

ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ПАКУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗДАТНИХ ДО БІОЛОГІЧНОГО РОЗКЛАДАННЯ

Корнелюк О.А., Козар М.Ю.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, ohanakorneliuk@gmail.com



Abstract

The article investigates the biodegradation of polylactic acid (PLA) under vermicomposting conditions. Microscopic analysis revealed a low level of decomposition, which may be due to synthetic fillers. Further research is suggested to optimize biodegradation and improve the quality of PLA.

Keywords: *polylactic acid (PLA), biodegradation, vermicomposting, synthetic fillers.*

Вступ. Негативні наслідки забруднення пластиком стають все більш очевидними, оскільки його неконтрольоване виробництво та відсутність належної утилізації призводять до накопичення відходів на звалищах та потрапляння в навколишнє середовище, зокрема, у водоймища. Для вирішення цієї проблеми у січні 2018 року Європейська комісія опублікувала стратегію поводження з пластиком, спрямовану на зменшення викидів парникових газів від виробництва та стимулювання повторного використання та ефективної переробки пластмас. Ця стратегія також передбачає заміну або поступове припинення використання матеріалів, що утруднюють переробку відпрацьованих виробів. Відтак на ринку з'явилися нові біологічні та біорозкладні полімерні матеріали, які розглядаються як альтернатива традиційним пластмасам з метою мінімізації негативного впливу на навколишнє природне середовище. Серед найбільш поширених таких матеріалів є полімолочна кислота (PLA), яка може біологічно розкладатися протягом 180 днів в умовах компостування [1].

PLA, як один із біоматеріалів, розкладається залежно від умов компостування, таких як температура та вологість. Однак, з популяризацією біоматеріалів та обмеженим ринком якості гранул PLA може погіршуватися. Для покращення механічних властивостей біополімерних матеріалів зазвичай до них додають синтетичні наповнювачі (поліетилен і поліпропілен). Проте такі модифікації можуть суттєво знижувати здатність біополімерів до розкладання. Для пришвидшення терміну біодеградації використовують компостування в термофільних умовах. Проведено значну кількість досліджень з використанням процесу вермикомпостування для оцінки здатності даного матеріалу до біодеградації [2].

Деякі дослідження здатності гранул полілактиду до біорозкладання-також вказують на неповне біологічне розкладання цих матеріалів у лабораторних умовах або на очисних спорудах. Тому в даний час дослідження здатності гранул, які зазначаються як PLA, до біодеградації та встановлення оптимальних умов для цього процесу, є досить актуальними [2].

Мета дослідження полягала в оцінці можливостей біорозкладання гранул полімолочної кислоти (PLA) за умов вермикомпостування та виявленні факторів, які можуть впливати на швидкість та ефективність цього процесу.

Матеріали та методи. В процесі дослідження було використано гранули PLA, країною-виробником яких є Китай. Продавцем зазначено цей матеріал, як 100% біорозкладні пластикові гранули PLA. Температура обробки 170-230°C.

Було проведено аналіз можливостей біорозкладання PLA за умови вермикомпостування. Процес вермикомпостування побутових відходів (залишків фруктів, овочів та інші органічні рештки) дощовим черв'яком *Eisenia foetida* був застосований для визначення здатності до біологічного розкладання гранул PLA та швидкість їх біодеградації. Умови вермикомпостного середовища в зимово-весняний період характеризуються температурою в межах 15-25 °С, вміст вологи підтримується на рівні 70-80% [3].

Вимірювання вологості компосту здійснювалось за допомогою гравіметричного методу відповідно до ДСТУ ISO 16586:2005 “Якість ґрунту. Визначення об'ємної вологості ґрунту за відомою щільністю складення на суху масу. Гравіметричний метод”.

Гранули розміром 3 мм × 2 мм піддавали процесу біодеградації протягом 48 днів. Згодом були проаналізовано зміни поверхні гранул та оцінено ступінь розкладання візуально за змінами цілісності поверхні.

Аналіз змін поверхні гранул було проведено за допомогою мікроскопіювання (Sigeta MB-202 40x-1600x LED Bino) за загального збільшення в 160 разів.

Результати та обговорення. Проблема, пов'язана з біодеградації гранул PLA вермикомпостуванням, може бути пов'язана з тим, що дощові черви виду *Eisenia foetida*, не можуть розкласти складні полімери, зокрема синтетичні наповнювачі, що можуть бути в значній кількості присутні в даному матеріалі [2]. Чистий PLA зазвичай гідролізується протягом кількох місяців впливу вологи і стає доступним для споживання червами.

Отже, було досліджено зміни поверхні аналізованих гранул за впливу процесу вермикомпостування.

Мікроскопічний аналіз поверхні гранул до та після процесу вермикомпостування не виявив значних змін у їх структурі, що свідчить про низький рівень біодеградації гранул PLA за даних умов. Зображення гранул до та після періоду вермикомпостування наведено на Рис.1.

Отримані результати можуть бути пов'язані з великою кількістю синтетичних наповнювачів у матеріалі, які ускладнюють процес біодеградації. Таким чином, важливо продовжувати дослідження з метою знайти шляхи оптимізації процесу біодеградації PLA, зокрема шляхом зменшення вмісту синтетичних наповнювачів без втрати якості та інших фізичних властивостей PLA. Для уникнення утворення мікропластику слід зобов'язати виробників обмежити використання наповнювачів, які не здатні до біологічної деструкції.

Внесення інформації про відсоток синтетичних наповнювачів дасть змогу спрогнозувати кількість відходів після розкладання. Також важливо розпочати пошук альтернативних методів переробки синтетичних залишків після біодеградації.

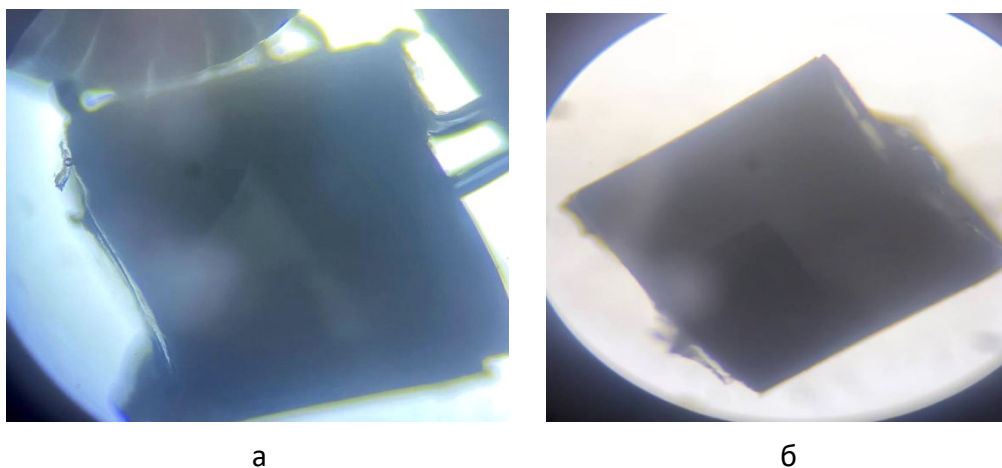


Рис.1. Мікрображення гранул PLA (Sigeta MB-202 40x-1600x LED Bino) за загального збільшення в 160 разів: а - гранули PLA до проведення вермикомпостування, б - гранули PLA після проведення вермикомпостування (48 діб).

Висновки. Біополімерний матеріал полімолочна кислота (PLA) є перспективною альтернативою традиційним пластмасам у зв'язку з його здатністю до біорозкладання в результаті діяльності мікроорганізмів. Швидкість процесу наряду залежить від оптимальних умов для живих організмів (температури, вологості, наявності кисню).

Мікроскопічний аналіз поверхні гранул PLA після вермикомпостування показав низький рівень біодеградації у встановлених умовах. Це може бути пов'язано з високим вмістом синтетичних наповнювачів у матеріалі, що ускладнює процес біодеградації.

Отже, для досягнення більш ефективного розкладання PLA і зменшення його негативного впливу на довкілля необхідно провести додаткові дослідження. Важливим напрямком у вдосконаленні методів і технологій є зменшення використання синтетичних наповнювачів у матеріалах, а також – поліпшення якості гранул PLA для забезпечення більш ефективного та швидкого процесу біодеградації.

Список використаної літератури:

1. Chemical-Physical Characterization of Bio-Based Biodegradable Plastics in View of Identifying Suitable Recycling/Recovery Strategies and Numerical Modeling of PLA Pyrolysis [Електронний ресурс] / F. Lombardi [та ін.] // Springer Nature. – 2024. – Т. 15. – С. 1653–1670. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1007/s12649-023-02159-8>.
2. Short-Term Effect of Poly Lactic Acid Microplastics Uptake by Earthworms, *Eudrilus eugeniae*. [Електронний ресурс] / Shahad Khaldoon [та ін.] // Research Square. – 2021. – Режим доступу: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-298965/v1>.
3. Mulla A. I. Optimization of Incubation Period, pH and Moisture Content for Vermicomposting of Biomethanation Sludge Admixed with Fruits and Vegetable Waste Collected from Gultekadi Market Yard, Pune Using *Eudrilus eugeniae* [Електронний ресурс] / A. I. Mulla, G. R. Pathade // Nature Environment and Pollution Technology. – 2020. – Т. 19, № 02. – С. 873–880. – Режим доступу: <https://doi.org/10.46488/nept.2020.v19i02.047>.
4. Biodegradation of Poly(lactic acid) in Soil Microcosms at Ambient Temperature: Evaluation of Natural Attenuation, Bio-augmentation and Bio-stimulation [Електронний ресурс] / Sadia Mehmood Satti [та ін.] // Journal of Polymers and the Environment. – 2018. – Т. 26, № 9. – С. 3848–3857. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1007/s10924-018-1264-x>.