

## БИОСИНТЕЗ ЛИПИДОВ ДРОЖЖАМИ *Rhodotorula gracilis*

С. М. Шульга  
А. Ф. Ткаченко  
Н. Е. Бейко  
А. И. Хоменко  
А. С. Андрияш

ГУ «Институт пищевой биотехнологии и геномики»  
НАН Украины, Киев

E-mail: Shulga5@i.ua

В результате скрининга различных видов дрожжевых культур — продуцентов липидов отобрана культура *Rhodotorula gracilis* SK-4 с наибольшим жировым коэффициентом — 8,0. Максимальный рост и липидообразующая активность этого продуцента достигнуты на среде комплексного состава, содержащей в качестве основного субстрата мелассу. Показано, что фактором, лимитирующим рост и синтез липидов *R. gracilis* SK-4, является поступающий в среду кислород. Синтез липидов и их жирнокислотный состав можно регулировать, изменяя температуру, pH среды, интенсивность аэрации. Подбор среды и условий культивирования дал возможность повысить жировой коэффициент до 17,5–18,1.

**Ключевые слова:** дрожжи, *Rhodotorula gracilis*, микробные липиды.

Интенсивное развитие биоэнергетики становится глобальной проблемой практически для всех регионов мира. Возрос интерес и к изучению энзиматических процессов с целью получения биотоплива.

Одним из видов биотоплива является биодизель, для получения которого используют растительные или животные жиры. Близкими по составу к этим жирам являются липиды микробного происхождения, а именно дрожжевые липиды, жирнокислотный состав которых идентичен составу растительных масел [1–5].

Дрожжи имеют ряд свойств (скорость роста, неприхотливость к составу сред, высокий выход липидов, приемлемый жирнокислотный состав), которые позволяют рассматривать их как наиболее перспективный источник промышленного получения липидов — сырья для биодизеля.

Целью данной работы был поиск среди различных видов дрожжей-продуцентов штаммов с наибольшей липидообразующей способностью.

### Материалы и методы

**Объекты исследований.** Объектами исследования служили штаммы дрожжей: *Candida valida* У-691, *Candida utilis* L-35, *Hansenula anomala* М-1, *Pichia polymorpha* V-1, *Rhodotorula glutinis* К-1, *Rhodotorula gracilis* SK-4, *Saccharomyces cerevisiae* М-5,

*Saccharomyces uvarum* Н-7 из коллекции чистых культур ГУ «Институт пищевой биотехнологии и геномики» НАН Украины. Культуры хранили на солодовом агаре (8% сухих веществ, в том числе 2% агара).

**Культивирование дрожжей** проводили на синтетической среде следующего состава (г/л):  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  — 5,0;  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  — 1,0;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,5; глюкоза — 20,0 или другой необходимый источник углерода; pH среды — 6,0. Культуру высевали со скошенного солодового агара путем переноса дрожжевых клеток в колбу емкостью 250 мл со 100 мл стерильной питательной среды и культивировали на шейкере при скорости перемешивания 200 об/мин и температуре 28–30 °С в течение 24 ч. Посевной материал, приготовленный таким способом, в количестве 10% вносили в колбы емкостью 500 мл с 200 мл среды. В качестве источника углерода использовали мелассу в количестве 60 г/л.

Дрожжи выращивали в лабораторной установке культивирования микроорганизмов — АКЛ-10М. Инокулят выращивали тем же способом, что и посевной материал, и вносили в количестве 10%.

Содержание отдельных компонентов в среде изменяли в зависимости от поставленных задач.

Для определения влияния источника азота на рост биомассы и синтез липидов использовали среды следующего состава (г/л):

I.  $\text{NaNO}_3$  — 5,0;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  — 1,0;  $\text{KCl}$  — 0,5;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,5;  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,01; меласса — 60,0.

II.  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  — 5,0;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  1,0; дрожжевой экстракт — 1,0;  $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  — 0,2;  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,005;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,005; меласса — 60,0.

III.  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  — 2,0;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  — 0,5;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,1;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,05;  $\text{FeCl}_3$  — 0,05; меласса — 60,0.

IV.  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  — 3,0;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  — 0,5;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,1;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,05;  $\text{FeCl}_3$  — 0,05; меласса — 60,0.

V.  $\text{H}_2\text{NCONH}_2$  — 1,0;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  — 1,0;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,5;  $\text{FeCl}_3$  — 0,05;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,05; меласса — 60,0.

Подработку мелассы проводили по методике, изложенной в [6].

Дрожжи выращивали в течение 66–72 ч.

*Прирост биомассы* определяли двумя способами: по массе отмытого осадка дрожжей после центрифугирования культуральной жидкости в течение 30 мин при 5 000 g и по оптической плотности при  $\lambda = 600$  нм (использовали ФЭК-2М). Осадок после центрифугирования высушивали в бюксах при температуре 105 °С до постоянной массы (в трех параллелях).

*Определение количества липидов.* Для определения количества липидов сухую биомассу дрожжей последовательно экстрагировали диэтиловым эфиром и хлороформ-этанольной смесью в аппарате Сокслета. Оставшуюся после первой экстракции дрожжевую массу подвергали обработке 10% -й  $\text{HCl}$  на кипящей водяной бане в течение 3 ч, после чего теми же растворителями экстрагировали оставшуюся часть липидов.

Эффективность синтеза липидов оценивали по жировому коэффициенту (жировой коэффициент равен количеству мг липидов/мг сахаров  $\times 100$ ).

Скорость дыхания (дыхательную активность) дрожжей определяли с помощью метода полярографического анализа на твердых электродах (электрод Кларка). Исследования проводили на полярографе ОН-105 (Венгрия).

Для определения фракционного состава липидов и фосфолипидов (ФЛ) применяли метод тонкослойной хроматографии на пластинках Силуфол UV-254 (Чехия). Количественную оценку фракций липидов осуществляли на денситометре EPJ-65M фирмы Карл Цейс Йена (Германия).

*Жирнокислотный состав липидов* анализировали с помощью газового хроматографа Кристаллюкс-4000M (Россия), детектор — пламенно-ионизационный, капиллярная колонка — AGILENT DB 225 длиной 30 м, диаметром 0,3 мм. Для качественного и количественного определения жирнокислотного состава липидной фракции использовали калибровочный набор стандартов компании Sigma (США).

### Результаты и обсуждение

Проведен скрининг дрожжевых культур — активных продуцентов липидов (табл. 1).

В процессе исследований показано, что штаммы дрожжей гетерогенны по признаку биосинтеза липидов. Обнаружены штаммы с повышенным и пониженным синтезом липидов. Наибольшее количество липидов с жировым коэффициентом 8,0 синтезирует *R. gracilis SK-4*, в то время как у других культур жировой коэффициент варьирует от 2,1 до 7,0 [7].

Для промышленного выращивания микроорганизмов большое значение имеет «полноценность» питательной среды, а также технологичность условий, обеспечивающих высокую продуктивность накопления биомассы

Таблица 1. Синтез липидов разными штаммами микроорганизмов

Дрожжи	Усвоенный сахар, %	Сухая биомасса, мг/100 мл	Липиды		Жировой коэффициент, % от сахара
			мг/100 мл	% сухой биомассы	
<i>Candida valida Y-691</i>	61,0	1 000	42	4,2	2,1
<i>Candida utilis L-35</i>	47,0	750	105	14,0	6,7
<i>Hansenula anomola M-1</i>	17,5	215	39	18,1	6,7
<i>Pichia polymorpha V-1</i>	41,5	650	92	14,1	6,6
<i>Rhodotorula glutinis K-1</i>	85,0	1 450	200	13,8	7,0
<i>Rhodotorula gracilis SK-4</i>	90,0	1 600	240	15,0	8,0
<i>Saccharomyces cerevisiae M-5</i>	45,0	695	60	8,6	4,3
<i>Saccharomyces uvarum H-7</i>	52,0	870	58	6,7	3,5

и содержания в ней нужных метаболитов, в данном случае липидов [8, 9]. Исследовано влияние различных компонентов питательной среды на рост биомассы и синтез липидов.

Источником энергии, необходимой для жизнедеятельности дрожжей — продуцентов липидов, могут быть различные углеродсодержащие соединения, главными из которых являются углеводы. Выращивая дрожжи на различных углеводах (табл. 2), определили, что скорость окисления ими разных сахаров варьирует от 29 до 110%. Довольно интенсивно дрожжи окисляли глюкозу, фруктозу, сахарозу, медленнее — галактозу и ксилозу. Исследование липидсинтетической активности дрожжей на различных сахарах показало, что определенной зависимости между дыхательной активностью и количеством синтезированных липидов нет.

Таблица 2. Синтез липидов и дыхательная активность *Rhodotorula gracilis SK-4* на средах с разными сахарами

Сахара	Липиды, г/л	Дыхательная активность, %
Глюкоза	7,8	100
Фруктоза	6,5	104
Сахароза	8,2	110
Галактоза	6,8	66
Ксилоза	6,7	29

Наибольшая дыхательная активность определена у *R. gracilis SK-4* на сахарозе (110%), при этом накопление липидов составило 8,2 г/л, на глюкозе соответственно 100% и 7,8 г/л, на фруктозе дыхательная активность составила 104%, а накопление липидов оказалось меньшим — 6,5 г/л.

Определенное влияние на липогенную активность дрожжей может оказывать не только сам источник углерода, но и его концентрация (рис. 1). Исследуя биосинтез липидов у *R. gracilis SK-4* установили, что максимальное образование липидов происходит при 5%-й концентрации сахарозы в среде и аэрации 4,8 г O<sub>2</sub>/л/час. Увеличение концентрации сахарозы до 6% приводило к уменьшению содержания липидов. В то же время при повышении интенсивности аэрации с 2,4 до 4,8 г O<sub>2</sub>/л/час увеличение концентрации сахарозы в среде до 12–14% не оказывало заметного влияния на синтез липидов, при дальнейшем повышении концентрации сахарозы процесс биосинтеза липидов был ингибирован.

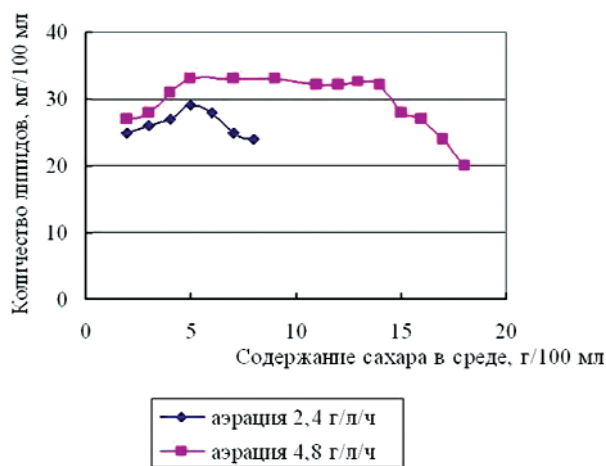


Рис. 1. Влияние содержания сахара в среде на синтез липидов дрожжами *Rhodotorula gracilis SK-4* при разной скорости аэрации

Таким образом, для оптимизации процесса биосинтеза липидов необходимо подобрать определенный источник углерода, его концентрацию и условия аэрации.

Для промышленного производства микробных липидов необходимо использовать более дешевое сырье, чем чистые сахара. Одним из видов такого сырья являются гидролизаты отходов пищевой промышленности. В нашем случае синтез липидов проводили на отходах сахарного производства — свеклосахарной мелассе. Использовали нативную и обработанную мелассу. Результаты проведенных исследований показали более активный биосинтез липидов на среде с мелассой после центрифугирования, при этом накопление липидов составило 240 мг/л, или 15,8% от сухой биомассы (табл. 3).

Нами исследовано влияние на биосинтез липидов различных источников азота в процессе культивирования дрожжей *R. gracilis SK-4*. Установлено, что лучшими источниками азота являлись мочевины и азотнокислый аммоний, которые обеспечивали высокое содержание липидов (табл. 4). Высокая эффективность мочевины в качестве источника азота, на наш взгляд, связана с ее физиологической особенностью — нейтральностью, поскольку после усвоения дрожжами азота мочевины в среде остается только углекислота, которая не влияет на pH среды.

Биосинтез дрожжевых липидов — чрезвычайно лабильный процесс, в значительной степени зависящий от условий культивирования. В процессе образования липидов у дрожжей существенную роль играет кислород воздуха. Биосинтез липидов дрожжами

Таблиця 3. Синтез ліпидів на средах с мелассой, обробленою різними способами

Меласса	Усвоений сахар, %	Сухая биомасса, мг/100 мл	Липиды		Жировой коэффициент, % от сахара
			мг/100 мл	% от сухой биомассы	
Необработанная (нативная)	85,0	1 250	200	16,1	7,0
После центрифугирования	90,2	1 520	240	15,8	8,0
Обработанная кислотой	62,2	995	155	15,6	7,5

Таблиця 4. Синтез ліпидів на средах разного состава

Среды	рН	Усвоений сахар, %	Сухая биомасса, мг/100 мл	Липиды		Жировой коэффициент, % от сахара
				мг/100 мл	% от сухой биомассы	
I	7,0	87,2	1 500	210	14,0	7,2
II	7,5	82,7	1 350	170	12,6	6,2
III	6,5	86,5	1 560	175	11,2	6,0
IV	6,5	75,8	1 350	240	17,8	9,5
V	6,5	78,0	1 600	255	15,9	9,8

*R. gracilis SK-4* изучен с учетом скорости растворения кислорода. Динамика образования биомассы и липидов в зависимости от изменения скорости растворения кислорода представлена на рис. 2. Для максимального накопления биомассы и накопления липидов скорость аэрации среды различна. Если оптимальной скоростью растворения кислорода в среде для синтеза биомассы была величина 6 г O<sub>2</sub>/л/час, то для получения максимального количества липидов — 12 г O<sub>2</sub>/л/час. Последующее увеличение скорости аэрации среды приводит к угнетению роста дрожжей и образования липидов.

Одним из факторов, определяющих рост микроорганизмов и их физиологическую активность, является величина рН. У дрожжей чувствительность к различным значе-

ниям рН в среде менее выражена. Клеточный сок аспорогенных дрожжей имеет выраженные буферные свойства, позволяющие дрожжам быть устойчивыми к значительным колебаниям рН среды.

Результаты исследования влияния рН среды на синтез биомассы и липидов приведены в табл. 5. Установлено, что максимальное накопление биомассы дрожжей происходило при рН 5,5. При этом значении отмечен наибольший жировой коэффициент (18,1), однако максимальное содержание липидов (в процентах по сухому веществу) наблюдалось при рН 6,0. Таким образом, оптимальным для синтеза биомассы и липидов является рН 5,5–6,0.

Исследован процесс биосинтеза липидов у *R. gracilis SK-4* при изменении температуры.

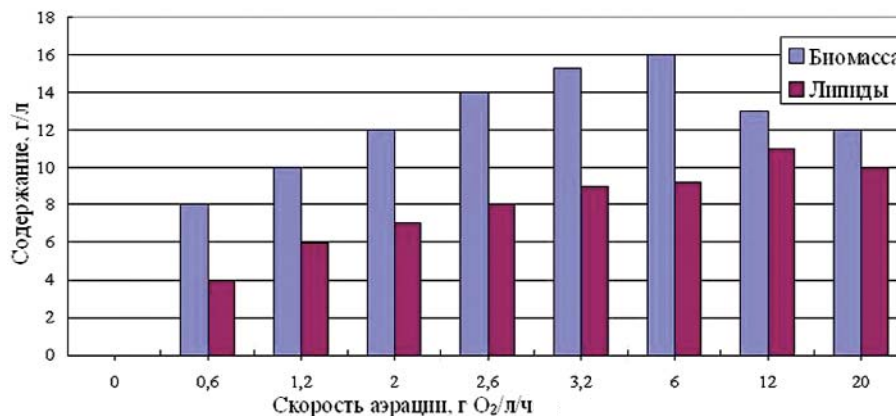


Рис. 2. Влияние скорости аэрации среды на синтез биомассы и липидов дрожжами *R. gracilis SK-4*

Таблица 5. Влияние pH среды на синтез биомассы и липидов дрожжами *Rhodotorula gracilis SK-4*

pH	Биомасса		Липиды		Жировой коэффициент, % от сахара
	г/л	% от сахара	г/л	% от сухих веществ	
4,0	9,8	24,5	3,2	31,2	8,1
4,5	12,5	30,7	4,8	32,9	9,6
5,0	13,9	34,7	6,7	44,9	15,3
5,5	15,9	39,7	7,2	45,6	18,1
6,0	14,8	37,0	7,0	47,0	17,5
6,5	4,8	12,0	2,0	41,5	5,0
7,0	3,9	9,7	1,3	29,8	3,1

Показано, что повышение температуры от 25 до 34 °С приводит к увеличению накопления биомассы и синтеза липидов, дальнейшее повышение температуры до 37 °С уменьшало содержание биомассы, а синтез липидов хотя и незначительно, но возрастал (рис. 3).

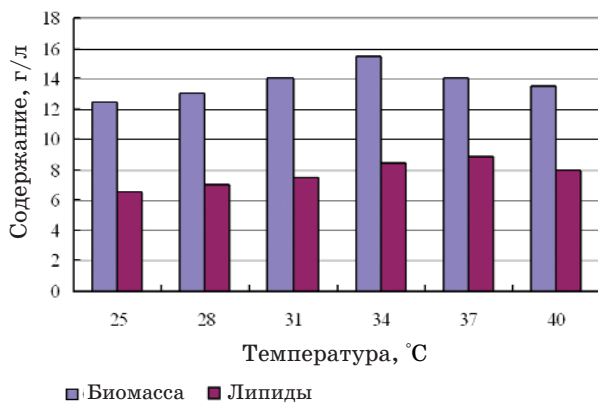


Рис. 3. Влияние температуры на синтез биомассы и липидов дрожжами *Rhodotorula gracilis SK-4*

При оптимальных условиях культивирования скорость накопления дрожжевой биомассы и скорость образования продуктов жизнедеятельности зависят от количества дрожжей, взятых для засева.

Исследовано влияние количества посевного материала на скорость роста дрожжевой популяции, биосинтеза липидов, а также их содержание (рис. 4). Относительная скорость роста дрожжей уменьшалась с увеличением количества внесенного посевного материала. Наибольшее значение скорости синтеза (0,049 г/л/час) отмечено через 24 ч при внесении посевных дрожжей в объеме 10%. В случае внесения посевных дрожжей в объеме 30% значение относительной скорости роста было незначительным и составило 0,025 г/л/час. Высокая относительная скорость биосинтеза липидов была отмечена

при внесении посевных дрожжей в объеме 10%, но в связи с тем, что процессы биосинтеза липидов начинались позднее, чем активное образование биомассы, максимум наблюдался через 48 ч. При внесении посевных дрожжей в объеме 30% относительная скорость синтеза биомассы и липидов была невысокой и практически совпадала по времени с относительной скоростью образования биомассы, при этом наблюдалось замедление процессов биосинтеза липидов, что, возможно, связано с быстрым потреблением дрожжами углеводов среды.

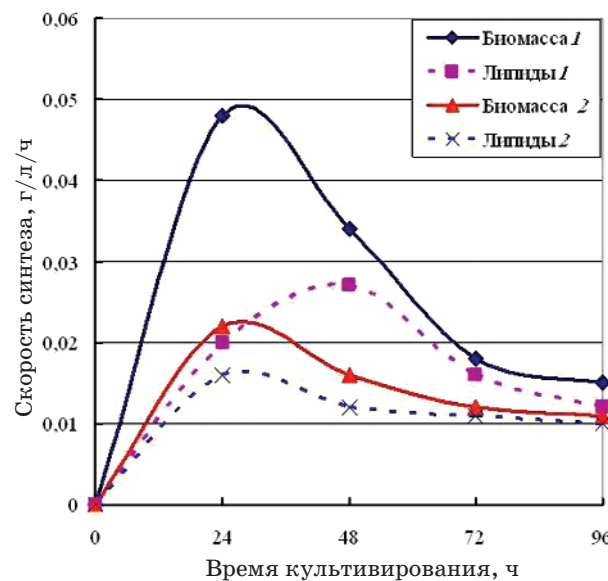


Рис. 4. Относительная скорость синтеза биомассы и липидов дрожжами *Rhodotorula gracilis SK-4* при различных количествах посевного материала. Внесено посевных дрожжей 1 — 10%; 2 — 30%

Определяли абсолютную и относительную скорость образования липидов при внесении разных количеств посевных дрожжей (рис. 5). Показано, что наибольших значений скорость образования липидов достигала при внесении посевных дрожжей в объеме

ме 20%. В этом случае создавались условия, наиболее благоприятные для быстрого синтеза липидов. По нашему мнению, это было связано с наличием остатков источника углерода в питательной среде. После быстрого его использования образование липидов резко снижалось. Таким образом, подтверждается факт влияния количества посевного материала на скорость образования не только биомассы, но и других метаболитов. Что касается липидов, то их прирост был наименьшим при внесении посевных дрожжей в объеме 30%. Это, на наш взгляд, связано с различным стартом интенсивного размножения дрожжей и образования ими липидов. Именно в этот период (при внесении 30% посевных дрожжей) остается мало углеводов, необходимых для синтеза липидов.

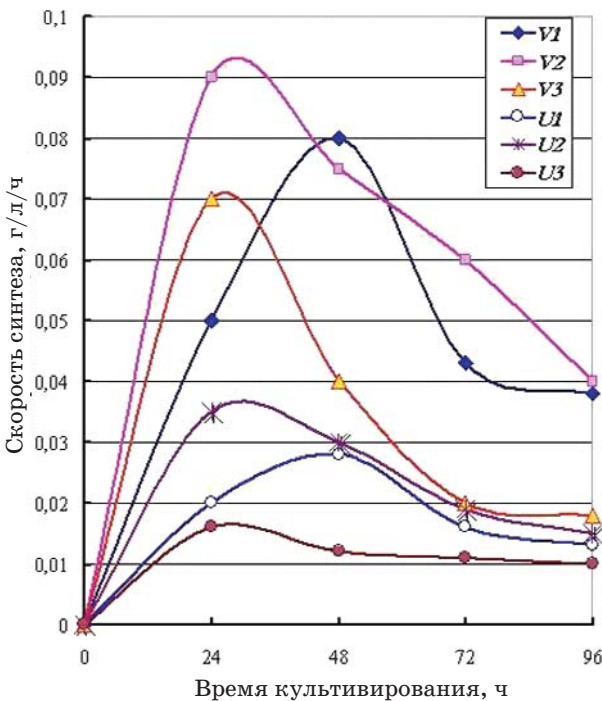


Рис. 5. Абсолютная ( $V_{1-3}$ ) и относительная ( $U_{1-3}$ ) скорости синтеза липидов дрожжами *Rhodotorula gracilis SK-4* при различных количествах посевного материала: 1 — 10%; 2 — 20%; 3 — 30%

Исследовано влияние глицерола и глюкозы на фракционный состав липидов *R. gracilis SK-4*. При культивировании дрожжей на глицероле наблюдалось увеличение относительной доли фосфолипидов и свободных жирных кислот (с 15,2% до 45,5%) (табл. 6).

Таблица 6. Фракционный состав липидов дрожжей *Rhodotorula gracilis SK-4*, культивируемых на средах, содержащих глюкозу или глицерол

Фракция	Глюкоза, %	Глицерол, %
Фосфолипиды	4,4	10,5
Стерины	3,5	3,1
Моно- и диглицериды	4,2	4,5
Свободные жирные кислоты	15,2	45,5
Триглицериды	71,4	36,2
Эфиры стеаринов и воска	1,2	1,1

Использование жирных кислот в качестве дополнительного источника углерода в дрожжевых липидах способствовало увеличению содержания именно этих кислот (табл. 7). Введение в среду олеиновой кислоты привело к увеличению ее содержания в липидной фракции на 45,9% по сравнению с ее содержанием в липидной фракции дрожжей, выращенных на глюкозе. Аналогичные результаты получены и в случае использования линолевой (увеличение в 12,5 раза) и пальмитиновой (увеличение на 49,0%) кислот. По нашему мнению, это объясняется снижением энергетических затрат на биосинтез липидов, а использование дрожжами жирных кислот в качестве продуктов синтеза липидов происходит без предварительного их декарбосилирования.

Наличие в дрожжевых липидах значительного количества ненасыщенных жирных кислот придавало им сходство с растительными маслами (табл. 8).

Таким образом, проведенные исследования показали, что преимуществом липидов, полученных микробиологическим синтезом, является сравнительно быстрая возможность изменения их состава путем направленного культивирования продуцента, использование дешевого сырья и технологичность процесса культивирования продуцента.

Определение оптимальных технологических параметров создает все необходимые предпосылки для организации и создания пилотной установки биосинтеза дрожжевых липидов.

Таблица 7. Влияние жирных кислот, как источника углерода среды, на жирнокислотный состав липидов *Rhodotorula gracilis SK-4*

Накопление жирных кислот	Источник углерода среды, % от общего количества			
	Глюкоза	Олеиновая кислота	Линолевая кислота	Пальмитиновая кислота
Общее количество кислот C <sub>16</sub>	34,5	13,5	21,0	49,2
Общее количество кислот C <sub>18</sub>	61,3	79,5	78,5	43,8
Пальмитиновая	29,0	12,0	21,0	43,2
Стеариновая	3,4	2,5	3,5	2,0
Пальмитолеиновая	5,5	1,5	–	6,0
Олеиновая	54,5	79,5	32,5	39,0
Линолевая	3,4	–	42,5	1,5
Линоленовая	–	–	–	1,3

Таблица 8. Содержание некоторых жирных кислот растительных масел и синтезированных дрожжами *Rhodotorula gracilis SK-4*

Масла	Насыщенные кислоты, %				Ненасыщенные кислоты, %			
	C <sub>12:0</sub>	C <sub>14:0</sub>	C <sub>16:0</sub>	C <sub>18:0</sub>	C <sub>16:1</sub>	C <sub>18:1</sub>	C <sub>18:2</sub>	C <sub>18:3</sub>
Соевое	–	0,5	11,0	5,0	–	22,0	53,0	8,8
Подсолнечное	–	0,5	6,5	3,5	–	23,0	65,0	0,5
Льняное	–	–	7,0	14,0	–	18,0	14,0	47,0
Липиды <i>R. gracilis SK-4</i>	–	1,3	30,2	8,9	1,9	40,5	11,8	5,2

### ЛИТЕРАТУРА

1. Rattray J. B., Schibeci A., Kidby D. K. Lipids of yeasts // *Bacteriol. Rev.* — 1975. — V. 39, N 3. — P. 197–231.
2. Коронелли Т. В. Липиды микобактерий и родственных микроорганизмов. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. — 160 с.
3. Аркадьева З. А., Безбородова А. М., Блохина И. Н. и др. Промышленная микробиология / Под ред. Н. С. Егорова. — М.: Высшая школа., 1989. — 688 с.
4. Hall M. J., Ratledge C. Lipid accumulation in an oleaginous yeast (*Candida 107*) growing on glucose under various conditions in a one- and two-stage continuous culture // *Appl. Environ. Microbiol.* — 1977. — V. 33, N 3. — P. 577–584.
5. Van Hamme J. D., Ward O. P. Physical and metabolic interactions of *Pseudomonas sp. strain JA5-B45* and *Rhodococcus sp. strain F9-D79* during growth on crude oil and effect of a chemical surfactant on them // *Ibid.* — 2001. — V. 67, N 10. — P. 4874–4879.
6. Sabry S. A., Ghanem K. M., Yusef H. H. Production of microbial lipids from beet molasses // *J. Islam. Acad. Sci.* — 1990. — V. 3, N 4. — P. 310–313.
7. Shulga S. M., Tkachenko A. F., Beyko N. E. Biosynthesis of lipids by the yeast *Rhodotorula gracilis* // *BioMicroWorld 2009*, Lisbon, 2–4 December 2009. — P. 385.
8. Коновалов С. А. Биохимия дрожжей. — М.: Пищевая промышленность, 1980. — 272 с.
9. Залашко М. В. Биосинтез липидов дрожжами. — Минск.: Наука и техника, 1971. — 216 с.

**БІОСИНТЕЗ ЛІПІДІВ ДРІЖДЖАМИ  
*RHODOTORULA GRACILIS***

*С. М. Шульга  
А. Ф. Ткаченко  
Н. Е. Бейко  
А. І. Хоменко  
А. С. Андріяш*

ДУ «Інститут харчової біотехнології  
та геноміки» НАН України, Київ

*E-mail: Shulga5@i.ua*

У результаті скринінгу різних видів дріжджових культур — продуцентів ліпідів відібрано культуру *Rhodotorula gracilis SK-4* з найбільшим жировим коефіцієнтом — 8,0. Максимальний ріст і ліпідутворювальна активність цього продуцента досягнуті на середовищі комплексного складу, що містить як основний субстрат мелясу. Показано, що чинником, який лімітує ріст і синтез ліпідів *R. gracilis SK-4*, є кисень, що надходить у середовище. Синтез ліпідів і їхній жирнокислотний склад можна регулювати, змінюючи температуру, рН середовища, інтенсивність аерації. Підбір середовища і умов культивування дав можливість підвищити жировий коефіцієнт до 17,5–18,1.

**Ключові слова:** дріжджі, *Rhodotorula gracilis*, мікробні ліпіди.

**BIOSYNTHESIS OF LIPIDS  
BY *RHODOTORULA GRACILIS* YEASTS**

*S. M. Shulga  
A. F. Tkachenko  
N. E. Beyko  
A. I. Khomenko  
A. S. Andriyash*

State organization «Institute of Food  
Biotechnology and Genomics» of National  
Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

*E-mail: Shulga5@i.ua*

As a result of screening of different types of yeast cultures which are lipids producers the culture of *Rhodotorula gracilis SK-4* was selected with a most fatty coefficient which is equal 8.0. The best growth and lipid-formed activity of this producer was attained on the complex composition medium, containing molasses as basic substrate. It was revealed that by a factor, limiting growth and synthesis of *R. gracilis SK-4* lipids, there was oxygen in medium. The lipids synthesis and their fatty acids composition could be regulated, changing a temperature, pH medium, and aeration intensity. The selection of medium and terms of cultivation gave a possibility to promote a fatty coefficient to 17.5–18.1.

**Key words:** yeasts, *Rhodotorula gracilis*, microbial lipids.