

УДК 621.798:547.458:678

В. О. Коротка*Українська академія друкарства*

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАКОВАНЬ З БІОДЕГРАДУЮЧИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

Проаналізовано стан та тенденції виготовлення екологічно чистого пакування на основі біодеградуючих полімерних матеріалів. Наведена класифікація біорозкладального полімерного пакування.

Пакування з біодеградуючих полімерних матеріалів, оксобіодеградуючі добавки

Ринок полімерного пакування сьогодні відіграє особливу роль у пакувальній індустрії. Успішний розвиток пакувальних полімерних матеріалів для тривалого зберігання продуктів харчування в харчовій промисловості зумовлений ефективністю полімерів і порівняно недорогим їх виробництвом [9]. Гнучкі плівки загалом займають 48% ринку пакувальної промисловості (рис.), де домінує поліетилен, який, незважаючи на прогрес інновацій, виступає основною сировиною для створення плівок. Вагомі позиції тут також займають поліетилентерефталат, поліпропілен [4].



Структура ринку пакування в 2010 р.

За даними досліджень компанії Pira International, обсяг світового ринку споживання гнучкого пакування буде зростати в середньому на 4,1% у рік і до 2016 року досягне позначки 71,3 млрд, а сукупний тоннаж виробленої на той час гнучкої упаковки досягне 22, 5 млн т. [2].

Серед основних факторів зростаючого попиту на полімерну упаковку можна виділити такі її переваги, як менша собівартість, легка вага, здатність краще зберігати смакові властивості та свіжість продуктів, ефективніший захист від впливу шкідливих мікроорганізмів, досконаліші методи обробки та утилізації. Однак, окрім наявних вагомих переваг, існує й кілька суттєвих недоліків. Йдеться насамперед про проблему забруднення навколишнього середовища промисловим і побутовим сміттям, а також вичерпування ресурсів нафтових родовищ і постійне зростання цін на нафту. Виходом із ситуації, що склалася, є створення екологічно чистих матеріалів, значне місце серед яких відведено біодеградуючим полімерам (англ. *Biodegradable polymer*; біорозкладальні полімери, біополімери), вироби з яких здатні розкладатися до екологічно безпечних компонентів під дією природних факторів — температури, ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання, вологи, мікроорганізмів. Отож біополімери складають основу для проведення глобальних досліджень як працівниками хімічної промисловості, так і поліграфічного й пакувального виробництва, для вирішення екологічної проблеми та зменшення залежності полімерної галузі від викопної сировини, ціни на яку постійно зростають [1, 3, 5].

За станом на сьогодні більше половини всього світового ринку біодеградуючого пакування припадає на європейські країни. Незважаючи на те, що частка України при цьому досить мала, потенціал ринку біорозкладальних полімерів величезний [6, 7].

Аналіз наукової та патентної літератури підтверджує, що біодеградуєче пакування умовно можна виокремити в дві групи:

на основі традиційних синтетичних полімерів з додаванням біорозкладальних елементів; виготовляється шляхом введення біодеградуючої добавки в традиційну сировину. Як правило, таке пакування дорожче полімерного на 10–15%.

яке складається на 100% з біорозкладального органічного матеріалу; виготовляється переважно з цукрового очерету або кукурудзи. Цей полімер повністю розкладається під впливом мікроорганізмів, є екологічно безпечним пакувальним матеріалом [6–7].

Біодеградуєче пакування класифікують також за видом використовуваних матеріалів, зокрема на основі:

- крохмалю;
- целюлози;
- полігідроксисилканоатів (PHA);
- полімолочної кислоти (PLA);

полівінілового спирту;
синтетичних аліфатичних поліефірів (полікапролактам PCL);
аліфатично-ароматичних сополіефірів (AAC);
казеїну (молочного білка);
матеріалу Calumet (упаковка еколін);
модифікованого поліетилентерефталату (mPET);
синтетичного полімеру та добавки (продеграданта), яка прискорює процес руйнування полімеру.

Так, на основі *модифікованого крохмалю* успішно виготовляють пакування для засобів особистої гігієни, сільськогосподарські плівки, пінопластові пакувальні матеріали, одноразовий посуд для системи швидкого харчування fast-food, столові прилади тощо [6, 8, 12, 13].

Целюлоза у композиції з полістиролом утворює матеріал для виготовлення сільськогосподарської плівки і плівки для пакування продуктів харчування [6, 11].

Полігідроксикарбонати (PHA) окремо чи в поєднанні з синтетичними пластмасами або крохмалем утворюють пакувальні плівки з відмінними технічними і бар'єрними властивостями. Такі плівки служать матеріалом для виготовлення пакування продуктів харчування та особистої гігієни, проте основна сфера застосування PHA — медицина (біорозкладальні шовні нитки, штифти, плівки, капсули для доставки ліків) [6, 10, 11, 14].

Полілактид (PLA) використовується у виробництві жорсткої упаковки для фруктів і овочів, яєць, делікатесних продуктів, випічки. Плівки з PLA вигідні для пакування сендвічів, льодяників, квітів. Їх також застосовують як сировину при виробництві пляшок для води, соків, молочних продуктів [6, 15].

До сфери застосування *аліфатично-ароматичних сополіефірів (AAC)* відносяться: плівки для сільського господарства й садівництва, плівки для ламінування харчової упаковки, столові прибори, мішки для компостування [6, 8].

Полікапролактам (PCL) використовується при виробництві плівок і мішків для сільського господарства, пліткових пакувальних матеріалів для тривалого зберігання різноманітних продуктів харчування, а також для вакуумного пакування продуктів, які швидко псуються [8].

Біодеградуєчі матеріали на основі *полівінілового спирту* застосовуються при виготовленні плівки для покриття заморожених продуктів, а також фруктів і овочів [6, 9, 16].

До сфери застосування *модифікованого поліетилентерефталату (mPET)* належать: біорозкладальні тарілки, коробки і обгортки для бутербродів, серветки для витирання, мішки для вуличного і садового сміття, сільськогосподарські плівки тощо [6, 8].

Окрім матеріалів перелічених, що служать сировиною для виготовлення біодеградуєчого пакування, існують й особливі, які неможливо віднести до жодної з вищеназваних груп. Це, зокрема:

оксобіодеградуючі добавки до полімерів — гранульовані добавки. Представляють собою з'єднання, що містять іони металів у формі карбоксилатів, які діють у структурі полімерів як прискорювачі фото- і термічного окислення та вирізняються вищою ефективністю при низьких концентраціях (1–3%) і здатністю розкладатися як під дією УФ-світла, так і мікроорганізмів. За вартістю оксобіодеградуючі добавки, наприклад, фірми Masterbatch (USA), у десять разів дешевші від полілактиду [11].

Сфера застосування полімерів з біодобавками: різноманітні види паке-тів, харчові плівки для заморожених продуктів, хліба, пакувальні плівки, а також тверда упаковка — одноразовий посуд, пляшки і т.д. [6, 8, 9]. Торгівельна назва, основні виробники та характеристика добавок наведені в табл. 1.

Таблиця 1

**Загальна характеристика
оксобіодеградуючих добавок [11]**

Торгівельна назва	Компанія-виробник	Характеристика
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
PDQ-H	Willow Ridge Plastics Inc.	принцип дії базується на зменшенні молекулярної маси основного полімеру під дією УФ-випромінювання та окислюючого середовища
ECM	ECM BioFilms, Inc.	добавка розкладається мікроорганізмами
Bio-Batch	Bio-Tec Environmental	добавка розкладається мікроорганізмами
TDPA	Environmental Products Inc. (EPI)	виготовляється за індивідуальним замовленням; поряд із повністю біодеградуючими добавками постачає екологічні полімерні плівки
Renatura	Nor-X Industry AS	містить унікальну складову на основі заліза; використовується головно для біорозкладання поліолефінів
Reverte	Wells Plastics Ltd.	містять унікальний підсилювач біорозкладання — модифікатор швидкості реакції для управління ініціюванням і термінами розкладання
d2w	Symphony Environmental Ltd.	продеградантні добавки на основі матричного ПЕ, ПП чи ПС; компанія постачає також повністю деградуючі полімери

Закінчення таблиці 1

1	2	3
P-Life	P-Life Japan Inc.	суміш каталізаторів на основі жирних кислот власної рецептури; вміст в основному полімері — від 0,3 до 1%; можливе змішування з гранулами полімеру безпосередньо на етапі переробки

Calymer. Завдяки здатності розкладатися під дією зовнішніх факторів (інтенсивного сонячного випромінювання і вітру) протягом 4–5 місяців, пакування, виготовлене з Calymer, можна вважати біорозкладальним. На виробництво цього матеріалу використовується на 30–60% менше цінних світових ресурсів (нафти і газу), водночас споживається на 70% менше енергії. Позитивними ознаками такої упаковки є високий захист від проникнення ароматичних субстанцій, додаткова надійність, а також збільшення терміну зберігання продукції з 36-ти годин до шести діб. Застосовується як пакування для молочних продуктів харчування та напоїв [6].

Біодеградуючі полімери на основі *молочного білка (казеїну)* — сировина для отримання водонепроникної плівки, яку можна наносити на харчовий продукт. Така упаковка володіє доволі вигідними бар'єрними властивостями, тобто захищає продукт від механічних, атмосферних та інших несприятливих умов. Ламінований плівковий казеїн використовується для пакування йогуртів. До складу казеїну можна вводити вітаміни, антиоксиданти, ароматизатори для поліпшення поживних властивостей та збільшення терміну зберігання. Такі упаковки називають «активними», оскільки вони беруть безпосередню участь у виробництві продукту [6].

Таким чином, за даними аналітиків IBAW, вже до 2020 року виробництво біорозкладальних полімерів перетвориться в глобальний бізнес вартістю 38 млрд доларів [1]. За прогнозами асоціації European Bioplastics спільно з університетом прикладних наук і мистецтв Ганновера, до 2015 року загальний обсяг світового ринку біорозкладальних полімерів перевищуватиме позначку 2 млн тонн [17]. У грошовому еквіваленті світовий ринок біорозкладальних полімерів у 2011 році оцінювався в 1,484 млрд доларів і, за прогнозами, у 2016 році його обсяг досягне 4,140 млрд доларів [1, 3, 5–6].

Сегмент пакувальних біоматеріалів становить приблизно 70% загального обсягу ринку. Це цілком зрозуміло, адже широке використання екологічно безпечного біорозкладального матеріалу в якості харчової упаковки має перевагу над полімерами з нафти чи природного газу. У 2011 р. у грошовому вираженні виробництво біополімерів для пакування склало 1,04 млрд доларів, а до 2016 р. воно зросте до 2,7 млрд доларів. Найпоширенішими на світовому ринку пакування з біодеградуючих матеріалів сьогодні є полімери з полілакти-

ду, дещо меншою популярністю користуються полімери на основі крохмалю і целюлози (табл. 2). Однак, згідно з прогнозами Pira International Ltd., традиційну біодеградуєчу упаковку на основі крохмалю, целюлози та полієфіру до 2020 року поступово буде витіснено біополіетиленом. Сьогодні його частка становить менше 1%, проте до 2020 року матеріал зможе зайняти чверть всього ринку біопакування [1].

Таблиця 2

**Світовий ринок
пакування з біодеградуєчих матеріалів**

Полі-лактид	Крох-маль	Гідро-розкладальні біополімери	Целюлоза	Аліфатично-ароматичні полієфіри	Полігідроксид-алканоати	Біо-поліетилен
42,5 %	22,2 %	13,6 %	13,3 %	6,7 %	1,4 %	0,3 %

Отже, сучасна світова пакувальна індустрія широко використовує біорозкладальні полімерні матеріали для виготовлення різноманітних пакувань, як-от: одноразові пакети, пакети для супермаркетів, пакети для вторинної сировини, пакування для рідких продуктів харчування (води, молочних продуктів), бокси для fast-food, пакувальні плівки для заморожених продуктів, хлібобулочних виробів, жорстке пакування для яєць, делікатесних виробів, випічки тощо.

1. Балов А. Мировой рынок биополимеров / А. Балов, О. Ашпина // The Chemical Journal. — 2012. — №3. — С. 48–53.
2. Глобальный рынок гибкой упаковки [Электронный ресурс] // ФлексоПлюс. — 2011. — № 12. — Режим доступа : <http://www.printing.uz>
3. Готов И.Н. Композиционные биодegradабельные материалы на основе полигидроксиалканоата / Готов И.Н., Герасин В. А., Князев Я. В., Антипов Е.М., Баразов С. Х. // Прикладная биохимия и микробиология. — 2010. — № 6, т. 46.— С. 659–665.
4. Закрученко Н. Барьерные пленки — тенденции развития [Электронный ресурс] / Н. Закрученко // Полимер. — 2011. — № 1. — Режим доступа : <http://exida.prom.ua>
5. Shah A.A. Biological degradation of plastics: a comprehensive review / A.A. Shah, F. Hasan, A. Nameed, S. Ahmed // Biotechnology Advances. — 2008, v. 26. — Р. 246–265.
6. Маркетинговое исследование рынка биоразлагаемой упаковки : декабрь 2010 года [Электронный ресурс] // Департамент маркетинговых исследований Research-Techart. — Режим доступа : www.research-techart.ru
7. Пармухина Е. Л. Российский рынок биоразлагаемой упаковки / Е. Л. Пармухина // Экологический вестник России. — 2011. — №2. — С. 46–48.
8. Борисов Е. В центре внимания — биоразлагаемые полимеры // The Chemical Journal. — 2005. — № 5. — С. 68–71.
9. Тарасюк В. Т. Актуальность и перспективы применения биополимеров в пищевой промышленности / В. Т. Тарасюк // Консервная промышленность сегодня: технологии, маркетинг, финансы. — 2011. — № 3. — С. 55–62.
10. Полумбрик М. О. Полімерні пакувальні матеріали, що розкладаються біологічним шляхом / М. О. Полумбрик // Харчова промисловість. — 2010. — №9. — С. 144–149.
11. Пономарев А. Н. Нужны ли России биоразлагаемые полимерные материалы? / Пономарев А. Н., Баразов С. Х., Гоготов И.Н. // [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.betech.ru>
12. Кудрякова Г. Х.

Биоразлагаемая упаковка в пищевой промышленности / Кудрякова Г. Х., Кузнецова Л. С., Шевченко Е. Г. // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2006. — № 7. — С. 52–54. 13. Степаненко А. Б. Биоразлагаемые полимерные материалы — основа производства современных упаковочных материалов / Степаненко А. Б., Литвяк В. В., Москва В. В. // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2011. — № 3. — С. 49–57. 14. Шибырин Е.В. Тенденции развития мирового рынка биоразлагаемых полимеров / Шибырин Е.В., Федоряк О.Д., Замотаев П.В. // Упаковка. — 2010. — № 2. — С.18–22. 15. Буряк В. П. Биополимеры — настоящее и будущее / В.П. Буряк // Полимерные материалы. — 2005. — № 12 (79). — С. 22–27. 16. Бабаева С. Биополимеры или разлагающие добавки? / С. Бабаева // Тара и упаковка. — 2008. — № 5. — С. 12–16. 17. Биопластик шагает по планете [Электронный ресурс] // Сайт компании Упак-Сервис. — Режим доступа : <http://www.upak-service.ru>

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ УПАКОВОК С БИОДЕГРАДИРУЮЩИХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ.

Проанализировано состояние и тенденции изготовления экологически чистой упаковки на основании биodeградирующих полимерных материалов. Приведена классификация биodeградирующей полимерной упаковки.

ANALYSIS OF MODERN TRENDS FROM THE BIODEGRADABLE PACKAGING MADE FROM POLYMER MATERIALS.

The status and trends of manufacturing environmentally friendly packaging from biodegradable polymer materials are analysed. The classification of biodegradable polymer packaging is submitted.

Стаття надійшла 10.10.2012