

## **ТАРА ТА УПАКОВКА НА ОСНОВІ БІОПОЛІМЕРІВ**

**О. В. ІЩЕНКО, Р. М. МОСКАЛЬ, І. В. ФРОЛОВА, А.-М. В. ОЛЕКСІЄНКО**

*Київський національний університет технологій та дизайну, вул. Мала  
Шияновська (Немировича-Данченка), 2, Київ, 01011, [e.ishchenko5@gmail.com](mailto:e.ishchenko5@gmail.com)*

На основі аналізу сучасних наукових публікацій та досліджень розглянуто види тари та упаковки на основі біополімерів. Визначено основні напрями розвитку застосування біополімерів в пакувальній галузі та встановлено основні вимоги до цих матеріалів.

### **Вступ**

На сьогодні, упаковка товару забезпечує його належне збереження та є важливим інструментом для комунікації зі споживачем прямо з полиць супермаркету. Експерти наголошують, що питання оформлення упаковки слід виносити окремим пунктом під час складання експортної стратегії – настільки зовнішній вигляд товару гарантує успіх на нових ринках.

З урахуванням проблем забруднення навколишнього середовища, на стадії створення пакування продукції, можна знизити вартість упаковки та мінімізувати її вплив на навколишнє середовище. Через тренд екологічності, можна зробити свій продукт більш привабливим для споживачів, які віддають перевагу екологічній упаковці.

Зростає тенденція до максимізації переробленого складу упаковки або використання відновлювальних природних джерел. Очікується, що буде продовжувати збільшуватися використання картону, паперу та вторинної сировини – для пакування продуктів харчування по всьому світу.

### **Результати дослідження**

Пакувальні матеріали на основі біополімерів викликають інтерес у всьому світі завдяки їх здатності до біологічного розкладання, біосумісності та відновлюваності. В останні роки біополімери, такі як крохмаль, хітозан, карагенан, полімолочна кислота та інші [1], досліджувались на предмет їх потенційного застосування як упаковки для харчових продуктів. Додатки, нанонаповнювачі та активні агенти, покращують властивості біополімерів, та роблять їх придатними для

активної та «розумної» упаковки. Як відповідь на схвалені законодавчі акти різних організацій, зросла тенденція використання біополімерів для упаковки.

У цій статті описуються проблеми та можливі рішення, пов'язані з матеріалами для пакування харчових продуктів, представлений аналіз біополімерів і обговорюються майбутні тенденції.

Біополімери є екологічно чистими, біологічно розкладними, нетоксичними, відновлюваними, біосумісними та альтернатива синтетичним пакувальним матеріалам. Вони легко переробляються, порівняно з синтетичними полімерами та вирішують важливе питання забруднення навколишнього середовища.

Вони мають чудову здатність до плівкоутворення та різну міцність, специфічну для кожного біополімеру. Разом з іншими біополімерами або армуючими агентами ці матеріали можуть створювати високоефективну упаковку. Ці матеріали створюють матриці для включення нанодобавок, природних сполук, антимікробних агентів, антиоксидантів, вітамінів, мінералів, поживних речовин, і, таким чином, надаються спеціальні властивості пакувальним матеріалам [2].

Незважаючи на те, що біополімери є екологічно чистими, їх головними недоліками є низькі механічні та бар'єрні властивості, прискорене розкладання, висока гідрофільна здатність та чутливість до вологи, слабкі механічні та хімічні структури, що робить їх непридатними для пакування харчових продуктів. Крім того, порівняно з синтетичними полімерами, їх важко переробляти і вони відносно дорогі. Існує широкий спектр можливостей використання біополімерів в упаковці харчових продуктів. Біополімери є основою для більшості комбінацій пакувальних матеріалів разом із нанодобавками чи іншими активними сполуками. Додавання наповнювачів до біополімерної матриці покращує основні властивості, необхідні для пакувального матеріалу, такі як бар'єрні, механічні, термічні, антиоксидантні та антимікробні. Більшість

розроблених пакувальних матеріалів для харчових продуктів все ще знаходяться на стадії дослідження, і є можливість масштабного виробництва та використання цих матеріалів, як альтернатива синтетичним полімерам. Промислове виробництво біополімерів і біопластику має можливість зменшити глобальне забруднення навколишнього середовища та допомогти циркулярній економіці, як зазначає Європейський Союз.

Загальновідомі наслідки використання пластикової упаковки на основі синтетичних полімерів. Біополімери можуть бути більш безпечними для навколишнього середовища, але їхні конкретні переваги та недоліки залежать від ряду змінних, таких як походження, виробничі процеси, системи управління відходами та міркування про кінець терміну служби. Щоб приймати обґрунтовані рішення щодо впливу матеріалу на навколишнє середовище, важливо провести ретельний аналіз життєвого циклу матеріалу. Більшість біополімерів у чистому вигляді не становлять загрози суспільству чи навколишньому середовищу, але ці біополімери поєднуються з нанонаповнювачами або іншими активними речовинами для покращення якості пакувальних матеріалів. Ці агенти становлять загрозу міграції в харчовий продукт і поступово мігрують в організм людини. Це може становити загрозу для здоров'я людини, якщо агент є цитотоксичним. Крім того, під час процесу біодеградації активні агенти мігрують у ґрунт/воду, що може вплинути на умови навколишнього середовища та привести до забруднення. Міграція хімічних сполук характерна не тільки для біополімерів, це також може статися з іншими пакувальними матеріалами. Важливо оцінювати й керувати потенційною міграцією сполук із будь-якого пакувального матеріалу, для забезпечення безпеки харчових продуктів і відповідності нормативним вимогам. Розробка нових матеріалів, оптимізація технологій обробки та широке тестування, щоб переконатися в їх придатності для контакту з харчовими продуктами та мінімізувати міграцію потенційно небезпечних

речовин. Крім того, мікроорганізми, які використовуються для виробництва біополімерів, можуть бути небезпечними та призвести до забруднення навколишнього середовища.

Функція біорозкладної плівки полягає не в тому, щоб повністю замінити синтетичну упаковку, а в тому, щоб зменшити вплив твердих відходів на навколишнє середовище, забезпечити якість харчових продуктів і таким чином впливати на термін їх придатності. Біорозкладні плівки повинні відповідати таким вимогам і характеристикам, щоб вони могли бути функціональними: запобігання або пом'якшення механічних пошкоджень; запобігання або зменшення окислення ліпідів; запобігання або зменшення мікробного псування; контролювати поглинання кисню; створити селективний бар'єр для вуглекислого газу та водяної пари; регулюють утворення етилену для уповільнення старіння, регулюють виділення харчових добавок (наприклад, антиоксидантів, барвників та ароматизаторів). Біополімери/біопластики, такі як термопластичний крохмаль, PLA, целюлоза та PBAT, використовують в промисловому виробництві для упаковки харчових продуктів [3].

Упаковка, виготовлена з біорозкладних матеріалів або отримана з відновлюваних джерел, стала доступною альтернативою для упаковки продуктів. Біорозкладні плівки на основі пластифікованих полісахаридів можуть бути використані в якості тари (контейнера), а додавання антиоксидантів та антимікробних компонентів або екстрактів з необхідною функціональною активністю надає цим матеріалам специфічних властивостей.

### **Висновки**

Біополімери допомагають зменшити вплив виробництв з переробки пластику на навколишнє середовище, та, певним чином, ведуть до зеленої економіки. Оскільки плівки, які біологічно розкладаються, виготовляються з відновлюваних джерел та сільськогосподарських відходів, є чудова можливість для дослідницької роботи з використання цієї економічної

можливості. Наразі біорозкладні полімери замінюють близько 1% пластику. Таким чином, необхідно, щоб фундаментальні та прикладні дослідження були більше зосереджені на покращенні характеристик, таких як фізико-хімічні, термічні властивості, зниженні вартості та спрощенні технологій виробництва біополімерів. У контексті біологічно розкладної харчової упаковки перед застосуванням необхідно провести дослідження взаємодії між харчовими компонентами та біополімерами під час обробки та зберігання. Майбутні дослідження мають бути більше зосереджені на вартості пакувальних матеріалів, на використанні нанотехнологій, інтелектуальних датчиків тощо, які забезпечують цілісність та надають інформацію про продукт споживачам. Завдяки біологічно розкладним полімерам існує більший потенціал для утилізації сільськогосподарських відходів, вирішення проблем нестачі викопного палива, небезпеки для здоров'я, поводження з твердими відходами та екологічних проблем, пов'язаних із пластиком.

### Література

1. Nair, A., Kansal, D., Khan, A., & Rabnawaz, M. (2022). New alternatives to single-use plastics: Starch and chitosan-graft-polydimethylsiloxane-coated paper for water-and oil-resistant applications. *Nano Select*, 3(2), 459-470.
2. Lo Faro E, Bonofiglio A, Barbi S, Montorsi M, Fava P. Polycaprolactone/Starch/Agar Coatings for Food-Packaging Paper: Statistical Correlation of the Formulations' Effect on Diffusion, Grease Resistance, and Mechanical Properties. *Polymers*. 2023; 15(19):3921. <https://doi.org/10.3390/polym15193921>
3. Nicasio F. Why You Need to Offer Sustainable Packaging – and How to Do It Right. URL: <https://www.bigcommerce.com/blog/sustainable-packaging/#what-is-sustainable-packaging>