

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Полтавський державний аграрний університет
L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, Astana
MICRO TRACERS Inc. San Francisco, USA
University of Delaware College of Agriculture and
Natural Resources, Newark, Delaware, USA
Institute of Soil Science and Plant Cultivation - State Research
Institute, Puławy, Poland
University of West of England UWE, Bristol, UK
Nicolaus Copernicus University, Torun, Poland
Universita ` del Piemonte Orientale, Novara, Italy



VIII МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЯ

**«ХІМІЯ, БІОТЕХНОЛОГІЯ, ЕКОЛОГІЯ
ТА ОСВІТА»**

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

15-16 травня 2024 року



Список використаних джерел:

1. Ведь М.В. Каталітичні та захисні покриття сплавами і складними оксидами: електрохімічний синтез, прогнозування властивостей [Текст]: Монографія / М.В. Ведь, М.Д. Сахненко. – Харків: НТУ «ХПІ», 2010. – 272 с.
2. Establishing Relationships between Bath Chemistry, Electrodeposition and Microstructure of Co–W Alloy Coatings Produced from a Gluconate Bath / D. P. Weston, S. J. Harris, P. H. Shipway, N. J. Weston, G. N. Yap // *Electrochimica Acta*. – 2010. – V. 55(20) – P. 5695–5708.
3. Plyasunova N.V. Critical evaluation of thermodynamics of complex formation of metal ions in aqueous solutions. V. hydrolysis and hydroxo-complexes of Co^{2+} at 298.15 K / N.V. Plyasunova, Yu. Zhang, M. Muhammed // *Hydrometallurgy*. – 1998. – Vol. 48. – No.2. – P. 153–169.
4. Studies on the hydrolytic behavior of zirconium(IV) / [C. Ekberg, G. Kallvenius, Y. Albinsson, P. Brown] // *Journal of Solution Chemistry*. – 2004. – V. 33.– № 1. — P. 47–79.
5. Thermodynamic Stability of Zirconium (IV) Complexes with Hydroxy loins / [Veyland A., Dupont L., Pierrard J.-C., Rimbault J. , Aplincourt M.] // *European Journal of Inorganic Chemistry*. –1998.–Vol. 11.– P. 1765–1770.

БІОТЕХНОЛОГІЇ СИНТЕЗУ НАНОЧАСТИНОК МЕТАЛІВ ТА НЕМЕТАЛІВ ЗА УЧАСТІ ВОДОРОСТЕЙ

Цехмістренко С.І., Бітюцький В.С., Мельниченко Ю.О. (м. Біла Церква)

Токарчук Т.С. (м. Кам'янець-Подільський)

Нині спостерігається стрімке зростання кількості наукових досліджень у галузі нанотехнологій, зокрема, синтезу наночастинок. Наночастинки мають діаметр від 1 до 100 нм і використовуються в різних галузях. Наночастинки зацікавили дослідників завдяки своїй великій поверхні – об'ємне співвідношення та їх здатність ефективно взаємодіяти з іншими частинками. Для виробництва наночастинок можна використовувати кілька різних методів, включаючи хімічні, фізичні та біологічні [1]. З усіх методів біологічний метод вважається найчистішим і безпечним, оскільки в процесі не використовуються токсичні хімікати. Біологічний метод передбачає використання для синтезу бактерій, грибів, водоростей, рослинних екстрактів. Оскільки нанотехнології поширюються на кілька комерційних сфер, існує потреба в екологічно чистих та енергоефективних методах їх синтезу [2].

Останнім часом «зелена» тенденція синтезу біогенних наночастинок (НЧ) є стійкою, безпечною, екологічно чистою та відносно недорогою заміною консервативних способів їх виготовлення. За такого синтезу демонструються такі важливі властивості, як відсутність отруйних хімічних сполук, які використовуються у якості стабілізаторів або відновників, відсутність токсичних виходів, що утворюються в процесі, знижене споживання енергії, дешевизна і висока масштабованість. Це робить методи зеленого синтезу більш привабливими, ніж інші традиційні методи [3].

Природа діє як велика «біолабораторія», котра об'єднує застосування рослин, водоростей, грибів, дріжджів тощо, які складаються з біомолекул. Було виявлено, що водорості відновлюють іони металів, а згодом і біосинтез наночастинок. Водорості є широко поширеними організмами, доступними у великій кількості. Вони об'єднують різні групи організмів – від одноклітинних та багатоклітинних. Водорості, здебільшого, є автотрофами. Додатковою перевагою водоростей є можливість їх вирощування в лабораторних умовах. Ці організми можуть допомогти у великомасштабному виробництві наночастинок за низьких витрат. Біотехнології синтезу наночастинок за участі водоростей розвивають ключову роль у створенні екологічно чистих та ефективних методів виробництва наноматеріалів. Водорості, як біологічні «нанофабрики», демонструють здатність акумулювати метали та відновлювати металеві іони, що робить їх перспективними для біосинтезу наночастинок.

Водорості різних класів, зокрема, *Cyanophyceae*, *Chlorophyceae*, *Phaeophyceae*, *Rhodophyceae* застосовують для екологічно чистого, економічного та енергоефективного методу біосинтезу наночастинок.

Виявлено, що природні біомолекули, які містяться у водоростях, відіграють активну роль у формуванні наночастинок із різними формами та розмірами. Використання водоростей і відходів (агровідходів у присутності

біомолекул) не тільки знижує вартість синтезу, але й мінімізує потребу у використанні небезпечних хімічних речовин і стимулює «зелений» синтез.

Водорості є поновлюваним джерелом, тому їх можна ефективно досліджувати та використовувати в біонанотехнологічному «зеленому» синтезі наночастинок. Використання живих та висушених біомас водоростей, таких як *Plectonema boryanum*, *Anabaena flos-aquae*, *Calothrix pulvinate*, *Lyngbya majuscula*, *Chlorella vulgaris*, *Spirulina platensis*, *Sargassum wightii* та *Kappaphycus alvarezii*, сприяє синтезу наночастинок золота, срібла, платини тощо.

Біосинтез наночастинок може відбуватися як у клітинах, так і поза ними, з подальшим вивільненням у культуральне середовище, що полегшує їх виділення.

Внутрішньоклітинний та позаклітинний синтез наночастинок з використанням водоростей є новою галуззю досліджень. Водорості сприяють швидкому, екологічно чистому та біосумісному внутрішньоклітинному синтезу наночастинок срібла, при цьому *Desmodesmus sp.* відновлює іони срібла без утворення агрегатів [4]. Різноманітні водорості, включаючи бурі, червоні, синьо-зелені, а також мікро- та макроводорості, використовуються як для внутрішньоклітинного, так і для позаклітинного біосинтезу металічних, оксидних та біметалічних наночастинок із застосуванням у біомедичних галузях [5, 6].

Здатність водоростей накопичувати метали та відновлювати іони металів робить їх найкращим претендентом на біосинтез наночастинок, тому їх називають біонанофабриками, оскільки для синтезу металевих наночастинок використовується як жива, так і мертва висушена біомаса. Мікроводорості, що становлять значну частину біорізноманіття планети, зазвичай є одноклітинними колонієутворюючими або ниткоподібними фотосинтезуючими мікроорганізмами. Цілі клітини *Plectonema boryanum* (нитчатих ціанобактерій)

виявилися ефективними у сприянні виробленню наночастинок Au, Ag і Pt. Штами ціанобактерій *Anabaena flos-aquae* та *Calothrix pulvinate* використовували для реалізації біосинтезу наночастинок Au, Ag та Pt. Після синтезу в клітинах наночастинок потрапляють у культуральне середовище, де вони утворюють стабільні колоїди, що полегшує їх відновлення. Повідомлялося, що *Lyngbya majuscula* і *Chlorella vulgaris* використовуються як економічно ефективний метод для синтезу наночастинок Ag. Встановлено, що висушені їстівні водорості (*Spirulina platensis*) використовується для позаклітинного синтезу біметалічних наночастинок Au, Ag і Au/Ag. Зазначається про синтез позаклітинних металевих біонаночастинок за участі *Sargassum wightii* та *Kappaphycus alvarezii*. Також повідомлялося про біовідновлення Au(III)-Au(0) з використанням біомаси бурих водоростей *Fucus vesiculosus* та біосинтез наночастинок Au з використанням біомаси червоних водоростей (*Chondrus crispus*) і зелених водоростей (*Spyrogira insignis*).

Водорості, порівняно із іншим біоматеріалом, зручно обробляти, вони менш токсичні та менш шкідливі для навколишнього середовища. Синтез можна проводити за температури і тиску навколишнього середовища, у простих водних середовищах при нормальному значенні рН.

Біосинтезовані водоростями наночастинок можуть використовуватися у численних біомедичних практиках, які включають онкопротекторну, антибактеріальну, протигрибкову, біоремедіаційну та біосенсорну дії. Так, мікрохвильовий позаклітинний синтез з використанням екстрактів макроводоростей був розроблений для виробництва наночастинок оксиду срібла та цинку, які виявляють протиракову активність щодо ракових клітинних ліній людини [7]. Повідомлялося про внутрішньоклітинний синтез наночастинок золота з використанням *Tetraselmis kochinensis* та *Laminaria japonica*, з потенційним застосуванням у доставці ліків та біомедичних застосуваннях [8, 9]. Водорості *Cyanophyceae*, *Chlorophyceae*, *Phaeophyceae* та

Rhodophyceae були використані для зеленого синтезу наночастинок золота та срібла з антимікробними властивостями, які можуть замінити звичайні антибіотики [10]. Зелені водорості *Chlorella sorokiniana* використовуються як для внутрішньоклітинного, так і для позаклітинного синтезу наночастинок золота, проявляючи значну протигрибкову активність проти різних видів *Candida* [11].

У разі синтезу водоростями наночастинок, їх стабілізація здійснюється полісахаридами, котрі там присутні. Така стабілізація обумовлена присутністю множинних місць з'єднання у полісахаридному ланцюзі для полегшення приєднання до поверхні металів, що забезпечує значний захист наночастинок від агрегації та хімічної модифікації.

Біосинтезовані наночастинок мають значний потенціал застосування в біології, медицині та сільському господарстві [12, 13, 14]. Суттєва увага приділяється використанню наночастинок у техніці, каталізі, біосенсорах, а також у ремедиації навколишнього середовища, вирішення нагальних екологічних проблем сучасності, зокрема для очищення стічних вод за рахунок їх антибактеріальних та фотокаталітичних властивостей.

Узагальнюючи, водорості є ефективними біологічними агентами для синтезу наночастинок, що відкриває шлях до розвитку нового напрямку – фіконанотехнологій. Цей підхід не тільки завдяки створенню екологічно чистих наноматеріалів, але має широкий спектр проявів, включаючи біомедицину та очищення навколишнього середовища.

Список використаних джерел:

1. Цехмістренко С.І., Бітюцький В.С., Цехмістренко О.С., Демченко О.А., Тимошок Н.О., & Мельниченко О.М. (2022). Екологічні біотехнології “зеленого” синтезу наночастинок металів, оксидів металів, металоїдів та їх використання: за редакцією С.І. Цехмістренко. Біла Церква, 2022. 270.
2. Li S., Wang R., & Ho S. (2021). Algae-mediated biosystems for metallic nanoparticle production: From synthetic mechanisms to aquatic environmental applications. *Journal of hazardous materials*, 420.
3. Tsekhmistrenko O., Bityutskyy V., Tsekhmistrenko S., Melnichenko O., Tymoshok N., & Spivak M. (2019). Use of nanoparticles of metals and non-metals in poultry farming. *Animal Husbandry Products Production and Processing*, 2, 113–130.
4. Dağhoğlu Y., & Öztürk B. (2019). A novel intracellular synthesis of silver nanoparticles using

Desmodesmus sp. (Scenedesmaceae): different methods of pigment change. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 30, 611–621. 5. Chaudhary R., Nawaz K., Khan A., Hano C., Abbasi B., & Anjum S. (2020). An Overview of the Algae-Mediated Biosynthesis of Nanoparticles and Their Biomedical Applications. *Biomolecules*, 10. 6. Mukherjee A., Sarkar D., & Sasmal S. (2021). A Review of Green Synthesis of Metal Nanoparticles Using Algae. *Frontiers in Microbiology*, 12. 7. Priyadharshini R., Prasannaraj G., Geetha N., & Venkatachalam P. (2014). Microwave-Mediated Extracellular Synthesis of Metallic Silver and Zinc Oxide Nanoparticles Using Macro-Algae (*Gracilaria edulis*) Extracts and Its Anticancer Activity Against Human PC3 Cell Lines. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 174, 2777–2790. 8. Ghodake G., & Lee D. (2011). Biological Synthesis of Gold Nanoparticles Using the Aqueous Extract of the Brown Algae *Laminaria Japonica*. *Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics*, 6, 268–271. 9. Senapati S., Syed A., Moez S., Kumar A., & Ahmad A. (2012). Intracellular synthesis of gold nanoparticles using alga *Tetraselmis kochinensis*. *Materials Letters*, 79, 116–118. 10. Khanna P., Kaur A., & Goyal D. (2019). Algae-based metallic nanoparticles: Synthesis, characterization and applications. *Journal of microbiological methods*, 105656. 11. Gürsoy N., Öztürk B., & Dag I. (2021). Synthesis of intracellular and extracellular gold nanoparticles with a green machine and its antifungal activity. *Turkish Journal of Biology*, 45, 196–213. 12. Tsekhmistrenko O.S., Bityutsky V.S., Tsekhmistrenko S.I., Kharchyshyn V.M., Tymoshok N.O., & Spivak M. Y. (2020). Efficiency of application of inorganic and nanopreparations of selenium and probiotics for growing young quails. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 8(3), 206–212. 13. Bityutskyy V., Tsekhmistrenko S., Tsekhmistrenko O., & Demchenko A. (2022). Eco-friendly biotechnology for biogenic nanoselenium production and its use in combination with probiotics in poultry feeding: innovative feeding concepts. *International scientific innovations in human life. Proceedings of the 8th International scientific and practical conference*. Cognum Publishing House. Manchester, United Kingdom, 13–21. 14. Tsekhmistrenko O.S., Tsekhmistrenko S.I., Bityutskyy V.S. Melnichenko O.M., & Oleshko O.A. (2018). Biomimetic and antioxidant activity of nanocrystalline cerium dioxide. *World of Medicine and Biology*, 14(63), 196–201.

РУЙНУВАННЯ ДВОВИДОВИХ БАКТЕРІАЛЬНИХ БІОПЛІВОК ЗА ДІЇ СУМІШІ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *RHODOCOCCUS* *ERYTHROPOLIS* ІМВ Ас-5017 ТА ЕФІРНОЇ ОЛІЇ

Охмакевич А.М., Дон Є.А., Ключка Л.В., Пирог Т.П. (м. Київ)

Сьогодні однією із проблем є бактеріальні біоплівки, що спричиняють серйозні гострі та хронічні захворювання, утворюючись на катетерах, імплантах та протезах. Більшість досліджень присвячено вивченню і руйнуванню одновидових біоплівок, проте частіше зустрічаються комбіновані, що характеризуються вищою стійкістю до антимікробних речовин [1].