

БІОІНФОРМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ БІЛКІВ БІОМІНЕРАЛІЗАЦІЇ БІОГЕННИХ МАГНІТНИХ НАНОЧАСТИНОК У ПРОБІОТИКІВ

Мізюрко Л.А., Горобець С.В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, liliamizyrko29.01@gmail.com

Магнітні наночастинки (МНЧ) широко використовуються в медицині для адресної доставки ліків і їх контрольованого вивільнення, в тканинній інженерії і регенеративній медицині, для детектування антитіл і ранньої діагностики хвороб, магнітної гіпертермії злоякісних пухлин тощо [1].

Отримати МНЧ можна хімічними, фізичними або біологічними (зеленими) методами. Підходи до зеленого синтезу забезпечують стійкий, економічний і менш жорсткий метод синтезу наночастинок порівняно з хімічними або фізичними методами. Крім того, біологічний синтез забезпечує контроль над розміром і формою для необхідних застосувань. Такі організми, як бактерії, гриби, дріжджі, віруси та водорості, досліджуються як відновники або стабілізуючі агенти для синтезу наночастинок металів, таких як золото, срібло, мідь, кадмій, платина, паладій, титан, цинк, залізовмісні сполуки тощо [2]. Серед бактерій для біологічного синтезу наночастинок металів найбільш широко використовуються магнітотаксисні бактерії (МТБ), так як вони синтезують магнітокеровані магнітосоми, які без додаткової модифікації можна використовувати в системах векторної доставки ліків [3]. МТБ зустрічаються в різних філогенетичних лініях бактерій та незважаючи на повсюдне поширення та велику різноманітність, вирощування МТБ у лабораторіях є складним процесом. Проблеми виникають внаслідок способу життя, який адаптований до хімічно специфічних водних середовищ існування, які важко імітувати в лабораторних умовах. Оскільки не достатньо вивчені умови селективного росту для вирощування МТБ, ефективного відділення магнітотаксисних клітин від немагнітних забруднень, яке є вирішальним для їх ізоляції. На даний час в чистій культурі було виділено лише кілька штамів МТБ, і більшість ізолятів погано характеризуються з точки зору умов росту та фізіології. Також МТБ здебільшого є патогенними для людини.

МНЧ можна отримувати за допомогою мікроорганізмів, зокрема пробіотиків. Пробіотичні мікроорганізми є безпечними для людини, тому з ними можна працювати без спеціальних умов. Для виявлення потенційних продуцентів МНЧ серед пробіотичних мікроорганізмів було використано програму «BLAST» аналогічно роботі [4]. Для порівняння обиралися білки групи Mam (MamA, MamB, MamM, MamO, MamE, MamK) бактерії *Magnetospirillum gryphiswaldense MSR-1*, для якої генетичний процес біомінералізації БМН вивчено найбільш докладно. Для оцінки гомології порівнювались параметри: E-value – статистична значимість вирівнювання ($E \leq 0.05$ – послідовності гомологічні); Ident – кількість ідентичних амінокислотних залишків порівнюваних білків (значення від 24 до 45% вказує на можливу гомологію); Length – довжина вирівнювання (має бути довше за 100); функції білків

біомінералізації БМН у магнітотаксисної бактерії *Magnetospirillum gryphiswaldense* MSR-1 та представників пробіотиків.

Результати вирівнювання представлені в таблиці 1. Згідно отриманих результатів досліджені пробіотичні мікроорганізми є потенційними продуцентами МНЧ. Оскільки згідно дослідження параметри мають значення: E-число від 10^{-10} до 0,05, Ident (I) – від 24% до 45%, Length більше 100, функції білків подібні.

Таблиця 1 – Результати вирівнювання пробіотичних мікроорганізмів.

Штам мікроорганізму	Повно та генному	E-число, Identity (%), Length					
		Білки <i>Magnetospirillum gryphiswaldense</i> MSR-1					
		MamA	MamB	MamM	MamO	MamE	MamK
<i>Lactobacillus. casei</i> <i>ssp. casei</i> CCM 7088	повний	1.1	5e-15	2e-18	2e-04	3e-23	2e-11
		24.59%	25.4%	27.2%	26.7%	39.7%	28.1%
		879	314	314	442	442	329
<i>Bacillus licheniformis</i> DSM 13	повний	2e-07	3e-30	5e-31	1e-04	1e-28	1e-11
		26.2%	28.3%	29.2%	25.6%	39.8%	25.5%
		216	290	290	456	456	336
<i>Lactobacillus rhamnosus</i> ATCC 15820	повний	1.7	2e-15	8e-19	8e-04	1e-21	3e-11
		27.78%	25.4%	26.8%	25.5%	38.3%	26.6%
		721	314	314	444	444	329
<i>Bacillus subtilis</i> 168	повний	1e-07	1e-46	1e-32	4e-05	8e-27	8e-12
		25.8%	33.8%	29.7%	21.7%	38.6%	25.2%
		423	297	290	400	449	337
<i>Escherichia coli</i> k12	повний	0.003	6e-19	1e-12	7e-12	3e-36	8e-05
		24.8%	28.9%	22.9%	28.9%	39.7%	24.5%
		1266	307	300	456	245	367
<i>Lactobacillus acidophilus</i> DSM 20079 = JCM 1132	повний	0.002	1e-08	6e-09	5e-07	5e-24	3e-13
		26.2%	22.8%	23.1%	24.4%	39.4%	26.7%
		210	299	299	412	412	334
<i>Saccharomyces boulardii</i> CNCM I-745	повний	2e-07	3e-15	7e-14	1.4	0.76	2e-04
		18.3%	26.2%	26.4%	21.5%	32.7%	21.6%
		746	484	484	590	523	375

Список використаної літератури:

1. Veiseh O., Gunn J.W., Zhang M. Design and Fabrication of Magnetic Nanoparticles for Targeted Drug Delivery and Imaging // Adv. Drug Deliv. Rev. 2010. Vol. 62. P. 284.
2. Senapati S, Mandal D, Ahmad A, Khan MI, Sastry M, Kumar R (2004) Fungus mediated synthesis of silver nanoparticles: a novel biological approach. Indian J Phys 78A:101–105
3. Kuzajewska D. et al. Magnetotactic Bacteria and Magnetosomes as Smart Drug Delivery Systems: A New Weapon on the Battlefield with Cancer? Biology (2020)
4. Gorobets O. Yu. Dekker Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology, 3rd ed. Taylor & Francis, 2014, pp. 300–306.