

БИОДЕГРАДАБЕЛЬНІ ПОЛІМЕРИ ДЛЯ ПАКУВАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ – ШЛЯХ ДО ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

ІЩЕНКО О.В., ЛЯШОК І.О., ШОСТАК Т.С., АНДРИШАК Н.А.

Київський національний університет технологій та дизайну
[e_ishchenko@mail.ru](mailto:ishchenko@mail.ru); liashok77@gmail.com

The article analyzes the problem of accumulation of solid waste, namely plastic packaging. Proposed technology for manufacturing environmentally friendly material based on biodegradable polymers. The analysis of the impact of environment on samples with different composition have been studied. Biodegradable feasibility, of used polymers, improves environmental safety.

З моменту виникнення міст постала не проста проблема накопичення та видалення твердих відходів, але в сучасному світі вона стала більш серйозною та складною. Для мешканця міста упаковка – це найбільш помітний вид відходів, який вимагає постійних затрат. На звалищах України накопичилися десятки млн. тон твердих побутових відходів (ТПВ).

Проблема охорони навколишнього середовища від зношеної та використаної упаковки може бути вирішена двома шляхами: знищенням та утилізацією. Захоронення ТПВ пов'язано з відведенням під сміттєзвалища значних земельних ділянок, та виведенням їх з корисного використання. В Україні приблизно 90 % ТПВ вивозиться на сміттєзвалища. Кожне таке звалище призводить до знищення від 6 до 50 га земельних ділянок.

Одним з методів запобігання росту сміттєзвалищ є спалювання як твердих, так і рідких відходів. Установки для спалювання сміття, як правило, представляють собою складні і дорогі споруди, бо вони повинні бути оснащені ефективними фільтрами та газозловлювачами. Швидке зношення обладнання сміттєспалювальних печей, виділення в атмосферу шкідливих продуктів, які повторно забруднюють землю через попадання токсичних солей тяжких металів у ґрунт та воду, а отже, і в організм людини, робить цей метод нераціональним та неекономічним.

При утилізації вторинної полімерної сировини (ВПС) знижується навантаження на навколишнє середовище. При цьому особливе значення має організація збору і сортування ВПС, а також нанесення екологічного маркування. Європейський союз (ЄС) поступово вводить уніфіковане екомаркування. Рішення про їх присвоєння приймається компетентними органами країн – членів ЄС на конкурсній основі [1].

Також при виборі тари та упаковки для конкретного виду продукції, виробник повинен враховувати вимоги, що направлені на запобігання забруднення навколишнього середовища використаними упаковками. Можливі декілька шляхів: зменшення маси упаковки, випуск багатооборотної тари, вторинна переробка використаної упаковки, спалювання з метою

одержання теплової енергії, термічний розклад, деполімеризація, захоронення.

Строки, що необхідні для розкладу популярних матеріалів у природних умовах такі: бавовняна тканина – 1-5 місяців; папір – 2-5 місяців, пакет для молока – 5 років; поліетиленові пакети від 10 до 20 років; шкіряні чоботи – від 25 до 40 років; нейлонова тканина – від 30 до 40 років; скляна тара – 1 млн. років; пластикова тара та упаковка – практично не розкладається [2].

Сьогодні технології упаковки, яка біологічно розкладається, розробляють ведучі університети світу і застосовують великі полімерні компанії.

Кількість інновацій у цій галузі постійно зростає. Головною проблемою для масового впровадження біоупаковки є її вартість. Зараз біодеградабельні матеріали у декілька разів дорожчі ніж звичні пластики. Очевидно, виходом в цій ситуації може стати економічне стимулювання підприємств України, які б виготовляли біоупаковку, шляхом зниження податку, а також інформуванням громадськості про переваги таких упаковок.

Біодеградабельна упаковка використовується на більшості підприємств Європи та Америки і є показником економічної розвинутості. Люди планети почали все більше задумуватися про чистоту навколишнього середовища, про вплив забрудненості на здоров'я людини. Це повинно збільшити попит на еко- продукцію серед споживачів, що покриє витрати на її виробництво.

Одним з найперспективніших напрямків по виготовленню біодеградабельного полімерного матеріалу є розробка рецептур та технологій переробки термопластичного крохмалю, які ведуться в Національному технічному університеті технологій та дизайну.

У чистому вигляді крохмаль не є плівкоутворюючою речовиною, тому його переробка на стандартному технологічному обладнанні (екструдерах та ін.) можлива лише спільно з пластифікаторами. Так як крохмаль являється типовим гідрофільним полімером, він може містити до 30-40 % зв'язаної вологи. Ця властивість дозволяє використовувати воду, як один з найбільш доступних пластифікаторів крохмалю. Такого роду пластифікація проводиться за одночасної дії температури та механічної напруги. У результаті відбуваються значні зміни фізичних і механічних властивостей крохмалю. Пластифікуючу дію на крохмаль здійснюють також гліцерин і олігомерні полігліколи. Зазвичай їх використовують з водою. З крохмалю, пластифікованого водою або іншими гідроксилвмісними речовинами, методами компресійного пресування і екструзії формують термопластичні матеріали [3].

Біодеградабельні упаковки для харчових продуктів з покращеною стійкістю до зволоження отримують з суміші ПВС, крохмалю, целюлози з додаванням протеїнів, природних барвників, лимонної кислоти та гліцерину [4]. Для виготовлення такої плівки в Україні не потрібні великі капітальні затрати на нове обладнання. Процес можна проводити на базі вітчизняних підприємств, що в даний, не легкий для країни час, є досить перспективним напрямком розвитку виробництва біодеградабельних матеріалів.

Методологія дослідження

Для подолання механічних недоліків термопластичного крохмалю додають синтетичні полімери. Було досліджено вплив ПВС на властивості плівки та додавання лимонної кислот, як зшиваючого агенту. Від додавання

агентів залежить в'язкість композиції та водорозчинність. Для отримання плівок, що біологічно розкладаються, були досліджені композиції з різним складом (табл.1). Зразки досліджували за фізико-механічними показниками, розчинністю та перевіряли ступінь пошкодження мікроорганізмами. Зміни, що відбулися з плівками, були виявлені мікроскопічним методом за допомогою мікроскопу МХS-136В, та за допомогою якісних реакцій були виявлені білкові з'єднання, карбонові кислоти, фосфатаза. Дослідження проводили на спектрофотометрі «ІЧС-24» [5,6] та на розривній машині «Р20» [7, 8].

Таблиця 1

Склад композиції

Зразок	Вміст інгредієнтів, %					
	ПВ С	крохмаль	Na-КМК	Na-КМЦ	Лимонна кислота	Гліце- рин
Зразок № 1	10	40	9	20	1	20
Зразок № 2	10	50	9	10	1	20
Зразок № 3	20	40	8	10	2	20
Зразок № 4	20	40	15	5	2	20

Результати та їх обговорення

Дослідження зразків здійснювалося у трьох основних напрямках: фізико-механічні властивості, розчинність у воді, здатність до пошкодження мікроорганізмами. Склад композиції визначає фізико-механічні характеристики плівок. Так, зразки на основі чистого ПВС характеризуються найбільшою міцністю і еластичністю. Введення у композицію крохмалю і Na-КМК сприяє зниженню міцності. Підвищення міцності досягається введенням у композицію Na-КМЦ (від 22,8 МПа до 28 МПа), але зменшення - еластичності (від 96,2% до 89%). На рис.1 показано, що додавання ПВС та лимонної кислоти забезпечує менше водопоглинання.

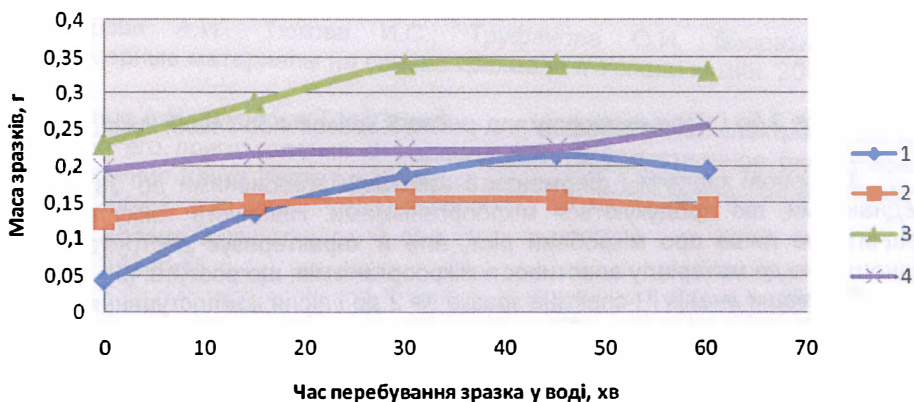


Рис. 1. Водопоглинання плівок з термопластичного крохмалю.

Мікробіологічні пошкодження залежать від властивостей, стану матеріалу, агресивності мікроорганізма-деструктора, тривалості, умов взаємодії, температури та вологи. До мікроорганізмів-деструкторів полімерів відносять наступні види грибів: *Aspergillus wamori*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, *Trichoderma sp.*, *Penicillium sp.*

Для виявлення росту мікроорганізмів на матеріалі був проведений візуальний аналіз, в результаті якого встановлені видимі, неозброєним оком, ознаки біомаси мікроскопічних грибів і бактерій – наліт у вигляді тонкої плівки, войлокового сітчасто-переплетеного росту. Мікроскопічним методом виявлені плями у вигляді помутніння (Рис. 2-5).

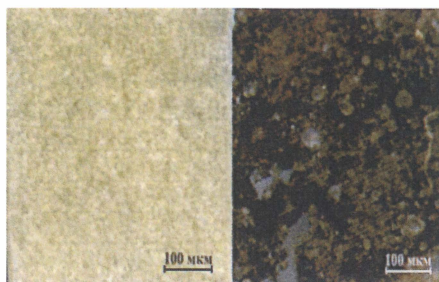


Рис.2 Зразок 1 до і після компосту

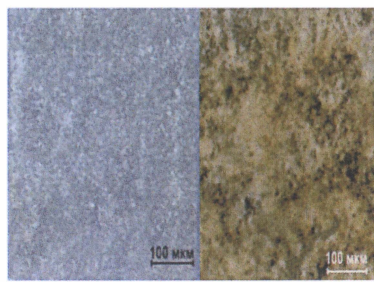


Рис.3 Зразок 2 до і після компосту

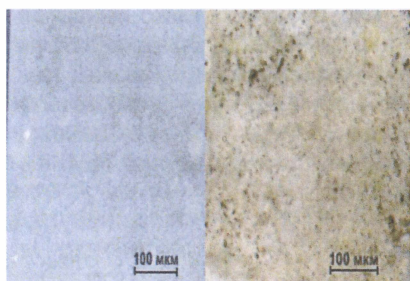


Рис.4 Зразок 3 до і після компосту



Рис.5 Зразок 4 до і після компосту

Карбонові кислоти і ферменти є найбільш агресивними до матеріалів з'єднаннями, що продукуються мікроорганізмами. Наявність таких речовин свідчить не лише про мікробний ріст, але й характеризує деструктивні по відношенню до матеріалу властивості мікроорганізмів, що ростуть. [9]

Провівши аналіз ІЧ-спектрів зразка № 2 до і після компостування, видно відмінності на рисунках. Про наявність речовин, що продукуються мікроорганізмами свідчать утворені нові піки на ІЧ-спектрах зразків, що підлягали компостуванню. Також можна говорити, про присутність білкових з'єднань, наявність карбонових кислот.

Висновки

Комбіноване використання Na-КМК з Na-КМЦ обумовлює поліпшення просторового структуроутворення матеріалу за рахунок термодинамічної спорідненості компонентів. Наявність лимонної кислоти викликає хімічну взаємодію між гідроксильними групами гліцерину і полівінілового спирту та карбоксильними групами лимонної кислоти, і як наслідок, утворення просторово зшитого поліестеру. Таким чином, використання Na-КМЦ і лимонної кислоти забезпечує підвищення фізико-механічних властивостей полімерної плівки.

Проаналізовані дані доводять необхідність застосування біодеградабельних полімерних матеріалів для виготовлення упаковки. Запропоновано доступний з економічної і технологічної точки зору в реаліях України спосіб виготовлення матеріалу, який біологічно розкладається, з вітчизняної сировини. Дослідження показують перспективність застосування біодеградабельних полімерних матеріалів на основі ПВС з додаванням крохмалю, Na-КМЦ, Na-КМК для виготовлення пакувальних матеріалів, з регульованим терміном розкладу.

Література

1. Регламент (ЄС) Європейського Парламенту і Ради Європи від 21 жовтня 2009р. № 1069/2009, що викладає санітарні норми у відношення побічних продуктів тваринного походження і виробництва продуктів, які не призначені для використання людиною, і відмінюючий Регламент (ЄС) № 1774/2002 (Регламент по побічним продуктам тваринного походження) [Електронний ресурс]. — [М., 2014].
2. Хаустова А.П. Природопользование, охрана окружающей среды и экономика. Теория и практикум. Учебное пособие // Изд-во РУДН. — М. - 2006. — 401 с.
3. Leon P.B.M. Janssen, Leszek Moscicki Thermoplastic starch as packaging material. — ActaSci. Pol., Technica Agraria 5(1), 2006.
4. Устинов М.Ю., Артеменко С.Е., Овчинникова Г.П. Состав и свойства биодegradуемых материалов // Химические волокна. - 2004. - №3
5. ГОСТ 8.657-2009.
6. Суворова А.И., Тюкова И.С., Труфанова О.И. Биоразлагаемые полимерные материалы на основе крахмала // Успехи химии. 2000. Т. 69. №5.
7. Баженов А.В., Фурсова Т.Н. Образец для инфракрасной спектроскопии и способ его приготовления // Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики твердого тела Российской академии наук, 2007.
8. ГОСТ 28840-90.
9. ГОСТ 14236-81.