

ОТРИМАННЯ МАГНІТОКЕРОВАНОГО БІОСОРБЕНТУ НА ОСНОВІ ГРИБА *PLEUROTUS OSTREATUS*

С.В. Горобець¹, О.А. Радіонов^{1*}, О.В. Ковальов²

¹КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

²КП "УЖКГ", Славутич, Україна

*Corresponding author: radionov.oleh@gmail.com

Received 26 March 2020; Accepted 23 April 2020

Проблематика. Біогенні магнітні наночастинки (БМН) виявлено у представників усіх трьох надцарств живих організмів: бактерій, архей та еукаріотів (зокрема, в грибах). При цьому встановлено, що механізм біомінералізації БМН єдиний для всіх живих організмів. Пошук сорбентів біологічного походження став одним із перспективних напрямів вирішення проблеми забруднення навколишнього середовища важкими металами. Важкі метали є елементами викидів транспорту і багатьох підприємств різних галузей промисловості. Ці метали, потрапляючи в організм людини, викликають суттєві порушення процесів обміну речовин і життєво важливих функцій організму. Відомо, що багато грибів-макроміцетів є природними сорбентами іонів важких металів. У лабораторних дослідженнях використовується метод фільтрації відпрацьованого сорбенту через паперовий фільтр, який є досить тривалим і неефективним. Тому важливо знайти більш ефективний спосіб вилучення відпрацьованого біосорбенту з робочого середовища. Таким дешевим та ефективним методом є вискоградієнтна магнітна сепарація, яка відбувається у швидкісному режимі.

Мета. Метою роботи було отримати магнітокерований біосорбент на основі гриба гливи звичайної *Pleurotus ostreatus*, визначити частку магнітокерованої фази біомаси гриба при додаванні до субстрату магнітної рідини та дослідити ефективність вилучення іонів Fe^{3+} подрібненою біомасою гриба гливи звичайної.

Методика реалізації. Використано стандартний метод вирощування гриба *Pleurotus ostreatus*, метод високоградієнтної магнітної сепарації та метод проведення біосорбції іонів тривалентного заліза.

Результати. Проведено процес біосорбції тривалентного заліза грибом гливою звичайною, вирощеною на субстратах із додаванням магнітної рідини різної концентрації. Показано, що сухий біосорбент на основі біомаси гливи звичайної має високу сорбційну здатність відносно іонів Fe^{3+} , оскільки ефективність їх вилучення на 30-й хвилині сорбції у зразках, вирощених на субстраті з додаванням магнетиту, становить більше 95 %. Доведено, що при використанні біомаси гливи звичайної, вирощеної на магнітній рідині, повне насичення відбувається в 6 разів швидше, тобто на 5-й хвилині, порівняно з 30-ю хвилиною для біосорбенту на основі біомаси гриба, вирощеного без магнітної рідини.

Висновки. Додавання магнітної рідини (концентрація 0,1 та 1 мг/мл) до субстрату при вирощуванні грибів гливи звичайної *Pleurotus ostreatus* значно підвищує ефективність сорбенту. При використанні біомаси гриба гливи звичайної без додавання магнетиту на 5-й хвилині ефективність вилучення іонів заліза становить 70 %, на 30-й хвилині – 80 %. При використанні для вирощування магнітної рідини концентрації 0,1 та 1 мг/мл вже на 5-й хвилині відбувається практично повне вилучення іонів важких металів.

Ключові слова: біогенні магнітні наночастинки; магнетит; магнітокерований біосорбент; глива звичайна *Pleurotus ostreatus*; важкі метали.

Вступ

Біогенні магнітні наночастинки (БМН) стали об'єктом інтенсивних досліджень, відколи вперше були виявлені у магнітотаксисних бактеріях [1]. БМН виявлено у представників усіх трьох царств живих організмів: бактерій, архей та еукаріотів [1–3]. БМН експериментально виявлено у водоростях і найпростіших, черв'яках, хітонах, равликах, мурахах і метеликах, медоносних бджолах, термітах, омарах, тритонах, рибах, морських черепахах, птахах, кажанах, дельфінах і китах, людині, грибах та рослинах [4–8]. Також відомо, що механізм біомінералізації БМН

єдиний для всіх царств живих організмів [9]. Методами порівняльної геноміки показано [6], що серед досліджених представників грибів відділів аскоміцети (*Ascomycota*) та базидіоміцети (*Basidiomycota*), геноми яких розшифровані більш ніж на 50 % у базі даних GenBank NCBI, всі види є потенційними продуцентами зовнішньоклітинних БМН.

Останнім часом пошук сорбентів біологічного походження став одним із найбільш перспективних напрямів вирішення питання забруднення навколишнього середовища важкими металами [10]. Важкі метали є елементами викидів транспорту і багатьох підприємств різ-

них галузей промисловості. Ці метали, потрапляючи в організм людини, викликають суттєві порушення процесів обміну речовин і життєво важливих функцій організму [10–12].

Відомо, що плодові тіла грибів-макроміцетів (*Boletus edulis* (білий гриб), *Canoderma lucidum* (трутовик), *Calvatia excipuliformis* (головач), *Paxillus involutus* (свинухка), *Tricholoma terreum* (рядовка земляна), *Armillaria mellea* (опеньок), *Agrocybe cylindracea* (Агроцибе циліндрична), *Lentinula edodes* (шіїтаке), *Collybia radicata* (Удемансієла коренева) є природними і безпечними сорбентами відносно іонів важких металів, барвників і пестицидів [10, 12, 13].

Гриби здатні накопичувати високі концентрації важких металів [10, 14, 15]. Але залишається актуальною проблема вилучення відпрацьованого біосорбенту з робочого середовища. В лабораторних дослідженнях використовується метод фільтрації відпрацьованого сорбенту через паперовий фільтр, який є досить тривалим і неефективним [15, 16]. Тому важливо знайти більш ефективний спосіб вилучення відпрацьованого біосорбенту з робочого середовища. Таким дешевим та ефективним методом є високоградієнтна магнітна сепарація, яка відбувається у швидкісному режимі [17]. Тому метою роботи є отримання магнітокерованого біосорбенту (МКБС) на основі гливи звичайної та дослідження ефективності вилучення іонів Fe^{3+} подрібненою біомасою гриба *P. ostreatus*.

Матеріали і методи

Вирощування *P. ostreatus* виконувалося за стандартною методикою [18]. Для дослідження особливостей сорбенту з біомаси гриба гливи звичайної вирощували на середовищі з додаванням магнітної рідини (МР), використовуючи концентрацію 0,1 мг/мл, яка близька до вмісту магнетиту в ґрунтах та 1 мг/мл [19].

Підготовка біомаси грибів до високоградієнтної магнітної сепарації (ВГМС) включає такі етапи: висушування свіжого гриба в сушильній шафі за $t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до постійної маси; подрібнення сухої біомаси за допомогою електромлина протягом 1–5 хв; просіювання біомаси грибів через сито з діаметром комірок 0,5 мм.

Для проведення ВГМС готували суспензію, змішуючи суху та подрібнену біомасу гриба *P. ostreatus* з водою, щоб відношення маси біосорбенту до маси води становило 1:200 (1 г на 200 мл води). Саме така концентрація є оптимальною, оскільки за більших концентрацій відбувається кластеризація біомаси грибів. Отри-

ману суспензію (200 мл) на основі грибної біомаси гриба гливи звичайної сепарували на ВГМС із високоградієнтними феромагнітними насадками, напруженість магнітного поля в робочому об'ємі сепаратора – 3500 А/м. Частинки грибної біомаси, що затримались на насадках у ВГМС, вимивались невеликою кількістю води. За допомогою ПЗ “Gwyddion” було обчислено середні розміри кластерів подрібненої сухої біомаси грибів до та після сепарації.

Експериментальна установка для відділення магнітної фази грибів від немагнітної зображена на рис. 1.

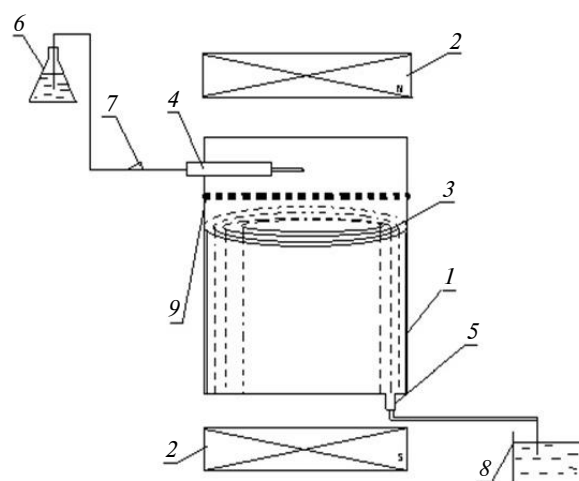


Рисунок 1: Схема експериментальної установки для проведення високоградієнтної магнітної сепарації: 1 – цювіна; 2 – магнітна система установки; 3 – високоградієнтна феромагнітна насадка (сітка з низьковуглецевої сталі); 4 – вхідний патрубок; 5 – вихідний патрубок; 6 – ємність для робочої рідини; 7 – регулятор швидкості рідини; 8 – ємність для скидання немагнітокерованої фази; 9 – перфорована пластина для розподілення потоку рідини [20]

Сушу та подрібнену за допомогою лабораторного млина біомасу гриба *P. ostreatus*, вирощеного на субстратах із додаванням МР різної концентрації (0,1 та 1 мг/мл), перевіряли на сорбційну ємність відносно іонів заліза Fe^{3+} .

Для визначення сорбційної здатності магнітокерований біосорбент на основі біомаси гливи звичайної готували таким чином: свіжу біомасу гриба *P. ostreatus* висушили до постійної маси в сушильній шафі при $t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$; подрібно висушені гриби на електромлині протягом 1 хв і просіювали через сито з діаметром комірок 0,5 мм. Проводили сорбцію іонів заліза Fe^{3+} і здійснювали визначення залишкової кількості феруму в розчині після перемішування. Також досліджували сорбційну здатність печериці та трутовика.

Процес біосорбції здійснювали при механічному перемішуванні 180 об/хв, тривалість сорбції – 30 хв. Концентрація іонів заліза Fe^{3+} у розчині – 50 мг/л. Концентрація біосорбенту – 2 г/л. Час відбору проб – 5, 10, 20, 30 хв.

Після відбору проби фільтрували через фільтр “синя стрічка” та визначали залишкову кількість іонів Fe^{3+} . Аналогічний дослід проводився також для *L. sulphureus*.

Результати

Відділення магнітокерованої фази біомаси гриба гливи звичайної проводили за допомогою установки для ВГМС. Порівняння розмірів частинок до та після сепарації, залежно від часу подрібнення, наведені в табл. 1.

За допомогою ПЗ “Gwyddion” порівнювали розміри окремих частинок та їх кластерів до та після ВГМС біомаси гриба гливи звичайної, вирощеної без додавання МР до субстрату (рис. 2).

Також було проведено порівняння результатів ВГМС для гриба гливи звичайної, вирощеної на субстраті з додаванням МР різної концентрації (табл. 2).

Результати процесу вилучення іонів Fe^{3+} гливи звичайної, вирощеної на субстратах із додаванням МР різної концентрації, подано в табл. 3. На рис. 3. наведено порівняння сорбційної здатності печериці, гливи звичайної та трутовика сірчано-жовтого, вирощених на субстраті з додаванням та без додавання (контроль) МР [21].

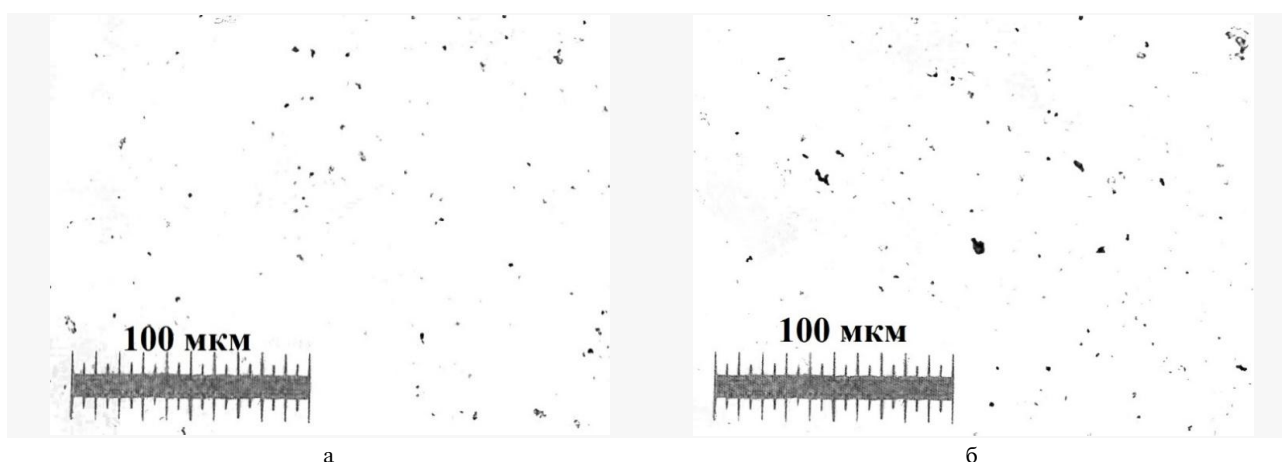


Рисунок 2: Оптична мікроскопія сухої подрібненої біомаси гливи звичайної до (а) та після (б) сепарації

Таблиця 1: Розмір окремих частинок та їх кластерів до та після високоградієнтної магнітної сепарації (ВГМС), відсоток відсепарованої частини для сухої подрібненої біомаси гриба гливи звичайної (*P. ostreatus*) залежно від часу подрібнення

Характеристика	Час подрібнення сухого гриба, хв				
	1	2	3	4	5
Розмір кластерів до ВГМС, мкм	2,49 ± 1,11	2,28 ± 0,96	1,74 ± 0,56	1,68 ± 1,21	1,62 ± 0,85
Розмір кластерів після ВГМС, мкм	3,0 ± 0,65	2,82 ± 0,62	2,41 ± 0,59	3,11 ± 1,01	3,24 ± 1,06
% відсепарованої частини	1,06	1,04	1,04	1,36	1,12

Таблиця 2: Порівняння результатів високоградієнтної магнітної сепарації (ВГМС) гриба *P. ostreatus*, вирощеного на субстраті з додаванням магнітної рідини різної концентрації

Характеристика	Контроль	Магнетит 0,1 мг/мл	Магнетит 1 мг/мл
Розмір кластерів до ВГМС, мкм	1,74 ± 0,56	1,49 ± 0,53	1,58 ± 0,2
Розмір кластерів після ВГМС, мкм	2,41 ± 0,59 (39%)*	3,8 ± 1,1 (153%)*	4,4 ± 1,4 (179%)*
% відсепарованої частини	1,36	1,7	1,9

*Відсотковий приріст розміру кластерів після ВГМС відносно розмірів кластерів до ВГМС.

Таблиця 3: Ефективність сорбції іонів Fe^{3+}

Час сорбції, хв	Ефективність вилучення іонів Fe^{3+} МКБС на основі біомаси <i>P. ostreatus</i> , %	Ефективність вилучення іонів Fe^{3+} МКБС на основі біомаси <i>P. ostreatus</i> (МР 0,1 мг/мл), %	Ефективність вилучення іонів Fe^{3+} МКБС на основі біомаси <i>P. ostreatus</i> (МР 1 мг/мл), %
5	70,6 ± 2	97,2 ± 0,5	93,1 ± 0,5
10	73,6 ± 2	98,1 ± 0,5	96,7 ± 0,5
20	74,2 ± 2	99,1 ± 0,5	97,4 ± 0,5
30	80,4 ± 2	99,2 ± 0,5	97,7 ± 0,5

Примітка. МКБС – магнітокерований біосорбент; МР – магнітна рідина.

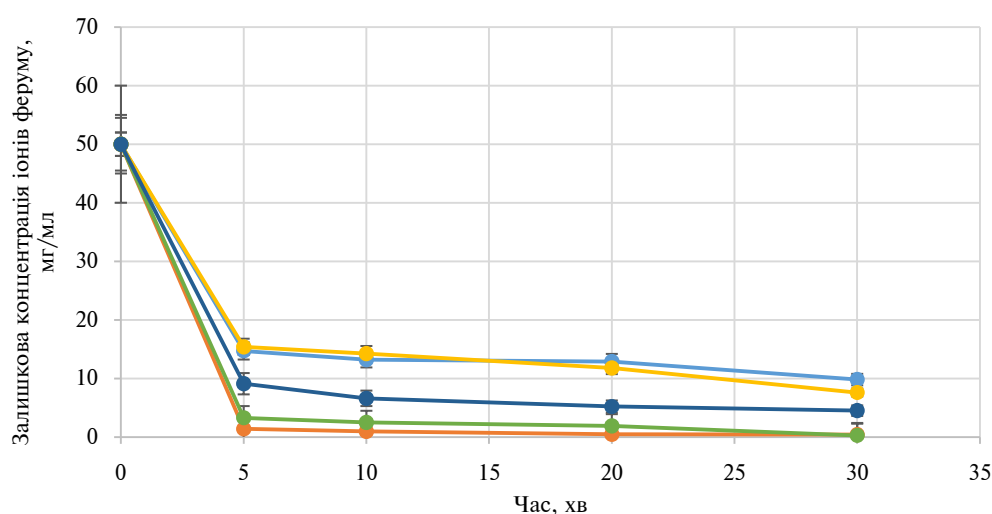


Рисунок 3: Сорбційна здатність біомаси грибаів *P. ostreatus*, *A. bisporus*, вирощених на різних субстратах, і трутовика *L. sulphureus*: — контроль *P. ostreatus*; — магнетит *P. ostreatus*; — контроль печериця; — магнетит *A. bisporus*; — контроль *L. sulphureus*

Обговорення

З результатів (див. рис. 2) видно, що після проведення ВГМС розмір кластерів і відсоток відсепарованої магнітокерованої фази значно збільшилися. Оптимальний час подрібнення сухої біомаси гриба становить 4 хв, оскільки подальше подрібнення не приводить до зменшення розміру кластерів і збільшення кількості магнітокерованої фази.

Досліджено (див. табл. 2), що розмір кластерів після ВГМС грибів, вирощених на субстратах із додаванням концентрованого магнетиту, збільшився майже в 3 рази порівняно з розміром до сепарації. Це можна пояснити коагуляцією кластерів, що містять у своєму складі магнітні частинки, у зовнішньому магнітному полі сепаратора.

Сухий біосорбент на основі біомаси гливи звичайної має високу сорбційну здатність відносно іонів Fe^{3+} , оскільки ефективність вилу-

чення іонів заліза (III) на 30-й хвилині сорбції у зразках, вирощених на субстраті з додаванням магнетиту, становить більше 95 %. Доведено, що при використанні біомаси гливи звичайної, вирощеної на МР, повне насичення відбувається в 6 разів швидше, тобто, на 5-й хвилині, порівняно з 30-ю хвилиною для біосорбенту на основі біомаси гриба, вирощеного без МР. Аналогічні дані отримані також для гриба *Agaricus bisporus* [21]. Сухий біосорбент біомаси трутовика сірчано-жовтого навіть без додавання МР має високу сорбційну здатність відносно іонів Fe^{3+} . На 30-й хвилині ефективність вилучення становить 91 %.

Висновки

Додавання магнетиту до субстрату при вирощуванні грибів гливи звичайної *Pleurotus ostreatus* значно підвищує ефективність сорбенту. При використанні біомаси гриба гливи зви-

чайної без додавання магнетиту на 5-й хвилині ефективність вилучення іонів заліза становить 70 %, на 30-й хвилині – 80 %. Додавання при вирощуванні МР у концентрації 0,1 та 1 мг/мл збільшує ефективність сорбції, і, як наслідок, вже на 5-й хвилині відбувається практично

повне вилучення іонів важких металів. Тобто при використанні магнітної рідини для вирощування сорбенту процес вилучення іонів важких металів відбувається значно швидше, що спрощує і здешевлює цей процес.

References

- [1] Blakemore R. Magnetotactic bacteria. *Science*. 1975;190(4212):377-9. DOI: 10.1126/science.170679
- [2] Gorobets O, Gorobets S, Koralewski M. Physiological origin of biogenic magnetic nanoparticles in health and disease: from bacteria to humans. *Int J Nanomed*. 2017;12:4371-95. DOI: 10.2147/ijn.s130565
- [3] Vainshtein M, Suzina N, Kudryashova E, Ariskina E. New magnet-sensitive structures in bacterial and archaeal cells. *Biol Cell*. 2002;94(1):29-35. DOI: 10.1016/s0248-4900(02)01179-6
- [4] Kirschvink J. Magnetite biomineralization and geomagnetic sensitivity in higher animals: An update and recommendations for future study. *Bioelectromagnetics*. 1989;10(3):239-59. DOI: 10.1002/bem.2250100304
- [5] Dobson J, Grassi P. Magnetic properties of human hippocampal tissue—Evaluation of artefact and contamination sources. *Brain Res Bull*. 1996;39(4):255-9. DOI: 10.1016/0361-9230(95)02132-9
- [6] Gorobets S, Gorobets O, Bulaievska M, Valverde VM, Hetmanenko K, Sharay I. Biogenic magnetic nanoparticles in representatives of kingdom Fungi. In: *Proceedings of IEEE AIM*; 2018 Feb 4–7; La Thuile, Italy.
- [7] Gorobets S, Gorobets O, Kovalchuk I, Yevzyhuk L. Determination of potential producers of biogenic magnetic nanoparticles among the fungi representatives of Ascomycota and Basidiomycota divisions. *Innov Biosyst Bioeng*. 2018;2(4):232-45. DOI: 10.20535/ibb.2018.2.4.147310
- [8] Gorobets S, Gorobets O, Magerman A, Gorobets Y, Sharay I. Biogenic magnetic nanoparticles in plants [Internet]. arXiv.org. 2020 [cited 2020 March 15]. Available from: <https://arxiv.org/abs/1901.07212>
- [9] Gorobets O. Biomineralization and synthesis of biogenic magnetic nanoparticles and magnetosensitive inclusions in microorganisms and fungi. *Funct Mater*. 2014;21(4):427-36. DOI: 10.15407/fm21.04.427
- [10] Markova ME, Uriash VF, Stepanova EA, Gruzdeva AE, Hrishatova NV, Demarin VT, et al. Sorption of heavy metals by higher fungi and chitin of different origin in in vitro experiments. *Bulletin of Nizhny Novgorod University*. 2008;6:118-24.
- [11] Stihl C, Radulescu C, Busuioc G, Popescu IV, Gheboianu A, Ene A. Studies on accumulation of heavy metals from substrate to edible wild mushrooms. *Roman J Phys*. 2011;56(1-2):257-64.
- [12] Abdul-Talib S, Tay C, Abdullah-Suhaimi A, Liew H. Fungal pleurotus ostreatus biosorbent for Cadmium (II) removal in industrial wastewater. *J Life Sci Technol*. 2013;1(1):65-8. DOI: 10.12720/jolst.1.1.65-68
- [13] Wang C, Liu H, Liu Z, Gao Y, Wu B, Xu H. Fe₃O₄ nanoparticle-coated mushroom source biomaterial for Cr(VI) polluted liquid treatment and mechanism research. *R Soc Open Sci*. 2018;5(5):171776. DOI: 10.1098/rsos.171776
- [14] Ramanaiah S, Venkata Mohan S, Sarma P. Adsorptive removal of fluoride from aqueous phase using waste fungus (*Pleurotus ostreatus* 1804) biosorbent: Kinetics evaluation. *Ecolog Eng*. 2007;31(1):47-56. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2007.05.006
- [15] Iram S, Shabbir R, Zafar H, Javaid M. Biosorption and bioaccumulation of copper and lead by heavy metal-resistant fungal isolates. *Arabian J Sci Eng*. 2015;40(7):1867-73. DOI: 10.1007/s13369-015-1702-1
- [16] Gulich MP, Antomov MJ, Yemchenko NL, Bisko NA, Yashchenko OV, Ermolenko VP. Sorption of biometals by fungi mycelium from nutrient medium, enriched by their citrars. *Microelements in Medicine*. 2014;15(2):9-17.
- [17] Gorobets S, Mikhailenko N. High-gradient ferromagnetic matrices for purification of wastewaters by the method of magnito-electrolysis. *J Water Chem Technol*. 2014;36(4):153-9. DOI: 10.3103/s1063455x14040018
- [18] Garibova L. *Mushroom Growing*. Moscow: Veche; 2005.
- [19] Vasiliev AA, Chashchin AN, Lobanova ES, Razinsky MV. Non-stoichiometric magnetite in soils of urbanized territories in Permskii krai. *Permskii Agrarniy Vestnik*. 2014;(2)6:43-55.
- [20] Gorobets S. Method of producing dry magnetically controlled biosorbent. Ukraine patent 118673. 2017.
- [21] Gorobets S. Production of magnetically controlled biosorbents based on fungi agaricus bisporus and *Lentinula edodes*. *Biotechnologia Acta*. 2019;12(5):63-71. DOI: 10.15407/biotech12.05.063

С.В. Горобец, О.А. Радионов, О.В. Ковалев

ПОЛУЧЕНИЕ МАГНИТОУПРАВЛЯЕМОГО БИОСОРБЕНТА НА ОСНОВЕ ГРИБА *PLEUROTUS OSTREATUS*

Проблематика. Биогенные магнитные наночастицы (БМН) выявлены у представителей всех трех надцарств живых организмов: бактерий, архей и эукариот (в частности, в грибах). При этом показано, что механизм биоминерализации БМН единый для всех живых организмов. Поиск сорбентов биологического происхождения стал одним из перспективных направлений решения проблемы загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами. Тяжелые металлы являются элементами выбросов транспорта и многих предприятий различных отраслей промышленности. Эти металлы, попадая в организм человека, вызывают существенные нарушения процессов обмена веществ и жизненно важных функций организма. Известно, что многие грибы-макромицеты являются естественными сорбентами ионов тяжелых металлов. В лабораторных исследованиях используется метод фильтрации отработанного сорбента через бумажный фильтр, который является достаточно длительным и неэффективным. Поэтому важно найти более эффективный способ извлечения отработанного биосорбента из рабочей среды. Таким дешевым и эффективным методом является высокоградиентная магнитная сепарация, которая проходит в скоростном режиме.

Цель. Целью работы было получить магнитоуправляемый биосорбент на основе гриба вешенки обыкновенной *Pleurotus ostreatus*, определить долю магнитоуправляемой фазы биомассы гриба при добавлении к субстрату магнитной жидкости и исследовать эффективность извлечения ионов Fe^{3+} измельченной биомассой гриба вешенки обыкновенной.

Методика реализации. Использованы стандартный метод выращивания гриба *Pleurotus ostreatus*, метод высокоградиентной магнитной сепарации и метод проведения биосорбции ионов трехвалентного железа.

Результаты. Проведен процесс биосорбции трехвалентного железа грибов вешенки обыкновенной, выращенной на субстратах с добавлением магнитной жидкости различной концентрации. Показано, что сухой биосорбент на основе биомассы вешенки обыкновенной имеет высокую сорбционную способность по отношению к ионам Fe^{3+} , поскольку эффективность их извлечения на 30-й минуте сорбции в образцах, выращенных на субстрате с добавлением магнетита, составляет более 95 %. Доказано, что при использовании биомассы вешенки обыкновенной, выращенной на магнитной жидкости, полное насыщение происходит в 6 раз быстрее, то есть на 5-й минуте, по сравнению с 30-й минутой для биосорбента на основе биомассы гриба, выращенного без магнитной жидкости.

Выводы. Добавление магнитной жидкости (концентрация 0,1 и 1 мг/мл) к субстрату при выращивании грибов вешенки обыкновенной *Pleurotus ostreatus* значительно повышает эффективность сорбента. При использовании биомассы гриба вешенки обыкновенной без добавления магнетита на 5-й минуте эффективность извлечения ионов железа составляет 70 %, на 30-й минуте – 80 %. При использовании для выращивания магнитной жидкости концентрации 0,1 и 1 мг/мл уже на 5-й минуте происходит практически полное извлечение ионов тяжелых металлов.

Ключевые слова: биогенные магнитные наночастицы; магнетит; магнитоуправляемый биосорбент; вешенка обыкновенная *Pleurotus ostreatus*; тяжелые металлы.

S.V. Gorobets, O.A. Radionov, O.V. Kovalyov

PRODUCTION OF MAGNETICALLY CONTROLLED BIOSORBENTS BASED ON FUNGI *PLEUROTUS OSTREATUS*

Background. Biogenic magnetic nanoparticles (BMN) have been found in representatives of all three superkingdoms of living organisms: bacteria, archaea and eukaryotes (including fungi). At the same time, it was established that the mechanism of biomineralization of BMN is unique for all living organisms. The search for sorbents of biological origin has become one of promising ways of addressing the problem of environmental pollution by heavy metals. Heavy metals are elements of transport emissions and many factories in various industries. These metals getting into the human body cause significant disruption of metabolism and vital functions of the body. Many macromycetes are known to be natural sorbents for heavy metal ions. Laboratory tests use a method of filtering spent sorbent through a paper filter, which is long enough and inefficient. Therefore, it is important to find a more effective way of removing biosorbent from the solution. Such a cheap and efficient method is high-speed magnetic gradient separation.

Objective. The aim of the paper is to obtain a magnetically controlled biosorbent based on a fungus *Pleurotus ostreatus*, to determine the fraction of the magnetically controlled phase of the fungus biomass when added to the substrate of the magnetic fluid, and to investigate the efficiency of extraction of Fe^{3+} ions by the fungus biomass of the fungus *Pleurotus ostreatus*.

Methods. The standard method of cultivation of the fungus *Pleurotus ostreatus*, the method of high-grade magnetic separation and the method of biosorption of ferric ions were used.

Results. The process of biosorption of ferric ions by a *Pleurotus ostreatus* grown on substrates with the addition of magnetic fluids of different concentrations was carried out. It is shown that the dry biosorbent based on the biomass of the *Pleurotus ostreatus* has a high sorption capacity with respect to Fe^{3+} ions since the efficiency of their extraction for 30 minutes of sorption in the samples grown on the substrate with the addition of magnetite is more than 95%. It is proved that when using biomass of ordinary fungus grown on a magnetic fluid, complete saturation occurs 6 times faster (for 5 minutes), compared to 30 min for biosorbent based on biomass of mushroom grown without magnetic fluid.

Conclusions. Addition of magnetite (concentration 0.1 and 1 mg/ml) to the substrate in the cultivation of fungi *Pleurotus ostreatus* significantly increases the efficiency of the sorbent. When using the fungus biomass of *Pleurotus ostreatus* without adding magnetite for 5 minutes, the efficiency of extraction of iron ions is 70%, for 30 min – 80%. When used to grow the magnetic fluid at a concentration of 0.1 mg/ml and 1 mg/ml for almost 5 minutes, almost complete removal of heavy metal ions occurs.

Keywords: biogenic magnetic nanoparticles; magnetite; magneto controlled biosorbent; *Pleurotus ostreatus*; heavy metals.