<i>Debaryomyces hansenii</i> D-15	+++	+++	+	+++
<i>Kluyveromyces lactis</i> Y-4444	+++	++	+	++
<i>Kluyveromyces marxianus</i> Y-4557	+++	+++	++	+++
<i>Kluyveromyces marxianus</i> Y-4570	+++	+++	++	+++
<i>Pichia membranifaciens</i> D-17	+++	+++	++	++
<i>Pichia kudriavzevii</i> Y-3918	+++	+++	+	+
<i>Zygosaccharomyces bailii</i> D-16	+++	–	–	–

По результатам скрининга было определено, что многие исследуемые штаммы с трудом ассимилируют целлюбиозу, а три из них не усваивают ее полностью, особенно в качестве единственного источника углерода в питательной среде. Внешний вид чашек Петри с выросшей культурой микроорганизма на ПС-1 представлен на рисунке 1 и на ПС-2 представлен на рисунке 2.

Скрининг на жидкой питательной среде. Культивирование исследуемых штаммов проводили в колбах Эрленмейера на орбитальном шейкере при 390 об/мин. Штаммы сравнивали по выходу сухой биомассы с 1 дм³ и содержанию «сырого» протеина. Полученные данные представлены в таблице 3.

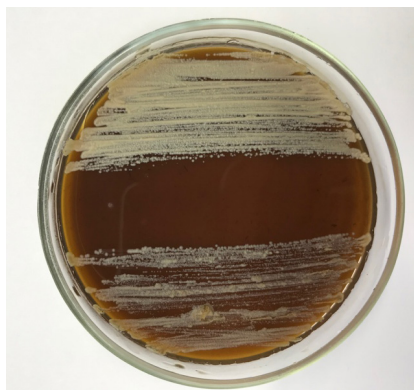


Рисунок 1 – Внешний вид выросших дрожжевых культур на ПС-1 (слева – *Cylerlindnera* sp. RCAM03502 («+++»), справа – *Debaryomyces hansenii* Y-2519 («+++»))

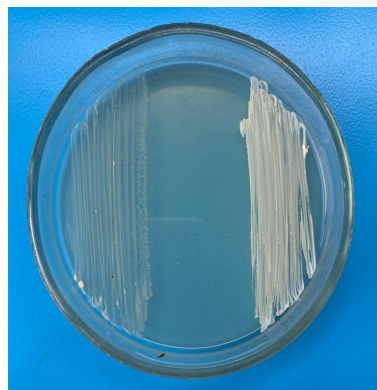


Рисунок 2 – Внешний вид выросших дрожжевых культур на ПС-2 (слева *Kluyveromyces lactis* Y-4444 («+»), справа – *Candida parapsilopsis* D-18 («+++»))

Таблица 3 – Результаты скрининга дрожжевых культур на жидкой питательной среде

Исследуемый штамм	Температура культивирования	24 часа роста		48 часов роста	
		Выход сухой биомассы, г/дм ³	Содержание сырого протеина, % к АСВ	Выход сухой биомассы, г/дм ³	Содержание сырого протеина, % к АСВ
<i>Candida tropicalis</i> RCAM1050	30°C	17,6	42,5	28,8	40,2
	40°C	19,2	47,2	26,2	44,3
<i>Candida blancii</i> RCAM3343	30°C	16,1	45,4	30,6	44,2
	40°C	16,4	46,9	27,4	45,3
<i>Candida blancii</i> RCAM3360	30°C	19,2	42,3	21,19	41,3
	40°C	18,6	42,5	26,37	41,2
<i>Candida utilis</i> Y-797	30°C	15,4	47,7	21,8	42,6
	40°C	3,27	—	3,39	—
<i>Candida parapsilopsis</i> D-18	30°C	24,4	42,4	23,9	43,7
	40°C	23,3	44,7	27,6	43,6
<i>Wickerhamomyces anomala</i> RCAM1039	30°C	17,6	51,2	24	47,9
	40°C	—	—	—	—
<i>Guechomyces pollulans</i> RCAM03356	30°C	13,6	46,3	16,1	44,6
	40°C	—	—	—	—
<i>Cutaneitrichosporon cutaneum</i> RCAM03569	30°C	10,6	37,4	20,1	39,2
	40°C	—	—	—	—
<i>Cylerlindnera</i> sp. RCAM03502	30°C	7,1	35,5	11,1	37,7
	40°C	—	—	—	—
<i>Hansenula polymorpha</i> D-21	30°C	10,2	52,1	16,4	56,5
	40°C	10,6	53,4	17,6	57,8
<i>Debaryomyces hansenii</i> Y-2519	30°C	12,7	48,2	21,7	46,7
	40°C	—	—	—	—
<i>Debaryomyces hansenii</i> Y-3863	30°C	17,1	54,1	24,1	53,9
	40°C	—	—	—	—
<i>Debaryomyces hansenii</i> D-15	30°C	8,6	58,2	11,5	59,6
	40°C	—	—	—	—
<i>Kluyveromyces lactis</i> Y-4444	30°C	12,7	44,3	12,5	46,7
	40°C	10,3	46,8	14,3	46,9
<i>Kluyveromyces marxianus</i> Y-4557	30°C	14,3	45,2	19,2	45,2
	40°C	18,45	47,3	24,2	47,2

Все исследуемые штаммы дрожжей являются быстрорастущими. Если ферментализат в питательной среде заменить на глюкозу, то во всех вариантах через 24 ч культивирования количество РВ будет равно 0%. У всех штаммов количество остаточных РВ отлично от 0%, следовательно, в среде остались дисахара, относящиеся к редуцирующим, но на ассимиляцию которых дрожжам может потребоваться больше времени. С целью подтвердить эту гипотезу, время культивирования для исследуемых штаммов увеличили в 2 раза до 48 ч.

Увеличение времени культивирования в два раза привело к тому, что большинство штаммов потребило большее количество редуцирующих веществ, что привело к увеличению количества сухой биомассы и в 30% культур наблюдалось повышение содержания сырого протеина в биомассе. Все исследуемые дрожжевые культуры относятся к мезофилам, однако были

выявлены штаммы не способные развиваться при температуре 40°C. В процессе культивирования дрожжей образуется большое количество тепла. Избыточное тепло необходимо отводить. В масштабах колб и не больших ферментеров (до 10 м³) этим теплом можно пренебречь и выбрать штамм способный расти при любой температуре, однако для больших аппаратов держать температуру не выше 30°C очень затратно, поэтому для крупнотоннажного производства преимущественно выбирать термотолерантные мезофилы (способные расти при 40°C). В этом случае затраты на охлаждение дрожжерастильного аппарата будут значительно ниже. Среди культур с оптимальной температурой роста 40°C оказались все представители рода *Candida*, кроме *Candida utilis*. Дрожжи родов *Kluyveromyces* и *Pichia* и единственный представитель рода *Hansenula* так же оказались термотолерантными мезофилами. Напротив, дрожжи рода *Debaryomyces*

и штаммы из коллекции Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной микробиологии (RCAM) оказались способны расти только при температуре 30°C.

Следующим критерием отбора для потенциальных продуцентов была максимальная ассимиляция восстанавливающих сахаров среды. Все штаммы, кроме *Guechomyces pollulans* RCAM03356 (0,8% PB), *Cylerlindnera* sp., *Hansenula polymorpha* D-21 (0,72% PB), *Debaryomyces hansenii* D-15 (0,7% PB), утилизировали редуцирующие вещества практически полностью. Если в культуральной жидкости присутствуют остаточные сахара, то необходимо производить дополнительную очистку фильтрата перед сбросом в канализацию, либо проводить двухстадийное культивирование с использованием двух штаммов. На первой стадии культивируется выбранный продуцент, неполностью утилизирующий сахара, на второй стадии происходит культивирование другого продуцента на фильтрате культуральной жидкости. Двухстадийная технология требует дополнительных капитальных затрат на оборудование и коммуникации, данный процесс не целесообразно внедрять на дрожжевом производстве из экономических соображений. Исходя из этого указанные выше штаммы не могут быть рассмотрены в качестве продуцентов кормового белка при разработке промышленной технологии.

Важнейшими показателями при отборе промышленных культур является количество образующейся сухой биомассы с 1 дм³ питательной среды и высокое содержание в ней сырого протеина. Эти параметры являются ценообразующими для будущей технологии. От содержания сырого протеина в биомассе зависит рыночная цена данного продукта. Для примера цена 1 кг кормовых дрожжей с содержанием сырого протеина 40 – 50% составляет 17 – 19 руб. В то же время при содержании сырого протеина 60 – 65% цена 1 кг доходит до 55 – 60 руб. Очевидно, что количество образующейся биомассы и содержание в ней сырого протеина в большей степени зависит не от самой культуры, а от условий ее культивирования. Важно сбалансированное содержание в питательной среде азота, фосфора, калия, магния и других макро- и микроэлементов. Работа по оптимизации и подбору оптимальных условий культивирования той или иной культуры очень долгая и кропотливая работа. На этапе первичного отбора необходимо определить потенциал штамма, для этого все культуры помещены в единые условия культивирования.

Среди факультативных мезофилов выделяются дрожжи рода *Debaryomyces* и *Wickerhamomyces anomalus*. Количество сухой биомассы для данных культур превышает 20 г/дм³ содержание сырого протеина выше 45% и достигает 53% для штамма Y-3863.

Среди термотолерантных мезофилов выделяются представители трех родов: *Candida*, *Kluyveromyces* и *Pichia*. Дрожжи *Candida* исторически являются самыми распространенными на гидролизных производствах. При культивировании их на ферментализате

подсолнечной лузги количество дрожжевой биомассы варьировалось от 26 г/дм³ до 32 г/дм³. По количеству образующейся биомассы дрожжи этого рода являются неоспоримыми лидерами, однако содержание сырого протеина в биомассе не велико и не превышает 45%. Большое количество сырого протеина до 54% накапливают дрожжи рода *Pichia*, количество биомассы не велико и составляет 16 – 18 г/дм³. Золотой серединой между этими родами являются представители *Kluyveromyces*. Так называемые «молочные дрожжи» способны накапливать до 24 г/дм³ сухой биомассы, содержащей до 48% сырого протеина.

Полученные данные позволяют сделать вывод, о том, что подсолнечная лузга может быть использована в качестве субстрата, при этом полученная дрожжевая биомасса представляет собой интересный коммерческий продукт, превосходящий имеющиеся аналоги. Близким аналогом к полученному продукту является [5], основным недостатком данного способа является получение кормовой добавки с низким (не более 20%) содержанием сырого протеина.

Заключение. В результате проведения скрининга потенциальных продуцентов белка для дальнейшей работы по разработке технологии получения высококачественной биомассы были выбраны следующие штаммы: *Kluyveromyces marxianus* Y-4557, *Debaryomyces hansenii* Y-3863, *Candida blattii* RCAM3343, *Candida parapsilopsis* D-18. Первые два штамма могут использоваться для получения белковых концентратов и изолятов. Дрожжи рода *Candida* возможно использовать только в качестве продуцентов кормового белка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Банницына Т. Е. и др. Дрожжи в современной биотехнологии // Вестник Международной академии холода. – 2016. – № 1.
2. Кисаримов А. А. Применение дрожжей в пищевой промышленности // НИРС-первая ступень в науку. – 2017. – С. 130-133.
3. Кленова, И. А. Экологические подходы к оценке безвредности нетрадиционных белковых продуктов / И. А. Кленова, Д. А. Руликов. – Текст : непосредственный // Заметки ученого. – Ростов-на-Дону : Общество с ограниченной ответственностью "Приоритет", 2016. – № 7. – С. 132-137.
4. Матеев Е.З., Королькова Н.В., Константинов В.Е. и др. 2017. Тенденции и инновации при производстве и переработке масличных культур. Вестник Воронежского государственного аграрного университета № 3(54). С. 123-131.
5. Патент № 507632, C12N 1/38 C12N 1/22 C12R 1/72. Способ получения биомассы кормовых дрожжей. Решетник О. С., Стребков Н. П., Победимский Д. Г. и др. опубликован 07.04.1984.
6. Султанова М.Ж., Абдрахманов Х.А., Кизатова М.Е., Боровский А.Ю. 2019. Виды утилизации отходов масличных культур. Colloquium-journal № 19-2(43). С. 21-23.
7. Харьков В.В., Тунцев Д.В., Кузнецов М.Г. 2018. Термохимическая переработка лузги подсолнечника Вестник Казанского государственного аграрного университета № 4(13). С. 130-134.
8. Adams R., Van Bogaert L., Ecken H. 1994. Striatonigral degeneration. Journal of Neuropathology and Experimental Neurology, 23, 584-593.
9. Aguilar B. et al. 2012. Characterization of Cell Wall Extracts from *Saccharomyces cerevisiae* with Immunological Activity. Food Biotechnology № 4 (26).
10. Binetti A. Yeasts from autochthonal cheese starters: Technological and functional properties // Journal of Applied Microbiology. 2013. № 2 (115).
11. Hsu S. A., Chou J. Y. Yeasts in fermented food and kefir: In vitro characterization of probiotic traits // Journal of Animal and Plant Sciences. 2021. № 2 (31).

12. De-Paula, O.C., Marzinek, J., Oliveira, D.M.T. 2013. The role of fibres and the hypodermis in Compositae melanin secretion. *Micron*, 44, 312-316.
13. Ha C.H. et al. 2006. Preparation and analysis of yeast cell wall mannoproteins, immune enhancing materials, from cell wall mutant *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Microbiology and Biotechnology* № 2(16).
14. Haiman E.T., Frank H. 1994. Eine eintachementhod. Zurbestimmung dereasserbindung in Muskel Dio Naturwissenschaften № 40. C. 29.
15. Henchion M. et al. 2017. Future protein supply and demand: Strategies and factors influencing a sustainable equilibrium. *Foods* № 7(6).
16. Johansen P.G. et al. 2019. Occurrence and Importance of Yeasts in Indigenous Fermented Food and Beverages Produced in Sub-Saharan Africa. *Frontiers in Microbiology* № 10.
17. Kogan G., Kocher A. 2007. Role of yeast cell wall polysaccharides in pig nutrition and health protection *Livestock Science* №. 1-3(109). C. 161-165.
18. Lehnhardt A., Kemper M.J. 2011. Pathogenesis, diagnosis and management of hyperkalemia. *Pediatric Nephrology* № 3(26).
19. Ogbuewu I.P. et al. 2019. Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) and its effect on production indices of livestock and poultry – a review. *Comparative Clinical Pathology* №. 3(28). C. 669-677.
20. Shin Y., Tamai Y., Terazawa M. 2000. Chemical constituents of *Inonotus obliquus* III. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 2(3), 201–207.
21. Shin Y., Tamai Y., Terazawa M. 2001. Triterpenoids, steroids and a new sesquiterpen from *Inonotus obliquus* (Pers.: Fr.) Bond. et Sing. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 4(3), 250-256.
22. Shujing, S., Zhang, X., Sun, S., Zhang, L., Shan, S., Zhu, H. 2015. Production of natural melanin by *Auricularia auricula* and study on its molecular structure, *Food Chemistry*, 190, 801-807.
23. Shurson G.C. 2018. Yeast and yeast derivatives in feed additives and ingredients: Sources, characteristics, animal responses, and quantification methods. *Animal feed science and technology* № 235. C. 60-76.
24. Zheng Y. et al. 2021. Fractionation and identification of salty peptides from yeast extract. *Journal of Food Science and Technology* № 3(58).

Статья поступила в редакцию 28.10.2021

Статья принята к публикации 07.12.2021