

ФОТОКАТАЛІЗАТОРИ НА ОСНОВІ БІОПОЛІМЕРІВ

Данилюк Назарій Володимирович,

аспірант III року навчання, nazarii.danyliuk@pnu.edu.ua

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Україна

Татарчук Тетяна Романівна,

кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії, tetyana.tatarчук@pnu.edu.ua

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Україна

За останні кілька років стічні води, забруднені синтетичними барвниками, привернули значну увагу науковців через низьку здатність до біологічного розкладу та високу токсичність, викликаючи численні проблеми для здоров'я людей та навколишнього середовища. Через складну природу цих органічних сполук очищення стічних вод за допомогою звичайних методів стає дедалі складнішим. В останні роки вдосконалені процеси окиснення з'явилися як потенційна альтернатива для руйнування органічних барвників. Найбільш широко використовувані методи включають: фотокаталіз, озонування, електрохімічне окиснення, каталітично-гетерогенне окиснення та ультразвукове опромінення. Ці процеси передбачають утворення високоактивних радикалів, які перетворюють молекули органічних барвників на нешкідливі продукти. Однак, ці методи страждають від ряду недоліків, включаючи високу вартість, надмірне споживання реагентів, агрегацію каталізаторів, обмежену можливість повторного використання та потребу використання світлової, ультразвукової або електричної енергії. Таким чином, з'явився значний інтерес до покращення продуктивності звичайних процесів очищення з використанням фотокаталізаторів у поєднанні з біополімерами.

Біополімери все частіше використовують, як матрицю для фотокаталізаторів під час видалення барвників з водних розчинів. Вони проявляють такі важливі властивості, як здатність до біологічного розкладу, відновлюваність, нетоксичність, поширеність і адсорбційна здатність. Крім того, було доведено, що іммобілізація фотокаталізаторів на біополімерних носіях сприяє ефективному підвищенню їх активності [1].

Біополімери — це природні полімерні молекули, які складаються з мономерних одиниць, з'єднаних ковалентним зв'язком, утворюючи більші молекули з великою молекулярною масою. Полінуклеотиди, поліпептиди та полісахариди є трьома основними класами біополімерів. Полінуклеотиди, такі як ДНК і РНК, побудовані з нуклеотидних мономерів, тоді як поліпептиди є полімерами з амінокислотами як мономерною одиницею. Фібрин, кератин, колаген, зеїн і альбумін є кількома прикладами поліпептидів. Найпростішою структурою серед цих трьох біополімерів володіють полісахариди. Целюлоза, хітин, хітозан, крохмаль і альгінат є кількома прикладами полісахаридів. Ці біополімери є найкращими кандидатами для фотокаталітичного видалення барвників через їх високу поширеність, відновлюваність, здатність до біологічного розкладу, нетоксичність та низьку вартість [2].

Нанобіополімери та їх похідні широко застосовуються завдяки унікальним властивостям, включаючи збільшену площу поверхні, фізико-хімічну стабільність і пористу структуру з високою мікро- та мезопористістю [3]. Нанобіополімери, синтезовані з різними структурними параметрами та співвідношенням довжина-діаметр, успішно застосовуються в різних галузях, включаючи очищення води, фотокаталіз, біомедичну та харчову промисловість [4]. Серед багатьох нанобіополімерів: наноцелюлоза, нанохітин і нанохітозан є найбільш широко дослідженими полісахаридними наноматеріалами для фотокаталітичного видалення барвників [5].

Останнім часом кількість публікацій про фотокаталітичне видалення барвників за допомогою біополімерів значно зросла, що вказує на важливість даної тематики. Зокрема, біополімерні фотокаталізатори були досліджені для видалення таких забруднень, як

фармацевтичні препарати та патогени [6]. Проте, необхідно подолати деякі перешкоди, перш ніж пілотні методи можна впровадити в широкомасштабне застосування. Майбутні виклики повинні включати зниження споживання хімікатів та витрат фотокаталізаторів, можливість повторного використання та повну мінералізацію забруднюючих речовин. Більше того, органічні речовини у стічних водах, потенційно можуть знижувати ефективність процесів окиснення шляхом поглинання радикалів. Потрібно провести додаткові дослідження, щоб зрозуміти кінетику та механізми реакції процесів руйнування барвників. Щоб вирішити фундаментальні та практичні проблеми, майбутні дослідження повинні зосередитися на розробці сконструйованих наногібридів та інтеграції різних фотокаталізаторів з нанобіополімерами. Імобілізація фотокаталізаторів на нанобіополімерних матрицях з високою пористістю та площею поверхні може запобігти агломерації, зменшити вимивання та підвищити можливість повторного використання. Моделювання гібридних методів необхідне для розуміння кінетики та механізмів реакції. Крім того, вибір біополімерів повинен проводитися на основі їх доступності, простоти обробки та вдосконалення.

В даному дослідженні проаналізовано можливість використання біополімерів (целюлоза, хітин, хітозан, альгінат, желатин, гуарова камедь, кератин, фібрин, зеїн, альбумін, лігнін і крохмаль) у складі композитних фотокаталізаторів для видалення барвників з водних розчинів. Описано механізми фотокаталізу та роль біополімерів в процесах фотокаталітичної деструкції барвників.

1. Dassanayake R.S., Acharya S., Abidi N., Recent advances in biopolymer-based dye removal technologies, *Molecules*. 26 (2021) 4697. <https://doi.org/10.3390/molecules26154697>

2. Padalkar S., Capadona J.R., Rowan S.J., Weder C., Stanciu L.A., Moon R.J., Natural biopolymers: novel templates for the synthesis of nanostructures, *Langmuir*. 26 (2010) 8497–8502. <https://doi.org/10.1021/la904439p>

3. Yang Y., Chen Z., Wu X., Zhang X., Nanoporous cellulose membrane doped with silver for continuous catalytic decolorization of organic dyes, *Cellulose*. 25 (2018) 2547–2558. <https://doi.org/10.1007/s10570-018-1710-x>

4. Sarkar S., Torres N., Aparna P., Rajib B., Saravanan B., Green polymeric nanomaterials for the photocatalytic degradation of dyes: a review, *Environ. Chem. Lett.* 18 (2020) 1569–1580. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01021-w>

5. Salaberria A.M., Labidi J., Fernandes S.C.M., Chitin nanocrystals and nanofibers as nano-sized fillers into thermoplastic starch-based biocomposites processed by melt-mixing, *Chem. Eng. J.* 256 (2014) 356–364. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2014.07.009>

6. Ruziwa D.T., Oluwalana A.E., Mupa M., Meili L., Selvasembian R., Nindi M.M., Sillanpaa M., Gwenzi W., Chaukura N., Pharmaceuticals in wastewater and their photocatalytic degradation using nano-enabled photocatalysts, *J. Water Process Eng.* 54 (2023) 103880. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.103880>