

УДК 579.841:577.15

ОПТИМІЗАЦІЯ БІОСИНТЕЗУ СУРФАКТАНТІВ І ЕКЗОПОЛІСАХАРИДІВ ШТАМОМ *Gordonia rubripertincta* УКМ Ас-122 З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ

О. В. Карпенко¹
М. В. Пристай¹
Г. В. Гафійчук¹
Б. Й. Дацко²

¹Відділення фізико-хімії горючих копалин
Інституту фізико-органічної хімії та вуглехімії
ім. Л. М. Литвиненка НАН України, Київ

²Інститут прикладних проблем математики і механіки
ім. Я. Підстригача НАН України, Київ

Т. М. Ногіна³

³Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного
НАН України, Київ

E-mail: e.v.karpenko@gmail.com

За допомогою регресійного і дисперсійного аналізу було визначено оптимальні концентрації джерел вуглецю й азоту у складі живильних середовищ для отримання біомаси, клітинних ліпідів та екзополісахаридів штаму *Gordonia rubripertincta* УКМ Ас-122.

Оптимізовано склад живильних середовищ для культивування штаму: підбрано концентрації джерел вуглецю й азоту для максимального синтезу біомаси, біосурфактантів і екзополісахаридів. Отримано регресійні залежності, які проаналізовано для кожного з продуктів біосинтезу. Це дало змогу вирішити важливі біотехнологічні завдання: збільшити нагромадження біомаси в 1,3, вміст клітинних ліпідів — у 1,9 (з 4,35 до 8,12 г/л) і екзополісахаридів — у 5,1 раза (з 1,54 до 7,89 г/л).

Встановлено основні тенденції впливу використовуваних компонентів середовища на вивчені біотехнологічні показники. Одержані результати підтверджено експериментальним шляхом.

Ключові слова: біосурфактанти, екзополісахариди, оптимізація живильного середовища, *Gordonia*, регресійний поліном, дисперсійний аналіз.

Значний інтерес до бактерій роду *Gordonia* пояснюється їхніми унікальними біосинтетичними властивостями. Більшість видів цього роду було виділено завдяки їх здатності до деструкції ксенобіотиків, а також біодесульфуризації палива. Ці мікроорганізми синтезують низку метаболітів, серед яких на особливу увагу заслуговують поверхнево-активні речовини (біоПАР, біосурфактанти), які знижують поверхневий натяг на межі розділу вода — повітря, міжфазний натяг у системах вода — гідрофобні речовини і мають емульгувальні властивості. Разом з тим біосурфактанти є біодеградабельними й малотоксичними, що робить їх перспективними для застосування в сучасних технологіях [1, 2].

На сьогодні в літературі подано недостатньо інформації про поверхнево-активні сполуки бактерій роду *Gordonia* [1]. Найповніше вивчено вид *Gordonia amarae*, який продукує гліколіпідні сурфактанти та емульгатори під час росту на водонерозчинних субстратах [3]. Актуальність досліджен-

ня синтезу сурфактантів мікроорганізмами роду *Gordonia* зумовлена також перспективами широкого застосування таких речовин у різних галузях — фармації, сільському господарстві, для очищення ґрунтів і води від забруднень тощо [4].

Раніше нами було встановлено, що бактеріальний штам *Gordonia rubripertincta* УКМ Ас-122 є перспективним продуцентом сурфактантів, оскільки він синтезує клітинні поверхнево-активні трегалозоліпіди, а також каротиноїди й екзополісахариди [5]. Актуальною біотехнологічною проблемою є підвищення ефективності біосинтезу цих метаболітів, передусім визначення оптимальних умов культивування продуцента. Для вирішення цього завдання доцільно використовувати сучасні математичні методи [6, 7].

Метою роботи була оптимізація складу живильних середовищ культури *G. rubripertincta* УКМ Ас-122, зокрема визначення концентрації джерел вуглецю та азоту, для отримання максимального виходу біомаси, клітинних ліпідів і екзополісахаридів. Для

встановлення залежностей, які впливають на вихід основних продуктів реакцій, здійснено математичну обробку експериментальних результатів за допомогою багатofакторного регресійного аналізу. Фактично було побудовано композиційний план третього порядку, основна мета якого — одержання якісної регресійної моделі та встановлення співвідношень факторів, за яких досягається максимальний синтез біомаси і цільових продуктів.

Матеріали і методи

Об'єкт досліджень — штам *Gordonia rubripertincta* УКМ Ас-122 з Української колекції мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України.

Умови культивування. Культивування мікроорганізмів проводили в колбах Ерленмеєра (750 мл) з робочим об'ємом 150 мл на ротаційній качалці (220 об/хв) за температури 30 °С упродовж 5 діб. Застосовували живильне середовище Гудвіна [8] у 23 модифікаціях: за вмістом джерел вуглецю (сахароза і *n*-гексадекан) — 15–25 г/л, джерела азоту (сечовини) — 0,5–1,5 г/л. Як контроль використовували неоптимізоване середовище №12 (табл. 1).

Посівним матеріалом слугувала культуральна рідина *G. rubripertincta* УКМ Ас-122, вирошена на рідкому живильному середовищі із сахарозою впродовж 2 діб. Інокулят вносили в кількості 5% від об'єму середовища. Кількість клітин в інокуляті становила 10⁵ кл./мл.

Визначення біомаси. Біомасу клітин визначали гравіметричним методом [9].

Визначення маси клітинних ліпідів. Ліпиди отримували методом екстракції з клітинної маси сумішшю Фолча (хлороформ: метанол — 2:1) [10] з подальшим випарюванням у вакуумі. Кількість ліпідів вираховували гравіметричним методом.

Визначення вмісту екзополісахаридів. Полісахариди виділяли із супернатанта культуральної рідини осадженням із додаванням 2 об'ємів етилового спирту з подальшим переосадженням та висушуванням осаду за температури 80 °С до постійної маси. Вміст полісахаридів визначали гравіметричним методом.

Математична обробка експериментальних даних. Задачу встановлення математичної форми кореляційного зв'язку між результатами проведеного експерименту (функції відгуку від сукупності факторів)

вирішували за допомогою регресійного аналізу. Для з'ясування впливу основних компонентів живильного середовища як математичну модель було обрано трифакторну поліноміальну модель другого порядку (1):

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^3 b_i X_i + \sum_{i,j=1}^3 b_{ij} X_i X_j, \quad (1)$$

де b_0 — вільний член регресійного рівняння; коефіцієнти b_1, b_2, b_3 описують лінійний вплив факторів на залежну змінну; b_{11}, b_{22}, b_{33} — квадратичні члени, а $b_{12}, b_{13} \dots b_{23}$ описують вплив парної взаємодії факторів.

Як незалежні змінні виступали концентрації джерел вуглецю (сахарози і *n*-гексадекану) та джерела азоту (сечовини), залежні змінні — нагромадження біомаси, вміст клітинних ліпідів та екзополісахаридів. Основною метою факторного аналізу було скорочення числа змінних і визначення структури взаємозв'язків між ними. Для перевірки отриманих рівнянь регресії використовували дисперсійний аналіз (ANOVA) на основі статистики Фішера за рівня значущості 0,95.

У результаті розрахунків було отримано регресійні залежності для низки співвідношень між цільовими продуктами і концентрацією складових живильного середовища. Оскільки концентрації джерел вуглецю і азоту є неспівмірними за шкалою вимірювання, то ступінь впливу факторів або їх комбінацій на функцію відгуку не завжди визначається саме величиною їх коефіцієнтів. З другого боку, через те, що рівняння регресії залежить від трьох незалежних змінних, функцію відгуку не можна представити у вигляді поверхні. Тому для наочного подання оптимізаційних градієнтів функції відгуку було розроблено програму, яка дала змогу відобразити залежність функції відгуку від трьох регресорів за допомогою інтенсивності кольору в RGB-форматі. У результаті було отримано регресійні залежності та їх графічні подання, які дали змогу проаналізувати основні тенденції впливу сукупності дії факторів на кожен із продуктів біосинтезу, що становив інтерес під час проведення експериментальних досліджень.

Результати і обговорення

Попередньо було встановлено, що найкращим джерелом вуглецю для синтезу клітинних ліпідів штамом *G. rubripertincta* УКМ Ас-122 є *n*-гексадекан. Ріст штаму на середовищі із сахарозою характеризується значним нагромадженням біомаси, екзополісахаридів і каротиноїдів, але меншим

виходом ліпідів [5]. Тому в експеримент з оптимізації середовища залучили обидва джерела вуглецю та їх суміші.

Було встановлено також, що найбільше підходять для синтезу ліпідів культурою *G. rubripertincta* УКМ Ас-122 такі джерела азоту: нітрати натрію і калію та сечовина [11]. Для експерименту обрали сечовину, оскільки вона є дешевшою за нітрати, а вміст азоту в сечовині втричі вищий.

У 23 варіантах експерименту досліджено вплив трьох компонентів живильного середовища, а саме: концентрацій джерел вуглецю (сахарози і *n*-гексадекану) та джерела азоту (сечовини) на нагромадження біомаси, вихід клітинних ліпідів і екзополісахаридів (ЕПС) культури *G. rubripertincta* УКМ Ас-122 (табл. 1).

Таблиця 1. Залежність вмісту біомаси та продуктів біосинтезу штаму *G. rubripertincta* УКМ Ас-122 від концентрації джерел вуглецю та азоту в живильному середовищі

| № | V_1^1 | V_2^1 | V_3^1 | Біомаса ² , г/л | Клітинні ліпіди ² , г/л | ЕПС ² , г/л |
|----|---------|---------|---------|----------------------------|------------------------------------|------------------------|
| 1 | 25,00 | 0,00 | 1,50 | 7,95 | 0,79 | 5,94 |
| 2 | 12,50 | 12,50 | 1,50 | 9,26 | 2,25 | 7,12 |
| 3 | 0,00 | 25,00 | 1,50 | 18,31 | 8,10 | 2,66 |
| 4 | 20,00 | 0,00 | 1,50 | 9,82 | 0,56 | 1,96 |
| 5 | 10,00 | 10,00 | 1,50 | 8,11 | 2,36 | 7,84 |
| 6 | 0,00 | 20,00 | 1,50 | 17,29 | 6,42 | 1,25 |
| 7 | 25,00 | 0,00 | 1,00 | 7,90 | 0,49 | 3,58 |
| 8 | 12,50 | 12,50 | 1,00 | 11,03 | 3,35 | 1,17 |
| 9 | 0,00 | 25,00 | 1,00 | 17,11 | 7,19 | 0,98 |
| 10 | 20,00 | 0,00 | 1,00 | 10,30 | 1,55 | 2,68 |
| 11 | 10,00 | 10,00 | 1,00 | 8,14 | 2,10 | 3,82 |
| 12 | 0,00 | 20,00 | 1,00 | 13,66 | 4,35 | 1,54 |
| 13 | 15,00 | 0,00 | 1,00 | 8,10 | 0,50 | 2,10 |
| 14 | 7,50 | 7,50 | 1,00 | 6,04 | 1,43 | 0,93 |
| 15 | 0,00 | 15,00 | 1,00 | 14,20 | 4,33 | 1,32 |
| 16 | 15,00 | 0,00 | 0,50 | 7,08 | 0,86 | 3,34 |
| 17 | 7,50 | 7,50 | 0,50 | 6,32 | 1,71 | 5,08 |
| 18 | 0,00 | 15,00 | 0,50 | 10,24 | 3,09 | 1,21 |
| 19 | 20,00 | 0,00 | 0,50 | 7,30 | 0,22 | 3,94 |
| 20 | 10,00 | 10,00 | 0,50 | 8,02 | 2,34 | 4,64 |
| 21 | 0,00 | 20,00 | 0,50 | 18,32 | 6,21 | 1,14 |
| 22 | 0,00 | 25,00 | 0,50 | 16,34 | 4,94 | 1,20 |
| 23 | 0,00 | 15,00 | 1,50 | 11,82 | 3,12 | 1,07 |

Примітки: 1. V_1 — концентрація сахарози, г/л; V_2 — концентрація гексадекану, г/л; V_3 — концентрація сечовини, г/л.

2. У таблиці наведено середні значення експериментальних даних.

Кожен показник визначали у трьох паралельних дослідках.

Оптимальний склад живильного середовища для синтезу біомаси

Функція відгуку, яка описує вихід біомаси, має такий вигляд:

$$V_{\text{biomas}} = -19,022 + 2,387 \cdot V_1 - 0,058 \cdot V_1^2 + 2,672 \cdot V_2 - 0,054 \cdot V_2^2 + 5,049 \cdot V_3 - 2,923 \cdot V_3^2 - 0,144 \cdot V_1 \cdot V_2 + 0,099 \cdot V_1 \cdot V_3 + 0,084 \cdot V_2 \cdot V_3. \quad (2)$$

Ця залежність показує, що фактично всі три змінні досить істотно впливають на нагромадження біомаси. Аналізуючи графічне подання, встановили, що залежність V_{biomas} від V_1 та V_2 являє собою сідлову поверхню, яка прогнозує вихід біомаси практично за лінійної залежності V_1 від V_2 (від їхніх мінімальних до максимальних значень) (рис. 1).

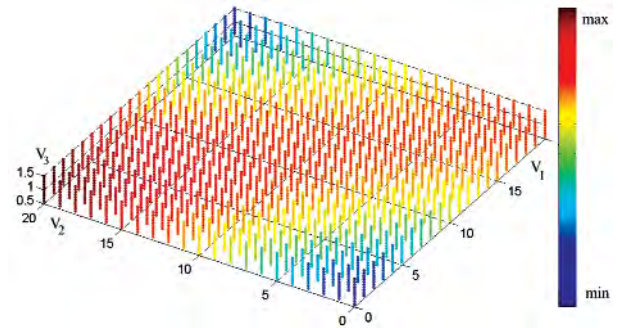


Рис. 1. Графічне подання регресійної залежності для виходу біомаси як функції трьох змінних

Показано, що максимальний вихід біомаси буде за мінімальних значень V_1 , максимальних значень V_2 і слабкого росту V_3 . Це, насамперед, свідчить про значний вплив змінної V_2 , що безпосередньо демонструє рис. 1. Аналіз графічного подання також свідчить, що вихід біомаси суттєво залежить від величини змінної V_2 і неістотно — від змінної V_3 . Склад оптимізованого живильного середовища подано в табл. 2.

Оптимальний склад живильного середовища для максимального виходу клітинних ліпідів

Функція відгуку для залежної змінної V_{lipid} має вигляд:

$$V_{\text{lipid}} = -8,648 + 1,019 \cdot V_1 - 0,032 \cdot V_1^2 + 1,162 \cdot V_2 - 0,029 \cdot V_2^2 - 0,756 \cdot V_3 - 2,609 \cdot V_3^2 - 0,072 \cdot V_1 \cdot V_2 + 0,288 \cdot V_1 \cdot V_3 + 0,350 \cdot V_2 \cdot V_3. \quad (3)$$

Аналізуючи вихід ліпідів, ми одержали подібне регресійне рівняння. Але оскільки

діапазон зміни значень концентрацій значно менший, ніж у попередньому разі, то регресійні коефіцієнти менш інформативні.

Проте аналіз графічного подання (рис. 2) свідчить, що для синтезу клітинних ліпідів, як і для біомаси, оптимальним буде живильне середовище з високими концентраціями V_2 і V_3 та низькими концентраціями V_1 .

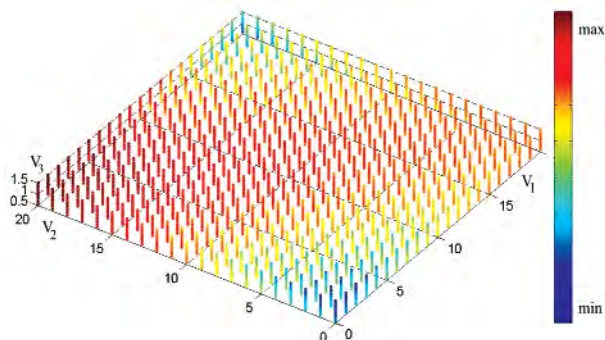


Рис. 2. Графічне подання регресійної залежності для синтезу клітинних ліпідів як функції трьох змінних

Це також підтверджується високою кореляцією для отриманих у ході експерименту значень V_{biomas} і V_{lipid} . Оптимальні концентрації джерел вуглецю і азоту наведено в табл. 2.

Оптимальний склад живильного середовища для одержання екзополісахаридів

Регресійне рівняння для оцінки ефективності синтезу екзополісахаридів даною культурою має такий вигляд:

$$V_{\text{polisach}} = 5,410 + 0,457 \cdot V_1 - 0,017 \cdot V_1^2 + 0,390 \cdot V_2 - 0,019 \cdot V_2^2 - 17,503 \cdot V_3 + 5,465 \cdot V_3^2 - 0,020 \cdot V_1 \cdot V_2 + 0,345 \cdot V_1 \cdot V_3 + 0,364 \cdot V_2 \cdot V_3. \quad (4)$$

Це рівняння демонструє вплив усіх трьох компонентів на синтез екзополісахаридів, причому джерела вуглецю мають практично

однаковий вплив, а джерело азоту — дещо менший. Залежність впливу незалежних змінних на вміст екзополісахаридів (4) дає чіткий максимум $V_{\text{polisach}} = 8,35$ при значеннях $V_1 = 22,50$; $V_2 = 13,00$; $V_3 = 1,50$ відповідно. Цей максимум однозначно підтверджується також результатами аналізу графічного подання (рис. 3).

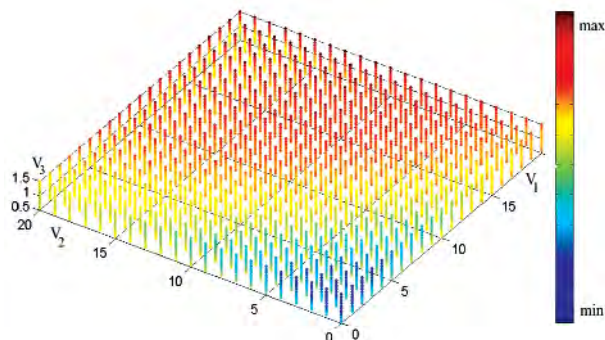


Рис. 3. Графічне подання регресійної залежності для синтезу екзополісахаридів як функції трьох змінних

Максимум має місце за великих концентрацій V_3 та значення V_1 , близького до максимального. Аналіз графічного подання дає можливість отримати наочно оптимальні концентрації цільової функції ($V_{\text{polisach}} = 8,35$), а також оцінити загальні тенденції впливу окремих компонентів. З рис. 3 випливає, що максимальний вміст екзополісахаридів досягається за високих значень змінних V_3 і V_1 та середніх значень змінної V_2 . Оптимальні концентрації досліджуваних величин наведено в табл. 2.

Здійснені дослідження узгоджуються з даними літератури щодо значень математичних методів для сучасної біотехнології, зокрема біосинтезу поверхнево-активних сполук. Математичне моделювання дає можливість з економією часу вивчити процес, знайти найвпливовіші параметри та їх взаємодію, а також визначити концентрації

Таблиця 2. Вміст цільових продуктів біосинтезу культури *G. rubripertincta* УКМ Ас-122 на оптимізованих живильних середовищах

| Цільові продукти, г/л | Прогнозований вихід продуктів, г/л | Експериментальні дані ¹ , г/л | Компоненти живильних середовищ, г/л | | |
|-----------------------|------------------------------------|--|-------------------------------------|------------|----------|
| | | | Сахароза | Гексадекан | Сечовина |
| Біомаса | 18,46 | 18,23 | 0,00 | 25,00 | 1,20 |
| Клітинні ліпіди | 8,23 | 8,12 | 0,00 | 25,00 | 1,50 |
| Екзополісахариди | 8,34 | 7,89 | 22,50 | 13,00 | 1,50 |

Примітки: 1. У таблиці наведено середні значення експериментальних даних.
2. Кожен показник визначали у трьох паралельних дослідках.

цих параметрів для максимального виходу біоПАР. Так, Jacques et al. оптимізували склад середовища для синтезу сурфактину *Bacillus subtilis* S499 [12]; Cunha et al. регулювали умови продукування біоПАР штамми *Serratia* spp. [13]; Albuquerque et al. першими оптимізували склад середовища для синтезу біоемульгатора дріжджами *Candida lipolytica* [14]. Першу спробу виявити параметри культивування, які впливають на біосинтез сурфактантів представниками роду *Gordonia*, зроблено Franzetti et al. [7]. Оптимізація складу середовища дозволила збільшити вихід сурфактанта, але його вміст визначали тільки за параметром CMD, який характеризує сумарну (загальну) поверхневу активність культуральної рідини.

Таким чином, за допомогою регресійного і дисперсійного аналізу було визначено оптимальні концентрації джерел вуглецю й азоту у складі живильних середовищ для отримання біомаси, клітинних ліпідів та екзополісахаридів штаму *G. rubripertincta* УКМ Ас-122.

Встановлено основні тенденції впливу використовуваних компонентів середовища. Одержані результати підтверджено експериментальним шляхом.

За допомогою проведеної математичної оптимізації вдалося підвищити нагромадження біомаси в 1,3, збільшити вихід клітинних ліпідів у 1,9 (з 4,35 до 8,12 г/л), екзополісахаридів — у 5,1 раза (з 1,54 до 7,89 г/л) порівняно з контрольним середовищем.

Дослідження виконано в рамках проекту УНТЦ 4973.

ЛІТЕРАТУРА

1. Arenskotter M., Broker D., Steinbuchel A. Biology of the metabolically diverse genus *Gordonia* // Appl. Environ. Microbiol. — 2004. — V. 70. — P. 3195–3204.
2. Van Hamme J. D., Singh A., Ward O. P. Physiological aspects. Part 1 in a series of papers devoted to surfactants in microbiology and biotechnology // Biotech. Adv. — 2006. — V. 24. — P. 604–620.
3. Pagilla K. R., Sood A., Kim H. *Gordonia (nocardia) amarae* foaming due to biosurfactant production // Wat. Sci. Technol. — 2002. — V. 46. — P. 519–524.
4. Franzetti A., Caredda P., Ruggeri C. et al. Potential applications of surface active compounds by *Gordonia* sp. Strain BS29 in soil remediation technologies // Chemosphere. — 2009. — V. 75. — P. 801–807.
5. Пристай М. В., Карпенко О. В., Петріна Р. О., Ногіна Т. М. Пошук нових ефективних продуцентів біосурфактантів і каротиноїдів серед представників родів *Rhodococcus* і *Gordonia* // Вісн. НУ «Львівська політехніка» «Хімія, технологія речовин та їх застосування». — 2007. — № 590. — С. 138–142.
6. Pal M. P., Vaidya B. K., Desai K. M. et al. Media optimization for biosurfactant production by *Rhodococcus erythropolis* MTCC 2794: artificial intelligence versus a statistical approach // J. Ind. Microbiol. Biotechnol. — 2009. — V. 36. — P. 747–756.
7. Franzetti A., Caredda P., La Colla P. et al. Cultural factors affecting biosurfactant production by *Gordonia* sp. BS29 // Int. Biodeter. Biodegrad. — 2009. — V. 63. — P. 943–947.
8. Донец А. Т., Кошелев В. В., Бехтерева М. Н. Качественное и количественное содержание липидов у бактерий // Микробиология. — 1970. — Т. 24, № 2. — С. 300–304.
9. Методы общей бактериологии / Под ред. Ф. Герхарда и др. — М.: Мир, 1983. — 535 с.
10. Folch J., Lees M., Sloane G. H. S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues // J. Biol. Chem. — 1957. — V. 226. — P. 497–509.
11. Пристай М. В., Карпенко О. В. Вплив джерел азоту на синтез гліколіпідів, екзополісахаридів і каротиноїдів бактеріальним штамом *Gordonia rubripertincta* УКМ Ас-122 // Вісн. НУ «Львівська політехніка» «Хімія, технологія речовин та їх застосування». — 2009. — № 644. — С. 120–122.
12. Jacques P., Hbid C., Destain J. et al. Optimisation of biosurfactant lipopeptide production from *Bacillus subtilis* S499 by Plackett-Burman design // Appl. Biochem. Biotechnol. — 1999. — V. 77. — P. 223–232.
13. Cunha C. D., do Rosarrio M., Rosado A. S., Leite S. G. F. *Serratia* sp. SVGG16: a promising biosurfactant producer isolated from tropical soil during growth with ethanol-blended gasoline // Proc. Biochem. — 2004. — V. 39. — P. 2277–2282.
14. Albuquerque C. D. C., Filetti A. M. F., Campos-Takaki G. M. Optimizing the medium components in bioemulsifier production by *Candida lipolytica* with response surface method // Can. J. Microbiol. — 2006. — V. 52. — P. 575–583.

**ОПТИМИЗАЦИЯ БИОСИНТЕЗА
СУРФАКТАНТОВ И ЭКЗОПОЛИСАХАРИДОВ
ШТАММОМ *Gordonia rubripertincta*
УКМ Ас-122 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ**

*Е. В. Карпенко*¹
*М. В. Пристай*¹
*Г. В. Гафийчук*¹
*Б. Й. Дацко*²
*Т. М. Ногина*³

¹Отделение физико-химии горючих
ископаемых Института физико-органической
химии и углехимии им. Л. М. Литвиненко
НАН Украины, Киев

²Институт прикладных проблем математики
и механики им. Я. Подстригача
НАН Украины, Киев

³Институт микробиологии и вирусологии
им. Д. К. Заболотного НАН Украины, Киев

E-mail: e.v.karpenko@gmail.com

С помощью регрессионного и дисперсионного анализа были определены оптимальные концентрации источников углерода и азота в составе питательных сред для получения биомассы, клеточных липидов и экзополисахаридов *Gordonia rubripertincta* УКМ Ас-122.

Оптимизирован состав питательных сред для культивирования штамма *Gordonia rubripertincta* УКМ Ас-122: подобраны концентрации источников углерода и азота для максимального синтеза биомассы, биосурфактантов и экзополисахаридов. Получены регрессионные зависимости, проанализированные для каждого из продуктов биосинтеза. Это позволило решить важные биотехнологические задачи: увеличить биомассу в 1,3, содержание клеточных липидов в — 1,9 (с 4,35 до 8,12 г/л), экзополисахаридов — в 5,1 раза (с 1,54 до 7,89 г/л).

Установлены основные тенденции влияния используемых компонентов среды на изученные биотехнологические показатели. Полученные результаты подтверждены экспериментальным путем.

Ключевые слова: биосурфактанты, экзополисахариды, оптимизация среды, *Gordonia*, регрессионный полином, дисперсионный анализ.

**OPTIMIZATION OF BIOSYNTHESIS
OF SURFACTANTS AND EXOPOLY-
SACCHARIDES BY *Gordonia rubripertincta*
UKM Ас-122 STRAIN
USING MATHEMATICAL METHODS**

*O. V. Karpenko*¹
*M. V. Prystay*¹
*G. V. Gafijchuk*¹
*B. Y. Datsko*²
*T. M. Nogyna*³

¹Department of Physical Chemistry of
Combustible minerals of Lytvynenko Institute
of Physic, Organic and Coal Chemistry of
National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

²Pidstryhach Institute of Applied Problems
of Mathematics and Mechanics of National
Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

³Zabolotny Institute of Microbiology and
Virology of National Academy of Sciences
of Ukraine, Kyiv

E-mail: e.v.karpenko@gmail.com

By a regressive and dispersion analysis, the optimum concentrations of carbon and nitrogen sources were determined in nutrient solution composition for obtaining of biomass, cell lipids and exopolysaccharide of *Gordonia rubripertincta* UKM Ace-122 strain.

The nutrient solution composition was optimized for *Gordonia rubripertincta* UKM Ace-122 strain cultivation as follows: the concentrations of carbon and nitrogen sources were selected for maximum yield of biomass, biosurfactant and exopolysaccharides. Regression dependences were analyzed for each biosynthesis product, enabling to increase biomass accumulation in 1.3 times, the cell lipid content in 1.9 times (from 4.35 to 8.12 g/l) and exopolysaccharides — in 5.1 times (from 1.54 to 7.89 g/l).

The main trends of influence of the used environment components on the studied biotechnological indexes were determined. These results were confirmed experimentally.

Key words: biosurfactant, exopolysaccharides, media optimization, *Gordonia*, regression polynomial, regression analysis.