

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕКСТРАКЦІЇ ТРЕГАЛОЗОЛІПІДНИХ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН ШТАМУ *RHODOCOCCUS ERYTHROPOLIS* AU-1

Н.І. Корецька*, Г.Г. Мідяна, О.В. Карпенко

Відділення фізико-хімії горючих копалин ІнФОВ ім. Л.М. Литвиненка НАН України, Львів, Україна

*Corresponding author: natalya.koretska@gmail.com

Received 28 November 2018; Accepted 16 December 2018

Проблематика. Важливим завданням сучасної біотехнології є розроблення раціональних технологій мікробного синтезу поверхнево-активних речовин (біоПАР), зокрема підвищення ефективності методів їх виділення та очищення.

Мета. Визначення оптимальних екстрагентів для отримання поверхнево-активних трегалозоліпідів – метаболітів бактерій штаму *Rhodococcus erythropolis* Au-1.

Методика реалізації. Продуцент вирощували на живильному середовищі Гудвіна, джерело вуглецю – гексадекан. Трегалозоліпідні ПАР виділяли з постферментаційної культуральної рідини одноразовою екстракцією різними розчинниками з подальшим випарюванням екстракту у вакуумі. Використовували 13 розчинників різної природи, а саме: аліфатичні (гексан, н-октан) і ароматичні (бензол, толуол) вуглеводні, галогенопохідні вуглеводнів (1,2-дихлоретан, хлороформ, тетрахлорметан), спирти (т-бутанол, ізобутанол, пентанол-2), етери (діетиловий ефір) та естери (етилацетат, н-бутилацетат). За хімічною природою деякі з цих розчинників є неполярними (гексан, октан, бензол, толуол і тетрахлорметан), а решта – полярні. Кількість отриманих біоПАР визначали гравіметричним методом, розраховуючи масу, яка переходить із водної фази в 1 моль екстрагента. Оброблення експериментальних даних проводили методом лінійних багатопараметричних рівнянь.

Результати. Вивчено розподіл поверхнево-активних трегалозоліпідних ПАР штаму *R. erythropolis* Au-1 між водною фазою (культуральною рідиною) і розчинниками різної природи. Оброблення експериментальних даних методом багатопараметричних лінійних рівнянь дало змогу встановити залежність між фізико-хімічними характеристиками екстрагентів та кількістю вилучених із культуральної рідини біогенних ПАР. Визначено, що оптимальними екстрагентами для виділення трегалозоліпідних ПАР є розчинники з високою поляризуючою здатністю відносно молекул субстрата.

Висновки. На основі експериментальних і розрахункових даних проведено оптимізацію екстракції трегалозоліпідних ПАР – метаболітів штаму *R. erythropolis* Au-1. Встановлено, що біоПАР завдяки наявності в структурі молекул ОН-груп є полярними сполуками, тому краще екстрагуються розчинниками з підвищеною поляризуючою здатністю. Це підтверджено і експериментально, і за допомогою багатопараметричних рівнянь, які враховують специфічну та неспецифічну сольватацію, а також густину енергії когезії та мольний об'єм розчинників.

Ключові слова: біогенні поверхнево-активні речовини; трегалозоліпідні поверхнево-активні речовини; екстракція; лінійні багатопараметричні рівняння.

Вступ

Перспективи широкого застосування поверхнево-активних речовин природного походження (біоПАР, біосурфактанти) обумовлені їх цінними фізико-хімічними властивостями (зниження поверхневого натягу розчинів, емульгування, солюбілізація гідрофобних сполук, піноутворення, змочування поверхонь), які поєднуються з біодеградабельністю і низькою токсичністю цих речовин [1, 2]. Серед екологічно безпечних ПАР найперспективнішими є продукти мікробного синтезу, перевагами яких є висока ефективність, стійкість у широкому діа-

пазоні значень температури, рН, концентрацій солей, біологічна активність (вплив на метаболізм мікроорганізмів, проникність клітинних мембран, активність ферментів тощо), використання відновлюваної сировини для їх отримання [3]. При розробці технологій одержання біоПАР актуальною проблемою є пошук активних штамів-продуцентів та оптимізація їх біосинтезу. Проте навіть за наявності оптимізованих живильних середовищ та умов культивування продуцентів ПАР без ефективних способів їх виділення із постферментаційної культуральної рідини (КР) їх виробництво не буде економічно доцільним [4]. Виділення й

очищення біоПАР становить, як правило, до 60–80 % від загального обсягу витрат на їх виробництво [5], тому важливим завданням є розроблення раціональних методів їх екстракції, зокрема підбір оптимального органічного розчинника.

Відомо, що не встановлено однозначної залежності між екстрагуючою здатністю рідин та їх фізико-хімічними властивостями. Проте показано, що виходячи з принципу лінійності вільних енергій (ЛВЕ), дані з розчинності таких речовин, як фулерен [6], нітронафталін [7] тощо, можуть бути кількісно пов'язані з властивостями розчинників за допомогою лінійних багатопараметричних рівнянь [8]. Такі узагальнення дають змогу провести підбір оптимальних екстрагентів для різних речовин. Однак ці підходи вивчені тільки для індивідуальних сполук, а також застосовувалися для вугільних смол [9]. Для аналізу результатів екстракції речовин природного походження вони використовувалися мало [10, 11].

У Відділенні фізико-хімії горючих копалин ІнФОВ ім. Л.М. Литвиненка НАН України проводяться дослідження біотехнології мікробних ПАР, які продукуються родами *Pseudomonas*, *Rhodococcus*, *Gordonia* [12, 13]. Одним із перспективних продуцентів ПАР є штам *Rhodococcus erythropolis* Au-1, який синтезує як клітинно-зв'язані, так і позаклітинні трегалозоліпідні ПАР [13]. Отже, при виділенні біосурфактантів практичну цінність становить як біомаса, так і супернатант культуральної рідини (СКР) цього штаму. Для розроблення раціональної біотехнології отримання поверхнево-активних метаболітів *R. erythropolis* Au-1 необхідно розробити ефективний метод виділення продукту, зокрема підібрати оптимальні органічні розчинники для проведення екстракції.

У зв'язку з цим метою нашої роботи було проведення оптимізації екстракції трегалозоліпідних ПАР штаму *R. erythropolis* Au-1 за допомогою методу лінійних багатопараметричних рівнянь.

Матеріали і методи

Об'єктом досліджень були продукти біосинтезу штаму *Rhodococcus erythropolis* Au-1, основним компонентом яких є поверхнево-активні трегалозоліпідні. Культивування мікроорганізмів проводили в колбах Ерленмейєра (750 мл) з робочим об'ємом 150 мл на ротаційній качалці (220 об/хв) за температури

28–30 °С упродовж 5 діб на живильному середовищі такого складу (г/л): NaNO₃ – 3,0; дріжджовий екстракт – 1,0; K₂HPO₄ – 2,0; KH₂PO₄ – 2,0; MgSO₄×7H₂O – 0,5; цитрат натрію – 1,0 (рН 6,8–7,0) [14]. Як джерело вуглецю використовували гексадекан (2 %).

Виділення трегалозоліпідних ПАР штаму *R. erythropolis* Au-1 проводили з постферментаційної культуральної рідини (КР), до якої додавали 10 %-ний розчин HCl до рН 3,0. Для підбору оптимальних екстрагентів використовували 13 розчинників різної природи: гексан, н-октан, бензол, толуол, 1,2-дихлоретан, хлороформ, тетрахлорметан, т-бутанол, ізобутанол, пентанол-2, етилацетат, н-бутилацетат, діетиловий ефір. БіоПАР виділяли одноразовою екстракцією 25 мл культуральної рідини відповідним екстрагентом у кількості 25 мл при струшуванні протягом 2 хв із подальшим випарюванням екстракту у вакуумі (3 мм рт.ст.) до постійної маси. Кількість отриманих біоПАР визначали гравіметричним методом на лабораторних вагах AXIS AN 100.

За допомогою лінійних багатопараметричних рівнянь визначали оптимальні екстрагенти для виділення трегалозоліпідних ПАР. Розрахунок проводили за модифікованим рівнянням Коппеля–Пальма [15]. Адекватність отриманого рівняння перевіряли відповідно до критерію Фішера за ступеня достовірності $\alpha = 0,95$ і визначали значимість окремих його членів згідно з рекомендаціями Секції з кореляційного аналізу в хімії при IUPAC [16].

Результати

Для встановлення кількісного зв'язку між властивостями екстрагента і виходом трегалозоліпідних ПАР було проведено узагальнення отриманих експериментальних даних на основі принципу лінійності вільних енергій за допомогою модифікованого рівняння Коппеля–Пальма [15]:

$$\lg P = a_0 + a_1 f(n^2) + a_2 f(\epsilon) + a_3 B + a_4 E_T + a_5 \delta^2 + a_6 V_M, \quad (1)$$

де n – показник заломлення та ϵ – діелектрична проникність органічного розчинника, які визначають його поляризованість та полярність і, таким чином, характеризують здатність розчинника до неспецифічної сольватації. B – основність за Пальмом [15, 17] та E_T – електрофільність за Райхардтом [18] визначають здат-

ність розчинників до специфічної сольватації. Квадрат параметра розчинності Гільдебрандта δ , який пропорційний енергії когезії розчинника, та мольний об'єм розчинника V_m [8] характеризують структурні особливості екстрагента. Під час проведення розрахунків адекватність рівнянь перевіряли відповідно до критерію Фішера за ступеня достовірності $\alpha = 0,95$ і визначали значимість окремих його членів згідно з рекомендаціями Секції з кореляційного аналізу в хімії при IUPAC [16]. Відповідні характеристики розчинників брали з оглядів [19, 20]. Принцип ЛВЕ виходить із положень хімічної термодинаміки, розчинність екстрагованих речовин краще було б подати у мольних частках. Але враховуючи, що трегалозоліпідні ПАР – це складна суміш речовин із різною молекулярною масою, для розрахунків використовували значення маси біоПАР у грамах (P), які переходять із водної фази в 1 моль екстрагента (таблиця). Згідно з принципом ЛВЕ, між зміною P та змінами макропараметрів системи спостерігається логарифмічна залежність, тому дані таблиці логарифмувались і розрахунки проводили з використанням значень $\lg P$. У таблиці наведено отримані при екстракції кількості трегалозоліпідних ПАР, експериментальні та розраховані за рівнянням (2) значення логарифмів $\lg P$ та їх відхилень від експерименту – $\Delta \lg P$.

Обговорення

При виділенні трегалозоліпідних ПАР розчинниками різної природи показано, що найбільший вихід біосурфактантів отримано за екстракції ізобутанолом (4,9 г/л) та діетиловим

ефіром (4,4 г/л) (див. таблицю). За допомогою рівняння (1) обробляли результати експериментів, попередньо було проведено відповідні розрахунки параметрів P та $\lg P$.

Узагальнення даних таблиці для всіх 13 розчинників привело до рівняння з досить низьким коефіцієнтом множинної кореляції ($R = 0,7482$). Проте виключення із розрахунків даних для трьох розчинників, а саме гексану, н-бутилацетату і етилацетату, дає змогу отримати рівняння з вищим коефіцієнтом кореляції:

$$\begin{aligned} \lg P = & 2,8367 - (13,1373 \pm 1,2215)f(n^2) - \\ & - (7,1152 \pm 0,6173)f(\epsilon) + (0,0007 \pm 0,0002)B + \\ & + (0,0989 \pm 0,0149)E_T - (0,0014 \pm 0,0006)\delta^2 - \\ & - (0,0108 \pm 0,0010)V_m, \\ R = & 0,9877; s \pm 0,0328. \end{aligned}$$

Досить висока величина множинного коефіцієнта кореляції вказує на адекватність одержаного рівняння. Знаки при окремих членах рівняння свідчать, що тільки основність і електрофільність розчинника сприяють процесу переходу біоПАР в органічну фазу.

Згідно з [8] проведено перевірку значимості членів рівняння почерговим її виключенням з обчислень. Встановлено, що член, який відповідає квадрату параметра розчинності Гільдебрандта δ , є незначимим, тож після його виключення одержано п'ятипараметричне рівняння:

$$\begin{aligned} \lg P = & 3,6429 - (14,3265 \pm 1,4964)f(n^2) - \\ & - (6,2932 \pm 0,7001)f(\epsilon) + (0,0005 \pm 0,0002)B + \\ & + (0,0648 \pm 0,0091)E_T - (0,0105 \pm 0,0013)V_m, \\ R = & 0,9784; s \pm 0,0434. \end{aligned}$$

Таблиця: Експериментальні та розраховані кількості трегалозоліпідних поверхнево-активних речовин при екстракції різними розчинниками

Екстрагент	P , г/л	P , г/моль	$\lg P$		
			експеримент	розрахунок	Δ
Гексан*	$0,8656 \pm 0,0403$	0,1130	-0,9469	-0,0823	0,8646
н-Октан	$1,1448 \pm 0,0521$	0,1860	-0,7305	-0,6882	0,0423
Бензол	$2,0423 \pm 0,0985$	0,1820	-0,7399	-0,7149	0,0250
Толуол	$1,2312 \pm 0,0602$	0,1310	-0,8827	-0,9944	-0,1117
1,2-Дихлоретан	$1,2029 \pm 0,0598$	0,0950	-1,0223	-0,9662	0,0561
Хлороформ	$2,7081 \pm 0,1255$	0,2180	-0,6615	-0,6663	-0,0048
Тетрахлорметан	$2,0609 \pm 0,1125$	0,1990	-0,7011	-0,6451	0,0560
Ізобутанол	$4,8991 \pm 0,2145$	0,4530	-0,3439	-0,3656	-0,0217
т-Бутанол	$2,0638 \pm 0,1052$	0,2340	-0,6308	-0,5931	0,0377
Пентанол-2	$2,5573 \pm 0,1156$	0,1980	-0,7033	-0,7216	-0,0183
Етилацетат*	$1,7608 \pm 0,0801$	0,1720	-0,7645	-0,4967	0,2678
н-Бутилацетат*	$2,0938 \pm 0,0985$	0,2760	-0,5591	-0,9025	-0,3434
Діетиловий ефір	$4,3986 \pm 0,2005$	0,4570	-0,3401	-0,4008	-0,0607

Примітки. P – маса трегалозоліпідних ПАР; * – розчинники, які виключені з розрахунків.

Основність розчинників сприяє процесу переходу біоПАР в органічну фазу, але цей вплив є незначним, тому виключення з розрахунків члена, що характеризує зазначену вище властивість розчинників, приводить до чотирипараметричного рівняння з $R = 0,9652$; $s \pm 0,0549$:

$$\lg P = 4,1684 - (16,3173 \pm 1,5481)f(n^2) - 6,5706 \pm 0,8716)f(\epsilon) + (0,0707 \pm 0,0110)E_T - (0,0114 \pm 0,0015)V_M. \quad (2)$$

Як видно, множинний коефіцієнт кореляції знижується неістотно. Незначимість цих членів можна пояснити розривом відповідних асоціативних зв'язків.

Після подальшого виключення із розрахунків членів $f(\epsilon)$, E_T , V_M коефіцієнт кореляції одержаних рівнянь різко зменшується: $R = 0,70-0,79$. Ще більше впливає виключення поляризованості: R знижується до 0,2971, що підтверджує визначальний вплив на екстракцію неспецифічної сольватації.

Показано, що між обчисленими за рівнянням (2) та експериментальними значеннями $\lg P$ є лінійна залежність, більшість точок вкладається у коридор помилок $s \pm 0,0434$, значимі відхилення спостерігаються для толуолу (рисунок).

На основі експериментальних даних показано, що кращими екстрагентами для тре-

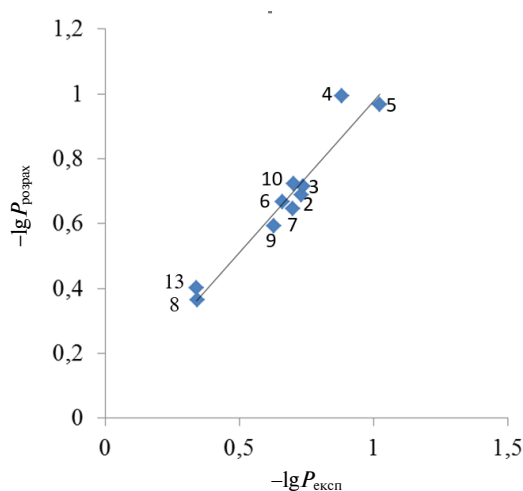


Рисунок: Залежність між обчисленими та експериментальними значеннями $\lg P$

галозоліпідних ПАР є розчинники, які проявляють високу поляризовуючу здатність, а саме ізобутанол, у молекулі якого є ОН-група, і діетиловий ефір (завдяки наявності неподіленої електронної пари кисню), незважаючи на відносно низьку молекулярну масу цих екстрагентів. Це повністю підтверджується розрахунками, адже збільшення мольного об'єму, за рівнянням (2), не впливає на перехід речовини в органічну фазу. Разом із тим можна передбачати, що найкращими розчинниками для екстрагування біоПАР були б третинні аміни за рахунок наявності неподіленої електронної пари, але через можливе екранування її радикалами це припущення потребує подальших експериментальних досліджень.

Таким чином, на основі експериментальних даних з екстракції трегалозоліпідних ПАР та їх оброблення за допомогою лінійних багатопараметричних рівнянь встановлено, що оптимальними екстрагентами є розчинники з високою поляризовуючою здатністю молекул субстрату.

Висновки

Вивчено розподіл поверхнево-активних трегалозоліпідних ПАР штаму *R. erythropolis* Au-1 між водною фазою і 13 розчинниками різної природи. Оброблення експериментальних даних методом багатопараметричних лінійних рівнянь дало змогу встановити залежність між фізико-хімічними характеристиками екстрагентів і кількістю вилучених із культуральної рідини біогенних ПАР. Встановлено, що оптимальними екстрагентами для трегалозоліпідних ПАР є розчинники з високою поляризовуючою здатністю.

Отже, на основі експериментальних і розрахункових даних проведено оптимізацію екстракції поверхнево-активних трегалозоліпідів – метаболітів штаму *R. erythropolis* Au-1.

Підвищення ефективності виділення мікробних ПАР дає можливість зменшити витрати на їх одержання, що є важливим лімітуючим фактором для впровадження трегалозоліпідних ПАР у промислове виробництво.

References

- [1] Mulligan CN, Sharma SK, Mudhoo A. Biosurfactants: Research trends & applications. Boca Raton: CRC Press, Taylor&Francis Group, 2014. 146 p.
- [2] Mir Sh, Jamal P, Alama MdZ, Mir AB, Ansari AH. Microbial surface tensio-active compounds: production and industrial application perspectives: a review. Int J Biotech Bioeng. 2017 Oct;3(9):273-92. DOI: 10.25141/2475-3432-2017-8.0273
- [3] Abdel-Mawgoud AM, Stephanopoulos G. Simple glycolipids of microbes: Chemistry, biological activity and metabolic engineering. Synth Syst Biotechnol. 2017 March;3(1):3-19, DOI: 10.1016/j.synbio.2017.12.001
- [4] Heyd M, Kohnert A, Tan TH, Nusser M, Kirschhöfer F, Brenner-Weiss G et al. Development and trends of biosurfactant analysis and purification using rhamnolipids as an example. Anal Bioanal Chem. 2008;391(5):1579-90. DOI: 10.1007/s00216-007-1828-4
- [5] Okoliegbe IN, Agarry O O. Application of microbial surfactants. Scholar J Biotechnol. 2012 April;1(1):15-23.
- [6] Makitra RG, Prystanskiy RE, Flunt RI. The influence of solvent properties on the solubility of fullerene C-60. Journal of General Chemistry. 2003;73(8):1299-304.
- [7] Hoover RR, Acree WE, Abraham BH. Correlation of the solubility behavior of crystalline 1-Nitronaphtalene in organic solvents with the Abraham solution parameter model. J Solut Chem. 2005;34(10):1121-32. DOI: 10.1007/s10953-005-7691-2
- [8] Makitra RG, Turovsky AA, Zaikov GE. Correlation analysis in chemistry of solutions. Utrecht; Boston: Ed. VSP; 2004. 320 p.
- [9] Bryck DV, Makitra RG, Palchikova EYa. Application of the regression analysis method to generalize data on solubility of pitch. Chemistry of solid fuel. 2006;6:26-36.
- [10] Karpenko OV, Pokynbroda TYa, Makitra RG. Optimal methods for the isolation of biogenic surface-active rhamnolipids. Journal of General Chemistry. 2009;79(12):2011-4.
- [11] Karpenko IV, Midyana GG, Karpenko OV, Makitra RG, Palchikova EYa. Isolation by extraction of biogenic surface-active rhamnolipids. Journal of General Chemistry. 2014;84(7):1172-5.
- [12] Kłosowska-Chomiczewska IE, Mędrzycka K, Hallmann E, Karpenko E, Pokynbroda T, Macierzanka A, et al. Rhamnolipid CMC prediction. J Colloid Interf Sci. 2017;488:10-9. DOI: 10.1016/j.jcis.2016.10.055
- [13] Koretska NI, Prystai MV, Karpenko OV. Rape phosphatide concentrate in the technologies of surfactants production by the Actinobacteria. Ukrainian food journal. 2014;3(3):429-36.
- [14] Donets AV, Koshelev VV, Behtereva MN. The qualitative composition and quantitative content of lipids in Mycobacteria. Microbiology. 1970;39(2):300-4.
- [15] Koppel IA, Palm VA. Parameters of total solvent activity. Reactivity of organic compounds. 1974;11(1):121-38.
- [16] Recommendations for reporting the results of correlation analysis in chemistry using regression analysis. Quant Struct Act Relat. 1985;4(1):29-39.
- [17] Koppel IA, Palm VA. The influence of the solvent on organic reactivity. In: Chapman NB, Shorter AJ, eds. Advances in linear free energy relationships. London, New York: Plenum Press; 1972. p. 203.
- [18] Reichardt Ch. Solvents and solvent effects in organic chemistry. Weinheim: Wiley VCH; 2003. 630 p.
- [19] Makitra RG, Pyrih YaN, Kyveluk RB. The most important characteristics of solvents used in the LFE equations. Dep VINITI Lviv. 1986;628-V86:33.
- [20] Abboud JLM, Notario R. Critical compilation of scales of solvent parameters. I. Pure, non-hydrogen bond donor solvents. J Appl Chem. 1999;71(4):645-718. DOI: 10.1351/pac199971040645

Н.И. Корецкая, Г.Г. Мидяна, Е.В. Карпенко

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭКСТРАКЦИИ ТРЕГАЛОЗОЛИПИДНЫХ ПОВЕРХНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ШТАММА *RHODOCOCCUS ERYTHROPOLIS* AU-1

Проблематика. Важной задачей современной биотехнологии является разработка рациональных технологий микробного синтеза поверхностно-активных веществ (биоПАВ), в частности повышение эффективности методов их выделения и очистки.

Цель. Определение оптимального экстрагента для получения поверхностно-активных трегалозолипидов – метаболитов бактерий штамма *R. erythropolis* Au-1.

Методика реализации. Бактерии выращивали на питательной среде Гудвина, источник углерода – гексадекан. Трегалозолипидные ПАВ выделяли из постферментационной культуральной жидкости путем одноразовой экстракции различными растворителями с последующим выпариванием в вакууме. Использовали 13 растворителей различной природы, а именно: алифатические (гексан, н-октан) и ароматические (бензол, толуол) углеводороды, галогенопроизводные углеводородов (1,2-дихлорэтан, хлороформ, тетрахлорметан), спирты (т-бутанол, изобутанол, пентанол-2), эфиры (диэтиловый эфир) и сложные эфиры (этилацетат, н-бутилацетат). По химической природе некоторые из этих растворителей являются неполярными (гексан, октан, бензол, толуол и тетрахлорметан), а остальные – полярными. Количество полученных биоПАВ определяли гравиметрическим методом, рассчитывая массу, которая переходит из водной фазы в 1 моль экстрагента. Обработку экспериментальных данных проводили методом линейных многопараметрических уравнений.

Результаты. Изучено распределение трегалозолипидных ПАВ штамма *R. erythropolis* Au-1 между водной фазой (культуральной жидкостью) и растворителями различной природы. Обработка экспериментальных данных методом многопараметрических линейных уравнений позволила установить зависимость между физико-химическими характеристиками экстрагентов и количеством извлеченных из культуральной жидкости биогенных ПАВ. Установлено, что оптимальными экстрагентами для выделения трегалозолипидных ПАВ являются растворители с высокой поляризующей способностью по отношению к молекулам субстрата.

Выводы. На основании экспериментальных и расчетных данных проведена оптимизация экстракции поверхностно-активных трегалозолипидных ПАВ – метаболитов штамма *R. erythropolis* Au-1. Установлено, что биоПАВ благодаря наличию в структуре молекул ОН-групп являются полярными соединениями, поэтому лучше экстрагируются растворителями с повышенной поляризующей способностью. Это подтверждается и экспериментально, и с помощью многопараметрических уравнений, учитывающих специфическую и неспецифическую сольватацию, а также плотность энергии когезии и мольный объем растворителей.

Ключевые слова: биогенные поверхностно-активные вещества; трегалозолипиды; экстракция; линейные многопараметрические уравнения.

.....
N.I. Koretska, H.H. Midyana, O.V. Karpenko

OPTIMIZATION OF TREHALOSE LYPIDS EXTRACTION – METABOLITES OF *RHODOCOCCUS ERYTHROPOLIS* AU-1

Background. An important task of modern biotechnology is the development of rational technologies for the microbial synthesis of microbial surfactants, in particular, the increasing of the effectiveness of methods for the isolation and purification of microbial surfactants.

Objective. The aim of the paper is to determine the optimal extracting agent for the surface-active trehalose lipids – metabolites of the *R. erythropolis* Au-1 strain.

Methods. Bacteria were grown on Goodwin's nutrient medium with hexadecane as the source of carbon. The trehalose lipids were isolated from the culture liquid via a single extraction with various solvents and followed by evaporation of the solvent in vacuum. 13 solvents of different nature were used, namely: aliphatic (hexane, n-octane) and aromatic (benzene, toluene) hydrocarbons, halogen derivatives of hydrocarbons (1,2-dichloroethane, chloroform, carbon tetrachloride), alcohols (t-butanol, isobutanol, pentanol-2), ethers (diethyl ether) and esters (ethyl acetate, n-butyl acetate). By chemical nature, some of these solvents are non-polar (hexane, octane, benzene, toluene, and carbon tetrachloride), and the rest are polar. The amounts of obtained biosurfactant were determined by the gravimetric method, calculating the mass of trehalose lipids which were transferred from the aqueous phase to 1 mole of extracting agent. The experimental data were processed by the method of linear multiparameter equations.

Results. The distribution of the surface-active trehalose lipids of the *R. erythropolis* Au-1 strain between the aqueous phase (culture liquid) and solvents of different nature was studied. Processing the experimental data by the method of linear multiparameter equations allowed establishing the relationship between the physicochemical characteristics of the extractants and the amount of biogenic surfactants which were transferred from the culture liquid. It was determined that the solvents with high polarizing ability to substrate molecules are the optimal extractants for the isolation of trehalose lipids.

Conclusions. Based on the experimental and calculated data, the extraction of the surface-active trehalose lipids – metabolites of the *R. erythropolis* Au-1 strain was optimized. The biosurfactants are polar compounds due to the presence of OH-group in the molecule structure. It is founded that the trehalose lipids are better extracted by solvents with higher polarizing ability. This is confirmed both experimentally and by the multiparameter equations.

Keywords: biosurfactants; trehalose lipids; extraction; linear multiparameter equations.