

УДК 579.22

**Н.В. Коротаєва, К.С. Потапенко, І.В. Страшнова,
І.П. Метеліцина, В.О. Іваниця**

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна,
тел.: +380633548218, e-mail: korotaeva.n@onu.edu.ua

СПЕКТРИ ЖИРНИХ КИСЛОТ АКТИНОБАКТЕРІЙ З БІОЛОГІЧНИХ ОБРОСТАНЬ ОДЕСЬКОЇ ЗАТОКИ ЧОРНОГО МОРЯ

Мета. Визначення жирнокислотного складу актинобактерій, ізолюваних з біологічних обростань Одеської затоки Чорного моря, та їх ідентифікація. **Методи.** Актинобактерії 31-го виділеного штаму вирощували у рідкому середовищі TSB за 28 °C та 150 об/хв упродовж 72 год. Метиллові ефіри жирних кислот досліджуваних штамів визначали згідно MIS Operating Manual на газовому хроматографі Agilent 7890, ідентифікацію проводили з використанням системи ідентифікації мікроорганізмів MIDI Sherlock. **Результати.** За допомогою хроматографічного аналізу жирних кислот встановлено, що з 31 досліджуваного штаму актинобактерій 27 ідентифіковано до роду *Streptomyces*, а 4 – до роду *Nocardiosis*. Встановлено, що у профілях досліджених актинобактерій роду *Nocardiosis* переважали жирні кислоти: 15:0 ANTEISO, 16:0 ISO, 17:0 ANTEISO, 18:1 CIS 9, а у бактерій роду *Streptomyces* – 14:0 ISO, 15:0 ANTEISO, 16:0 ISO, 17:0 ANTEISO. **Висновки.** Актинобактерії з біологічних обростань Одеської затоки відносяться до родів *Streptomyces* та *Nocardiosis*, а їх жирнокислотні профілі характеризуються перевагою ізомерів розгалужених насичених жирних кислот.

Ключові слова: жирнокислотні профілі, морські актинобактерії, *Streptomyces*, *Nocardiosis*

Морське середовище характеризується екстремальними умовами (високий тиск, висока солоність, зміни температури, обмежена доступність поживних речовин). Все це змушує морські організми адаптуватися до таких умов шляхом формування незвичайних для суходолу, отже, цікавих метаболічних шляхів [1, 2].

Морські актинобактерії відомі не тільки як джерела нових антибіотиків, а також метаболітів з протипухлинною активністю. Вони мають здатність до пригнічування утворення біоплівки стійкими до антибіотиків патогенами людини. Утворення біоплівки самими актинобактеріями сприяє розкладанню складних полімерів у навколишньому середовищі. Більшість морських актинобактерій є представниками видів роду *Streptomyces* і слугують багатим джерелом біологічно активних сполук, які широко досліджуються у всьому світі [1, 3, 4].

© Н.В. Коротаєва, К.С. Потапенко, І.В. Страшнова, І.П. Метеліцина, В.О. Іваниця, 2021



Аналіз жирнокислотного складу загальних клітинних ліпідів є важливою хемотаксономічною характеристикою, яка корелює з результатами ідентифікації за молекулярно-генетичними показниками [5, 6], та використовується для ідентифікації мікроорганізмів за допомогою бібліотек спектрів жирних кислот [7].

Актинобактерії за складом жирних кислот розділяють на два типи. До першого типу відносять види, у клітинах яких переважають жирні кислоти з розгалуженим ланцюгом, тоді як види другого типу демонструють значний відсоток насичених або мононенасичених жирних кислот з прямим ланцюгом [8].

Метою роботи було визначення складу жирних кислот актинобактерій, ізольованих з біологічних обростань Одеської затоки Чорного моря, та їх ідентифікація.

Матеріали і методи

Матеріалом дослідження слугували 31 штамп актинобактерій, які виділили у 2020 році з біологічних обростань поверхонь бетонних споруд, природного черепашника, пластика, металу та води Одеської затоки Чорного моря.

Визначення метилових ефірів жирних кислот досліджуваних штамів проводили згідно MIS Operating Manual [9]. Для цього актинобактерії вирощували у 20 мл рідкого середовища Tryptic Soy Broth (Biolife, Italia) за 28 ± 1 °C та 150 об/хв упродовж 72 год. Отриману рідку культуру пропускали через фільтри з розміром пор 0,45 мкм, близько 40 мг відділеної біомаси клітин переносили в скляні віали, оснащені кришками з тефлоновим покриттям для екстракції жирних кислот. Виділення та хроматографічне розділення жирних кислот здійснювали згідно стандартного протоколу. Лізис клітин та омилення ліпідів клітин мікроорганізмів здійснювали шляхом додавання одного мілілітра суміші 1,125 М розчину NaOH у метанолі при температурі 95–100 °C впродовж 30 хв. Подальше метилювання жирних кислот здійснювали додаванням кислого розчину (2 мл 6.0 N HCl у метанолі) при 80 °C впродовж 10 хв. Екстраговані метилові ефіри жирних кислот нейтралізували 0,3 М розчином NaOH [7].

Визначення жирнокислотного складу бактерій виконували методом хроматографії з використанням автоматичної системи ідентифікації мікроорганізмів MIDI Sherlock на базі газового хроматографа Agilent 7890 (Agilent Technologies, США), колонка капілярна ULTRA 2 (25 м x 0,2 мм x 0,33 мкм), детектор полум'яно-йонізаційний. Пробу (2 мкл) вводили в режимі split з коефіцієнтом 40:1, температура випаровувача 250 °C. Розділення проводили в режимі програмування температури – початкова температура 170 °C з наступним градієнтом 5 °C/хв до 270 °C. Вміст жирних кислот виражали у відсотках до загальної суми площ піків. Для ідентифікації досліджуваних штамів використовували бібліотеку Sherlock Microbial Identification System (MIDI Sherlock version 6.2, MIDI Library ACTIN 3.80) [9].

Статистичний аналіз жирнокислотних профілів проводився за допомогою програмного забезпечення MIDI Library Generation System (Microbial ID, Inc., Newark, Del.). Ця програма використовує двовимірний кластерний аналіз. Спорідненість виражається в евклідовій відстані (EDs), як відстань у двовимірному просторі [10].



Результати дослідження та їх обговорення

За допомогою бібліотеки MIDI Sherlock (ACTIN 3.80) штами актинобактерій з біологічних обростань поверхонь бетонних споруд, природного черепашника, пластика, металу та води було попередньо ідентифіковано з різними індексами подібності до роду *Streptomyces* та *Nocardiosis*. До роду *Streptomyces* віднесено 27 штамів, до роду *Nocardiosis* – 4 штами (табл. 1).

Хроматографічний аналіз показав, що жирнокислотний склад клітин досліджених штамів актинобактерій роду *Nocardiosis* містить ізомери насичених та ненасичених жирних кислот із загальною кількістю атомів вуглецю від 13 до 19 (табл. 2). У профілях досліджених штамів *Nocardiosis* переважали жирні кислоти: 12-метилтетрадеканова кислота (від 6,83% до 10,36%), 14-метилпентадеканова кислота (від 1,79% до 36,71%), 14-метилгексадеканова кислота (від 9,5% до 29,42%), 9Z-октадеценева кислота (від 12,17% до 16,39%).

Порівняно з іншими штамами відмінністю жирнокислотного профілю штаму *Nocardiosis* sp. conc 29 переважала кількість загального відсотка (24,93%) пентадеканової кислоти 15:0, тоді як у інших штамів вона склала 0,31%, або не виявлялася зовсім.

Також встановлено, що для актинобактерій роду *Nocardiosis* характерним є наявність вищих жирних кислот із загальною кількістю атомів вуглецю 18–19 (16-метилгептадеканова, (9Z)-октадеценева, октадеканова, 16-метилоктадеканова та нонадеканова кислота).

Grund and Kroppenstedt показали, що бактерії роду *Nocardiosis* характеризуються розгалуженими ізомерами насичених жирних кислот. Серед яких основними є 14-метилгептадеканова кислота (C16:0 iso) і 14-метилгексадеканова кислота (C17:0 anteiso). Також виявлено наявність у меншій кількості 10-метил розгалуженої туберкулостеаринової кислоти, тобто 10-метилоктадеканової кислоти (C18:0 10-methyl), та її попередника ненасиченої цис-9,10-октадецененової кислоти (C18:1 cis) [11,12]. Такі особливості бактерій роду *Nocardiosis* підтверджуються нашими дослідженнями.

Хроматографічний аналіз виявив, що жирнокислотний склад досліджених актинобактерій роду *Streptomyces* містить ізомери насичених та ненасичених жирних кислот із загальною кількістю атомів вуглецю від 10 до 17 (табл. 3).

Встановлено, що у спектрах жирних кислот бактерій роду *Streptomyces* переважали 12-метилтетрадеканова кислота (від 22,82% до 55,09), 14-метилпентадеканова кислота (4,77%–23,43%), 12-метилтридеканова кислота (0,39%–15,69%), 14-метилгексадеканова кислота (4,72%–17,4%), 13-метилтетрадеканова кислота (3,39%–17,46%).

Згідно з даними літератури профілі клітинних жирних кислот стрептоміцетів складаються переважно з 12–17 насичених жирних кислот з розгалуженим ланцюгом з ISO- та ANTEISO- положенням метильної групи. Метилкові розгалужені жирні кислоти є маркерами актиноміцетів [11, 13, 14]. Майже усі штами містили невеликий відсоток 17:0 суцлю, що є корисним маркером для ідентифікації роду *Streptomyces* [8].



Таблиця 1

Ідентифікація актинобактерій за допомогою бібліотеки MIDI Sherlock

Table 1

Identification of actinobacteria strains by the Sherlock MIDI library

Штам	Рід	Джерело виділення
conc 1	<i>Nocardiosis</i>	бетон
conc 3	<i>Streptomyces</i>	бетон
conc 5_1	<i>Streptomyces</i>	бетон
conc 6b	<i>Streptomyces</i>	бетон
conc 6s	<i>Streptomyces</i>	бетон
conc 9	<i>Streptomyces</i>	бетон
conc 11	<i>Streptomyces</i>	бетон
conc 13	<i>Streptomyces</i>	бетон
conc 15	<i>Streptomyces</i>	бетон
conc 16a	<i>Streptomyces</i>	бетон
conc 21	<i>Streptomyces</i>	бетон
conc 24	<i>Streptomyces</i>	бетон
conc 29	<i>Nocardiosis</i>	бетон
conc 32	<i>Streptomyces</i>	бетон
lim 2.2	<i>Streptomyces</i>	черепашник
lim 3.1	<i>Streptomyces</i>	черепашник
lim 3.2	<i>Streptomyces</i>	черепашник
lim 5.2	<i>Streptomyces</i>	черепашник
lim 6.1	<i>Streptomyces</i>	черепашник
lim 6.2	<i>Streptomyces</i>	черепашник
lim 7.1	<i>Nocardiosis</i>	черепашник
lim 7.2	<i>Streptomyces</i>	черепашник
lim 9.1	<i>Streptomyces</i>	черепашник
lim 9.2	<i>Streptomyces</i>	черепашник
lim 10	<i>Streptomyces</i>	черепашник
lim 12.1	<i>Streptomyces</i>	черепашник
lim 12.2	<i>Streptomyces</i>	черепашник
lim 12.3	<i>Streptomyces</i>	черепашник
met 2	<i>Nocardiosis</i>	метал
plast 1	<i>Streptomyces</i>	пластик
sea2	<i>Streptomyces</i>	морська вода



Таблиця 2

Склад жирних кислот актинобактерій роду *Nocardioopsis*

Table 2

Cellular fatty acid (%) composition of strains of *Nocardioopsis*

Жирна кислота	Штам			
	conc 1	conc29	met 2	Lim 7.1
13:0 ISO	0,13	0,24	-	0,13
13:0 ANTEISO	0,86	0,74	1,67	0,63
14:0 ISO	1,0	1,18	12,01	1,3
14:0	0,22	0,23	0,79	0,5
15:0 ISO	1,47	1,05	1,48	1,64
15:0 ANTEISO	10,36	7,08	6,83	9,14
15:0	0,31	24,93	-	-
16:0 ISO	19,2	1,79	36,71	15,61
16:1 CIS 9	2,71	2,38		1,45
16:0	3,46	2,38	1,69	2,26
17:1 ANTEISO C	-	3,78	-	1,22
17:0 ISO	2,31	1,73	1,8	3,1
17:0 ANTEISO	29,42	22,59	9,5	22,59
17:1 CIS 9	3,25	6,18		4,59
17:0	1,55	2,26	1,93	1,67
17:0 10METHYL	0,66	1,03		0,98
18:0 ISO	1,36	1,55	1,89	1,82
18:1 CIS 9	14,45	12,17	-	16,39
18:0	4,61	4,3	1,35	3,86
19:0 ANTEISO	0,41	0,4	-	-
19:0	-	-	-	0,23

На основі статистичного аналізу жирнокислотних профілів досліджених штамів актинобактерій роду *Streptomyces*, проведеного за допомогою програмного забезпечення MIDI Library Generation System, було збудовано дендрограму на основі евклідової відстані (рис. 1).

Статистичні відмінності у кількості 9-цис-гексадеценної кислоти у жирнокислотному профілі актинобактерій роду *Streptomyces* стали основою для виділення двох груп штамів. Для першої групи характерним є процентне відношення 16:1 CIS 9 від 0,61% до 2,82%, для другої – від 3,06% до 10,42%.

Кількісні відмінності у відсотковому відношенні 13-метилтетрадеканової кислоти обґрунтовують поділ штамів першої групи на дві підгрупи (А і Б) на евклідовій відстані 15. Для підгрупи А характерним є наявність 15:0 ISO від 10,61% до 17,46%, для підгрупи Б – від 3,39% до 7,75%.



Таблиця 3
Table 3Жирнокислотний склад (%) клітин штамів актинобактерій
The composition of cellular fatty acids (%) of strains of actinobacteria

Штам	Жирна кислота																		
	10:0 ISO	11:0 ANTEISO	12:0 ISO	13:0 ISO	13:0 ANTEISO	14:0 ISO	15:0 ISO	15:0 ANTEISO	15:0	16:1 ISO H	16:0 ISO	16:1 CIS 9	16:0	16:0 9 METHYL	17:1 ANTEISO C	17:0 ANTEISO	17:0 ISO	17:1 CIS 9	17:0 CYCLO
lim 2.2	-	0,28	0,63	0,66	1,16	10,84	8,97	38,74	2,07	3,14	14,03	4,0	5,22	-	1,65	5,53	1,16	0,35	-
lim 3.1	-	-	1,73	0,39	0,66	7,13	5,9	32,14	0,84	1,77	10,84	1,07	2,23	-	3,38	5,61	1,11	0,19	2,62
lim 3.2	0,5	-	-	0,11	0,35	2,82	5,8	55,09	1,91	0,92	8,7	1,99	3,77	1,06	2,75	9,78	1,17	0,49	1,23
lim 5.2	-	-	0,47	0,7	0,7	7,6	13,71	31,77	20,9	3,06	16,14	4,86	5,26	2,17	1,88	5,16	2,09	0,51	0,49
lim 6.1	0,09	0,11	0,39	0,33	0,76	3,6	7,67	34,07	2,11	2,83	12,08	5,37	6,49	3,01	5,54	10,61	-	2,34	0,17
lim 6.2	0,05	0,26	0,48	0,49	1,4	4,78	7,55	33,87	1,86	4,0	12,78	5,13	4,87	2,65	5,05	9,04	1,72	0,83	-
lim 7.2	-	-	-	-	0,13	2,91	6,46	48,54	1,64	1,14	9,91	0,96	3,01	2,02	4,14	9,31	1,43	0,43	3,35
lim 9.1	-	0,07	0,17	0,22	0,47	6,05	10,26	34,33	1,84	3,19	19,31	3,06	4,59	1,92	1,88	8,38	2,2	0,4	0,71
lim 9.2	0,14	0,3	0,62	0,3	0,79	8,12	9,96	28,54	2,33	7,28	19,87	3,71	2,76	2,32	2,62	5,2	1,47	0,54	0,97
lim 10	-	-	0,56	0,46	0,68	9,14	10,67	26	1,96	6,89	23,43	2,82	3,65	1,83	2,06	5,16	1,92	-	1,7
lim 12.1	-	-	-	-	-	5,43	7,75	43,8	1,43	1,69	15,18	1,65	3,19	2,1	3,83	6,55	1,38	0,52	3,15



Продовження таблиці

lim 12.2	-	-	0,11	0,1	0,33	3,08	6,58	35,01	1,07	1,13	19,71	1,12	4,02	2,08	3,45	13,59	2,86	0,42	2,3
lim 12.3	-	-	-	0,06	0,16	3,1	5,35	42,62	1,32	1,39	14,68	3,48	5,5	1,18	2,57	11,06	1,47	0,54	1,19
plast 1	1,28	-	-	0,06	0,14	2,88	3,39	48,58	0,91	0,71	10,87	1,69	3,83	1,5	3,62	12,73	1,23	0,52	2,96
sea2	-	0,2	0,62	0,7	1,16	10,92	7,93	39,5	2,07	3,14	15,07	4,0	5,22	-	1,65	5,61	1,18	0,43	-
conc 3	-	-	-	-	0,24	6,65	5,63	48,34	1,08	0,9	11,69	0,61	2,81	1,22	3,17	6,22	0,99	-	1,59
conc5_1	-	-	-	0,57	0,6	2,54	17,46	41,64	0,57	2,52	10,91	1,73	2,46	0,58	0,96	12,46	4,43	-	-
conc 6b	0,08	0,1	0,14	0,33	0,46	4,86	7,52	33,16	1,86	4,14	13,8	10,17	6,6	1,81	3,19	7,25	1,54	0,74	0,26
conc 6s	-	0,08	-	0,25	0,39	2,43	7,17	35,06	1,75	1,87	9,31	10,42	9,53	1,72	3,81	10,22	2,03	0,55	0,26
conc 9	-	-	-	0,29	0,39	0,39	15,11	34,28	0,76	1,31	9,83	2,38	3,79	2,25	3,51	17,4	6,39	-	-
conc 11	0,97	-	-	0,34	0,38	7,31	6,32	27,12	2,2	4,21	14,25	7,74	5,08	1,11	2,13	4,72	0,84	0,59	-
conc 13	0,24	-	-	0,16	0,27	4,87	7,58	24,23	1,5	6,28	13,47	7,63	3,67	2,39	4,3	6,79	1,11	0,44	-
conc 15	-	-	-	0,48	0,43	5,44	12,22	33,67	2,47	2,24	11,86	6,4	9,26	2,02	1,7	6,12	2,26	0,53	0,85
conc16a	0,11	0,59	0,18	0,44	1,53	2,05	8,58	48,89	1,67	0,96	4,77	5,54	6,25	1,99	3,56	8,71	2,11	0,61	0,2
conc 21	0,74	-	-	0,14	0,32	8,59	4,37	30,3	1,71	6,03	14,43	4,7	4,05	1,32	3,81	6,45	0,64	0,48	2,04
conc 24	0,15	-	0,35	0,24	0,38	15,69	6,03	29,7	1,77	2,76	19,76	40,3	7,04	0,96	1,74	4,87	1,53	0,43	1,11
conc 32	1,94	-	-	0,16	0,34	10,66	4,61	25,82	1,59	5,17	16,28	4,24	4,01	1,07	2,84	5,95	0,78	0,39	1,15



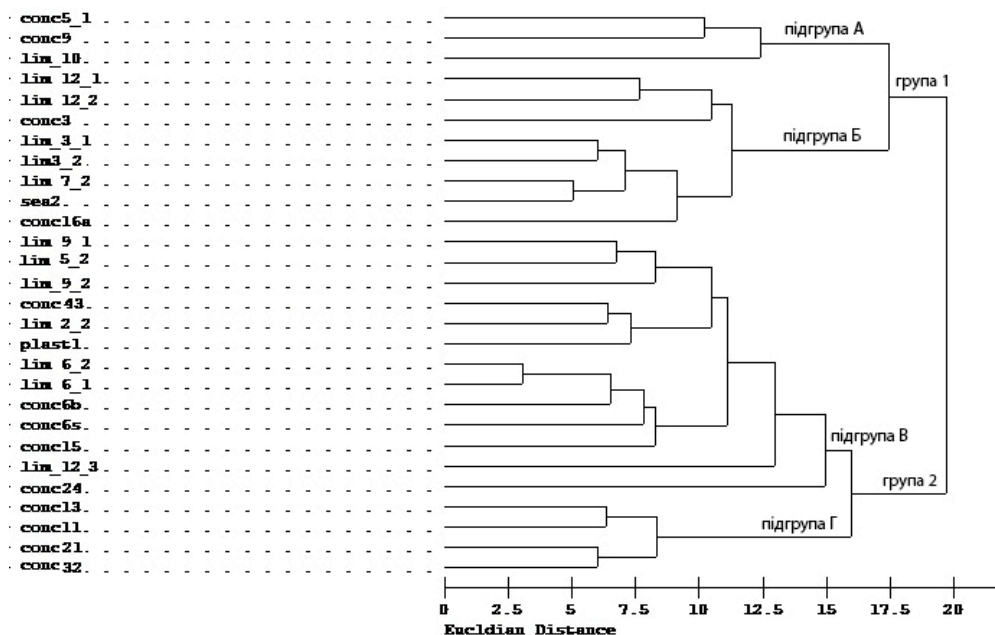


Рис. 1. Дендрограма на основі аналізу жирних кислот актинобактерій

Fig. 1. Dendrograma based on fatty acid analysis of actynobacteria

Для другої групи також має місце поділ на дві підгрупи (В і Г) на евклідовій відстані 17,5, але за іншими ознаками. У штамів підгрупи В відсоткове відношення 14-метилгексадеканової кислоти становить від 0,96% до 4%, а 15-метилпентадеканової кислоти – від 1,16% до 2,26%. Для підгрупи Г відсоткове відношення для 16:1 ISO складає від 4,21%–6,28%, а для 17:0 ISO – від 0,64% до 1%.

Таким чином, за допомогою хроматографічного аналізу жирних кислот 28 досліджуваних штамів актинобактерій ідентифіковано до роду *Streptomyces*, а 4 штами до роду *Nocardopsis*. Жирнокислотні профілі обох родів характеризуються наявністю ізомерів розгалужених насичених жирних кислот.

**N.V. Korotaeva, K.S. Potapenko, I.V. Strashnova,
I.P. Metelitsyna, V.O. Ivanytsia**

Odesa National I.I. Mechnykov University,
2, Dvorianska str., Odesa, 65082, Ukraine,
e-mail: korotaeva.n@onu.edu.ua

THE COMPOSITION OF CELLULAR FATTY ACIDS OF ACTINOBACTERIA FROM THE SURFACES OF BIOLOGICAL GROWTH OF THE ODESA GULF OF THE BLACK SEA

Summary

Aim. Determination of fatty acid composition of actinobacteria isolated from the surfaces of biological growth of the Odesa gulf of the Black Sea, and their identification. **Methods.** The 31 isolated strains of actinobacteria were grown in TSB at 28 °C and 150 rpm for 72 hours. Fatty acid methyl esters of the studied strains were determined according to the MIS Operating Manual on a gas chromatograph Agilent 7890, identification was performed using the identification system of microorganisms MIDI Sherlock. **Results.** Using chromatographic analysis of fatty acids, it was found that of the 27 studied strains of actinobacteria were identified to the genus *Streptomyces*, and the 4 strains - to the genus *Nocardiopsis*. It was found that the fatty acid profiles of the studied actinobacteria of the genus *Nocardiopsis* were dominated by fatty acids: 15:0 ANTEISO, 16:0 ISO, 17:0 ANTEISO, 18:1 CIS 9, and the fatty acid profiles of bacteria of the genus *Streptomyces* - 14:0 ISO, 15:0 ANTEISO, 16:0 ISO, 17:0 ANTEISO. **Conclusions.** Actinobacteria the surfaces of biological growth of the Odesa gulf of the Black Sea belong to the genera *Streptomyces* and *Nocardiopsis*, and their fatty acid profiles are characterized by the dominance of isomers of branched saturated fatty acids.

Key words: fatty acid profiles, marine actinobacteria, *Streptomyces*, *Nocardiopsis*

**Н.В. Коротаева, К.С. Потапенко, І.В. Страшнова,
І.П. Метелицына, В.А. Іваниця**

Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова,
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина,
e-mail: korotaeva.n@onu.edu.ua

СПЕКТРЫ ЖИРНЫХ КИСЛОТ АКТИНОБАКТЕРИЙ ИЗ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАСТАНИЙ ОДЕССКОГО ЗАЛИВА ЧЕРНОГО МОРЯ

Реферат

Цель. Определение жирнокислотного состава актинобактерий, изолированных из биологических обрастаний Одесского залива Черного моря, и их идентификация. **Методы.** Актинобактерии 31 выделенного штамма выращивали в жидкой среде TSB при 28 °C и 150 об/мин в течение 72 часов. Метилловые эфиры жирных кислот исследуемых штаммов определяли согласно MIS Operating Manual на газовом хроматографе Agilent 7890, иден-



тифікацію проводили з використанням системи ідентифікації мікроорганізмів MIDI Sherlock. **Результати.** С допомогою хроматографічного аналізу жирних кислот встановлено, що з 31 досліджуваного штамма актинобактерій 27 ідентифіковано як род *Streptomyces*, а 4 – як род *Nocardiosis*. Встановлено, що в профілях досліджуваних актинобактерій роду *Nocardiosis* преобладали жирні кислоти: 15:0 ANTEISO, 16:0 ISO, 17:0 ANTEISO, 18:1 CIS 9, а бактерій роду *Streptomyces* – 14:0 ISO, 15:0 ANTEISO, 16:0 ISO, 17:0 ANTEISO. **Висновки.** Актинобактерії з біологічних обрастаній Одеського заливa належать до родів *Streptomyces* і *Nocardiosis*, а їх жирнокислотні профілі характеризуються переважанням ізомерів розгалужених насичених жирних кислот.

Ключеві слова: жирнокислотні профілі, морські актинобактерії, *Streptomyces*, *Nocardiosis*

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Tangerina M.M.P., Furtado L.C., Leite V.M.B., Bauermeister A., Velasco-Alzate K., Jimenez P.C. et al.* Metabolomic study of marine *Streptomyces* sp.: Secondary metabolites and the production of potential anticancer compounds // *PLoS One*. – 2020. – 15(12) . – e0244385.
2. *Wang C., Du W., Lu H., Lan J., Liang K., Cao S.* A Review: Halogenated Compounds from Marine Actinomycetes // *Molecules*. – 2021. – Vol. 26(9). – 2754 p.
3. *Jagannathan S.V., Manemann E.M., Rowe S.E. et al.* Marine Actinomycetes, New Sources of Biotechnological Products // *Marine Drugs*. – 2021. – V. 19. – 365 p.
4. *Subramani R., Aalbersberg W.* Marine actinomycetes: An ongoing source of novel bioactive metabolites // *Microbiological Research*. – 2012. – V. 167 – P. 571–580.
5. *Vasyurenko Z.P., Frolov A.F.* Fatty Acid composition of bacteria as a chemotaxonomic criterion // *J. Hyg. Epidemiol. Microbiol. Immunol.* – 1986. – 30(3) . – P. 287–293.
6. *Welch D. F.* Applications of cellular fatty acid analysis // *Clin. Micro-biol. Rev.* – 1991. – 4. – P. 422–438.
7. *Sasser M.* Identification of bacteria by gas chromatography of cellular fatty acids // *MIDI Technical Note*. – 1990. – 101. – 242 p.
8. *McNabb A., Shuttleworth R., Behme R., Colby W.D.* Fatty acid characterization of rapidly growing pathogenic aerobic actinomycetes as a means of identification // *Journal of Clinical Microbiology*. – 1997. – 35(6) . – P. 1361–1368.
9. *MIS Operating Manual*. – Ver 6.2. – Newark, Del. – 2012. – 149 p.
10. *Analysis User's Manual* . – Ver 6.0. – Newark, Del. – 2005. – 50 p.
11. *Kroppenstedt R.M.*, Fatty acid and menaquinone analysis of actinomycetes and related organisms. *Chemical Methods in Bacterial Systematics*. – London: Academic Press, 1985. – P. 173–199.
12. *Hozzein W.N., Trujillo M.E.* In *Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria. Nocardiosis*. – Springer, 2005.
13. *Bossio D.A., Fleck J.A., Scow K.M., Fujii R.* Alteration of soil microbial com-



munities and water quality in restored wetlands // Soil Biol. Biochem. – 2006. – 38. – P. 1223–1233

14. Terahara T., Naemura T., Nampo Y., Kobayashi T., Imada C., Hamada M., Tamura T. *Streptomyces otsuchiensis* sp. nov., a biosurfactant-producing actinobacterium isolated from marine sediment. // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. – 2019. – 69 (12).

REFERENCES

1. Tangerina MMP, Furtado LC, Leite VMB, Bauermeister A, Velasco-Alzate K, Jimenez PC et al. Metabolomic study of marine *Streptomyces* sp.: Secondary metabolites and the production of potential anticancer compounds. PLoS One. 2020; 15(12): e0244385. doi: 10.1371/journal.pone.0244385.
2. Wang C, Du W, Lu H, Lan J, Liang K, Cao S. Halogenated Compounds from Marine Actinomycetes. Molecules. 2021; 26(9):2754. doi: 10.3390/molecules26092754
3. Subramani R, Aalbersberg W. Marine actinomycetes: An ongoing source of novel bioactive metabolites. Microbiological Research. 2012; 167: 571 – 580.
4. Jagannathan SV, Manemann EM, Rowe SE et al. Marine Actinomycetes, New Sources of Biotechnological Products. Marine Drugs. 2021; 19: 365 p.
5. Vasyurenko ZP, Frolov AF. Fatty Acid composition of bacteria as a chemotaxonomic criterion. J. Hyg. Epidemiol. Microbiol. Immunol. 1986; 30(3): 287-293.
6. Welch D F. Applications of cellular fatty acid analysis. Clin. Microbiol. Rev. 1991; 4: 422–438.
7. Sasser M. Identification of bacteria by gas chromatography of cellular fatty acids. MIDI Technical Note. 1990; 101: 242.
8. McNabb A, Shuttleworth R, Behme R, Colby WD. Fatty acid characterization of rapidly growing pathogenic aerobic actinomycetes as a means of identification. Journal of Clinical Microbiology. 1997; 35(6): 1361-1368.
9. MIS Operating Manual. Ver 6.2. Newark, Del. 2012: 149.
10. Analysis User's Manual . Ver 6.0. Newark, Del. 2005: 50.
11. Kroppenstedt R.M. Fatty acid and menaquinone analysis of actinomycetes and related organisms. Chemical Methods in Bacterial Systematics / Eds. Goodfellow, M., Minnikin, D.E. London: Academic Press, 1985: 173–199.
12. Hozzein WN, Trujillo ME. *Nocardiosis*. In Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria / Eds Trujillo ME, Dedysh S, DeVos P, Hedlund B, Kämpfer P, Rainey and FA, Whitman WB, 2015. doi:10.1002/9781118960608.gbm00195
13. Bossio DA, Fleck JA, Scow KM, Fujii R. Alteration of soil microbial communities and water quality in restored wetlands. Soil. Biol. Biochem. 2006; 38: 1223–33.
14. Terahara T, Naemura T, Nampo Y, Kobayashi T, Imada C, Hamada M, Tamura T. *Streptomyces otsuchiensis* sp. nov., a biosurfactant-producing actinobacterium isolated from marine sediment. INTER. J. of Systematic and Evolutionary Microbiol. 2019; 69 (12). doi: 10.1099/ijsem.0.003638.

Стаття надійшла до редакції 23.11.2021 р..

