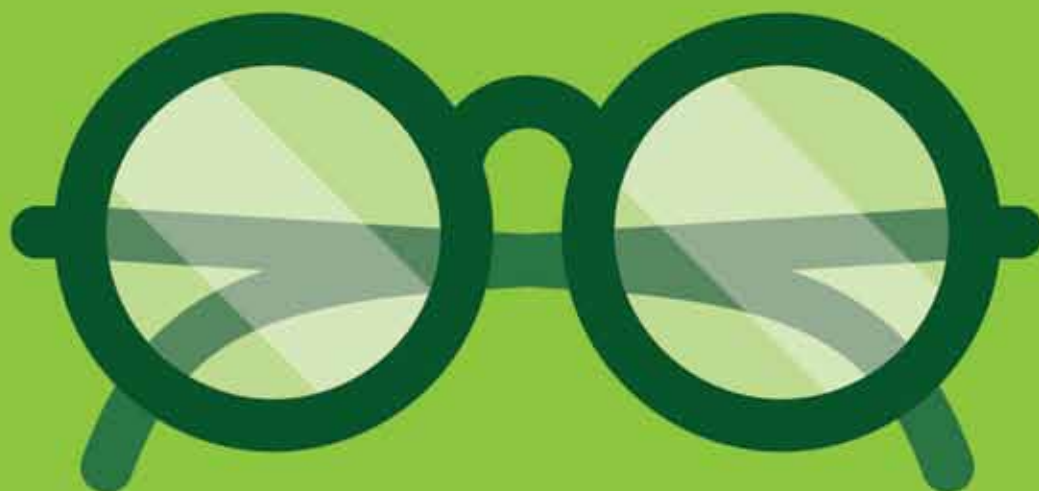




PRZEGLĄD  
**Komunalny**<sup>®</sup>  
POLECA

# EKOINNOWACJE W OPAKOWANIACH

# JESTEŚ KREATOREM? ZOSTAŃ EKOINNOWATOREM!



**EKOINNOWACJA TO COŚ WIĘCEJ, NIŻ INNOWACJA!  
EKOINNOWATOR TO KTOŚ WIĘCEJ, NIŻ INNOWATOR!**

Nie wystarczy wdrożona w życie nowość, czy udoskonalenie.  
Ważne jest też zmniejszenie negatywnego wpływu na środowisko.

---

## WIESZ JAK TO ZROBIĆ?

Masz pomysł na ekoinnowacyjny produkt, funkcjonalność,  
czy rozwiązanie technologiczne lub organizacyjne?

---

Jeśli tak, to weź udział w kampanii

**„JESTEŚ KREATOREM? ZOSTAŃ EKOINNOWATOREM!”,  
KTÓRA POMOŻE CI GO WYPROMOWAĆ!**

---

Więcej informacji

[www.ekoinnowator.ue.poznan.pl](http://www.ekoinnowator.ue.poznan.pl)

Dofinansowano ze środków  
Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej





# Od redaktora

# Z

a nami okres świątecznych zakupów i poszukiwania prezentów w sklepach. Czy podejmując decyzje zakupowe, bierzemy pod uwagę to, w co dany produkt został zapakowany? Okazuje się, że tak! Niedawno opublikowane wyniki badania świadomości i zachowań ekologicznych Polaków pokazują, że połowa mieszkańców Polski wybiera towary, które mają ekologiczne opakowanie, a ponad 70% naszych rodaków na zakupy zabiera ze sobą torby wielokrotnego użytku.

Wzrost zainteresowania konsumentów produktami proekologicznymi, które przyczyniają się do redukcji negatywnego oddziaływania na środowisko, powoduje, że coraz więcej producentów opakowań poszukuje nowatorskich, przyjaznych środowisku rozwiązań. Znane są materiały opakowaniowe wytwarzane z kauczuku, trzciny, kukurydzy, juty, kory, skóry ryb, lnu oraz konopi. Rośnie znaczenie opakowań biodegradowalnych oraz wytwarzanych z surowców pochodzących z recyklingu. Jednak przywiązywanie wagi do materiału, z jakiego wykonano opakowanie, to nie wszystko. Równie istotne jest to, by nie było ono zbyt duże w porównaniu do zawartości. W realiach rynkowych niejednokrotnie spotykamy się z sytuacją, gdy wielkość opakowania nie jest adekwatna do wielkości zawartego w nim produktu. A przecież im większe opakowanie, tym więcej zużytych surowców, więcej energii oraz... odpadów.

Obecnie coraz bardziej popularne stają się sklepy, które oferują produkty bez opakowań. Klienci przychodzą do nich wyposażeni we własne pojemniki, słoiki czy też torby i płacą tylko za ich zawartość. Jest to nie tylko rozwiązanie korzystne ekonomicznie, ale także ekologiczne, bowiem w ten sposób ograniczane są koszty środowiskowe, związane z wytworzeniem i utylizacją opakowań. Jednakże w niektórych przypadkach ich wyeliminowanie jest po prostu niemożliwe. Jeśli więc produkt musi być opakowany, należy wydatnie ograniczyć wpływ na środowisko generowany w całym cyklu życia również przez jego opakowanie.

W pierwszym tegorocznym biuletynie przedstawiamy Państwu kolejne zagadnienia dotyczące ekoinnowacji. Tym razem pod lupę bierzemy przyjazne środowisku rozwiązania w zakresie opakowań, pokazując aktualne trendy w tej dziedzinie. Z życzeniami przyjemnej lektury.



**Joanna Witczak**

koordynator projektu „Jesteś kreatorem? Zostań ekoinnowatorem!”



**EKO**

„Jesteś kreatorem?

**Zostań ekoinnowatorem!”**

jest dodatkiem promocyjnym  
do styczniowego wydania (1/2015)  
PRZEGLĄDU KOMUNALNEGO  
ISSN 1232-9126

Wydawca:



Wydawnictwa Komunalne:

Tomasz Szymkowiak  
dyrektor – redaktor naczelny wydawnictw  
60-124 Poznań, ul. Daleka 33  
www.abrys.pl, biuro@abrys.pl  
NIP 781-00-23-628

Dodatek przygotowany przez:  
Tomasz Szymkowiak,  
dyrektor – redaktor naczelny wydawnictw  
Joanna Witczak, koordynator projektu  
Małgorzata Masłowska-Bandosz, redaktor  
Mikołaj Maternik, adiustacja językowa  
Dagmara Boltrukiewicz, korekta

Projekt i fotoskład: Studio Poligrafii

Okładka: Depositphotos/Piyachok

Druk: Zakład Poligraficzny  
Antoni Frąckowiak

Oddano do druku: 10.01.2015  
Nakład: 3500 egz.

„Jesteś kreatorem?  
Zostań ekoinnowatorem!”  
to ogólnopolska kampania informacyjno-  
edukacyjna na temat ekoinnowacji



Niniejszy materiał został opublikowany dzięki  
dofinansowaniu Narodowego Funduszu Ochrony  
Środowiska i Gospodarki Wodnej.  
Za jego treść odpowiada wyłącznie Uniwersytet  
Ekonomiczny w Poznaniu.

# Ekologia i minimalizm

Z prof. dr hab. inż. Hanną Żakowską z Instytutu Badawczego Opakowań COBRO, m.in. na temat innowacji w opakownictwie, rozmawia Anna Lewandowska.



■ **Instytut Badawczy Opakowań COBRO od kilkadziesiąt lat zajmuje się badaniami naukowymi oraz pracami rozwojowymi w dziedzinie opakownictwa i ma duże doświadczenie we wdrażaniu innowacyjnych, przyjaznych środowisku rozwiązań. Dlaczego, Pani zdaniem, opakowania są tak istotne z punktu widzenia ochrony środowiska?**

Opakowania, zwłaszcza jednorazowego użycia, to wyroby charakteryzujące się krótkim cyklem życia. Są wytwarzane w celu ochrony innych wyrobów w czasie magazynowania, transportu i dystrybucji. Po zużyciu stają się odpadem opakowaniowym. W Polsce takich odpadów powstaje rocznie ponad 5 mln ton. Istotne jest to, by nie trafiały one na składowiska, gdyż wówczas bezpowrotnie tracimy wartościowe surowce oraz energię. Zgodnie z wymaganiami ochrony środowiska należy je poddać przemysłowym metodom odzysku, przede wszystkim recyklingowi. Rozwój wiedzy w dziedzinie ochrony środowiska naturalnego, jaki nastąpił w ostatnich latach, uwiłdocił, że negatywny wpływ opakowań należy rozpatrywać w całym cyklu ich życia, a nie tylko w fazie odpadów. Z tego względu dużego znaczenia nabrało projektowanie, wytwarzanie i użytkowanie opakowań zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju, a w praktyce handlowej oraz produkcyjnej coraz powszechniej wprowadzane są wyższe standardy niż przewidyują obowiązujące teraz przepisy prawne.

■ **Jak można scharakteryzować obecną sytuację na rynku opakowań w Polsce? Jakie są główne kierunki rozwoju opakowań i jaką rolę w poszukiwaniu innowacji opakowaniowych odgrywa kwestia wpływu opakowań na środowisko?**

Jak wskazują analizy rynku opakowań w Polsce przeprowadzone przez Departament Informacji Gospodarczej Polskiej Agencji Informacji i Inwestycji Zagranicznych, przemysł opakowaniowy wyposażony jest w nowoczesne środki produkcji oraz nowe technologie, a oferta producentów opakowań stała się w pełni konkurencyjna na rynkach zagranicznych. Po stosunkowo niewielkim spadku produkcji w poprzednich latach obecnie obserwuje się jej systematyczny wzrost we wszystkich głównych rodzajach opakowań. Warto podkreślić, że branża opakowań wypracowuje ok. 2%

polskiego PKB. Innowacje produktowe i technologiczne obserwuje się we wszystkich sektorach rynku opakowań. W mniejszym zakresie dotyczą one nowych rozwiązań związanych z wymaganiami ochrony środowiska, a krajowy przemysł nie jest jeszcze do nich dostosowany, głównie z przyczyn ekonomicznych.

Światowym trendem jest m.in. wytwarzanie opakowań z materiałów biodegradowalnych, spełniających kryteria kompostowalności, co umożliwi w odniesieniu do odpadów opakowaniowych wykorzystanie komposto-

wania, czyli metody recyklingu organicznego. Poszukuje się także alternatywnych źródeł materiałowych. Szczególnie preferowane są materiały opakowaniowe z surowców odnawialnych, a w produkcji coraz częściej wykorzystywane są surowce z recyklingu. Ponadto uwzględnia się również materiały o korzystniejszych dla środowiska wskaźnikach „carbon footprint” (emisja gazów cieplarnianych).

■ **Na półkach sklepowych często widzimy produkty przepakowane. Zrozumieć**

## O COBRO

**Instytut Badawczy Opakowań – COBRO jest państwowym instytutem badawczym, nadzorowanym przez ministra właściwego do spraw gospodarki. Przedmiotem podstawowej działalności jest prowadzenie badań naukowych i prac rozwojowych w dziedzinie opakownictwa, przystosowanie wyników tych prac do potrzeb praktyki oraz ich wdrażanie w podmiotach przemysłowych oraz innych organizacjach.**

**COBRO dysponuje nowoczesnie wyposażonymi laboratoriami badawczymi, jak również urządzeniami do produkcji serii doświadczalnych materiałów opakowaniowych i opakowań. Specjaliści COBRO posiadają wieloletnie doświadczenie zawodowe gwarantujące najwyższy poziom badań oraz innych usług.**

**Misją COBRO jest zaspokajanie potrzeb badawczo-rozwojowych, innowacyjnych, edukacyjnych i informacyjnych, podmiotów działających na rzecz projektowania, produkcji, dystrybucji, użytkowania materiałów opakowaniowych i opakowań, a także instytucji, organizacji gospodarczych, organów administracji państwowej i samorządowej, zainteresowanych tą problematyką.**

**Działalność COBRO obejmuje badania naukowe, prace badawczo-rozwojowe oraz wdrażanie wyników tych prac do praktyki w następujących dziedzinach:**

- właściwości materiałów opakowaniowych i opakowań,
- technologie innowacyjnych materiałów opakowaniowych i opakowań oraz pakowania,
- wzajemne oddziaływanie produkt – opakowanie oraz metody zabezpieczenia pakowanego produktu,
- jakość zdrowotna opakowań do kontaktu z żywnością,
- rola opakowań w nowoczesnych systemach logistycznych,
- doskonalenie metody badań materiałów opakowaniowych i opakowań,
- prognozowanie rozwoju przemysłu i rynku opakowań,
- ograniczanie negatywnego wpływu opakowań i odpadów opakowaniowych na środowisko;
- sozologia opakowań, oceny cyklu życia (LCA), wskaźniki emisji CO<sub>2</sub> itd.

## Wybrana aktywność COBRO

- udział w projekcie europejskim EUREKA EI „Nowe warstwowe materiały opakowaniowe z surowców odnawialnych”. Koordynator projektu: prof. dr hab. inż. Marek Kowalczyk, Centrum Chemii Polimerów PAN w Zabrze. Jednostka współrealizująca: Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie (lata 2003-2006),
- udział w projekcie europejskim „CORNET (ERA-NET): Polylactic Acid (PLA) for new biobased packaging”. Europejskie jednostki badawcze i grupy producentów współrealizujące projekt: Ecoplus (Austria), OFI (Austria), Forschungsgesellschaft Kunststoffe e.V. (FGK) (Niemcy), DKI (Niemcy), VKC (Belgia), Celabor (Belgia), Slovenian Plasttechnics Cluster (Słowenia), Plastipolis (Francja) (lata 2008-2010),
- udział w projekcie kluczowym nr POIG.01.03.01-00-018/08 „Materiały opakowaniowe nowej generacji z tworzywa polimerowego ulegającego recyklingowi organicznemu”, realizowanym w ramach środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, priorytet 1. Działanie 1.3 i poddziałanie 1.3.1. Lider projektu: Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych PAN w Zabrze. Partnerzy: Politechnika Warszawska, Politechnika Wroclawska, Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników w Toruniu, Polska Akademia Nauk – Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych (lata 2009-2013),
- udział w projekcie „Plastice (3CE368P1) Innovative value chain development for sustainable plastics in Central Europe”, współfinansowanym przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu dla Europy Środkowej (Central Europe Programme) (lata 2011-2014),
- projekt badawczy COBRO: „System mechatroniczny do badania wpływu zawartości surowców odnawialnych na właściwości wytrzymałościowe materiałów opakowaniowych”, finansowanego przez NCN (2011-2013),
- udział w projekcie „SKROBIOMAT: Modyfikacja i funkcjonalizacja surowców biopolimerowych pochodzących z przetwórstwa zbożowo-młynarskiego do opracowania biomateriałów nowej generacji w ramach programu badań stosowanych. Lider projektu: Instytut Biopolimerów i Włókien Chemicznych w Łodzi. Partnerzy: Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie, Lubella (2012-2015),
- udział w projekcie: „Innowacyjna grupa opakowań kompostowalnych do kontaktu z żywnością „Biotrem Novum” z surowców odnawialnych oraz technologia ich wytwarzania”, finansowanym przez NCBiR. Przedsięwzięcie pilotażowe „Wsparcie badań naukowych i prac rozwojowych w skali demonstracyjnej”. Wnioskodawca: Aston Investment, partner: Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników w Toruniu (2014-2016).
- udział w Akcji COST FP1003 – „BioMatPack – Impact of renewable materials on packaging for sustainability – development of renewable fibre and bio-based materials for new packaging applications”.

można argumenty specjalistów od marketingu, którzy zachęcają do zwiększania powierzchni opakowań w celu umieszczenia na niej informacji promocyjnych. Można jednak przytoczyć też szereg argumentów prośrodowiskowych, takich jak marnotrawstwo surowców opakowaniowych, zwiększanie masy ładunku transportowego czy generowanie niepotrzebnych odpadów. Jaka jest Pani opinia na ten temat? Czy można znaleźć kompromis?

Taki kompromis, zdefiniowany jako „redukcja odpadów u źródła”, zawarto w regulacjach prawnych, lecz założenie to nie jest respektowane przez przedsiębiorców ani kontrolowane przez inspekcje ochrony środowiska. Poprzednia ustawa o opakowaniach i odpadach opakowaniowych oraz obecna o gospodarce opakowaniami i odpadami opakowaniowymi zawierają zapis dotyczący ograniczenia masy lub objętości opakowań do niezbędnego minimum. Ograniczenie to wynika z zasadniczych wymagań wprowadzonych dyrektywą 94/62/EC w odniesieniu do opakowań. Zapobieganie przez redukcję u źródła uwzględnia procedury oceny zgodności wraz ze wskazaniem tzw. obszaru krytycznego. Generalnie redukcja u źródła zapewnia podmiot wprowadzający do obrotu towar w określonym systemie pakowania. Opakowania całego

systemu (jednostkowe, zbiorcze i transportowe) ocenia się, biorąc pod uwagę kilka kryteriów: ochronę produktu, proces wytwarzania opakowań, proces pakowania i napełniania wyrobem, logistykę (w tym transport, magazynowanie, manipulację), prezentację wyrobu, akceptację użytkownika/konsumenta, informację, bezpieczeństwo oraz zgodność z wymaganiami prawnymi itd. Niestety, odpowiedzialne służby nie kontrolują przedsiębiorców w tym zakresie, chociaż przewidziana kara pieniężna wynosi od 5000 do 500 000 zł.

■ **A jaka jest przyszłość opakowań?** Obecnie w Unii Europejskiej prowadzi się kampanię „zero waste Europe”, której jednym z elementów jest promowanie rozwiązań bezopakowaniowych. Sklepy wolne od opakowań (ang. packaging free shops) powstają w coraz większej liczbie krajów, ale są to na razie inicjatywy niszowe. Czy, Pani zdaniem, rozwiną się one w pewien trwały trend, czy będą tylko chwilową modą?

Każdy z nas chce żyć w czystym środowisku, oglądać wspaniałe krajobrazy i przyrodę, a nie tony odpadów w lasach, na poboczach dróg, w parkach, na trawnikach miejskich itd. Z tego względu jestem zwolenniczką zmniejszania ilości i masy odpadów, w tym odpa-

dów opakowaniowych. Wymaga to jednak stworzenia sprawnego systemu organizacyjno-prawnego, którego w Polsce nie ma, a także odpowiedzialności przedsiębiorców, kontroli wymagań prawnych oraz celów strategicznych, wyznaczonych przez resort odpowiedzialny za stan środowiska. Wprowadzona dwadzieścia lat temu dyrektywa 94/62/EC, dotycząca opakowań i odpadów opakowaniowych, zmieniła filozofię myślenia o odpadach. O odpadzie należy myśleć, zanim powstanie, czyli na etapie projektowania opakowań, tworzenia systemów pakowania i doboru elementów oraz materiałów.

Działań zmierzających do ograniczenia odpadów opakowaniowych na poziomie Unii Europejskiej nie nazwałabym niszowymi. Przygotowywane są projekty nowych dyrektyw, które znolizują dyrektywę opakowaniową. Są to: projekt dyrektywy dotyczącej cienkich tworzywowych toreb handlowych, której celem jest ograniczenie negatywnego ich wpływu na środowisko i podjęcie działań zmierzających do zmniejszenia w UE zużycia „foliówek” z ropopochodnych klasycznych tworzyw sztucznych o grubości folii poniżej 50 µm oraz projekt dyrektywy odpadowej, która znolizuje m.in. dyrektywę 94/62/EC w zakresie podniesienia poziomów odzysku i recyklingu wszystkich grup odpadów opakowaniowych. ■



# Materiały hybrydowe – ekoinnovazione na rynku opakowań

Ze względu na stale rosnące wymagania konsumentów i postęp technologiczny, opakowania i materiały stosowane do ich produkcji są ciągle udoskonalane. Interesujące rozwiązanie to materiały hybrydowe, będące alternatywą dla konwencjonalnych tworzyw sztucznych.

■ Kwestia wpływu opakowań i materiałów opakowaniowych na otoczenie w ostatnich latach zyskała na znaczeniu. Jest to spowodowane rosnącą świadomością społeczeństwa, które coraz większą wagę przywiązuje do ekologii, oraz korzystnymi zmianami w prawodawstwie, wspierającymi inicjatywy proekologiczne i przyczyniającymi się do rozwoju coraz bardziej efektywnego systemu zbiórki odpadów i ich właściwego zagospodarowania. Odzwierciedleniem tych tendencji w przemyśle opakowaniowym jest projektowanie innowacyjnych materiałów i wprowadzanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych. Ma to na celu uzyskiwanie opakowań, które w jak najlepszy sposób zabezpieczają pakowany produkt przed czynnikami zewnętrznymi, znacząco wydłużają okres zachowania jego jakości i wartości użytkowej oraz cechują się jak najmniej negatywnym wpływem na środowisko.

## Opakowania innowacyjne

W trend innowacyjnych materiałów opakowaniowych wpisują się opakowania aktywne i inteligentne, a także materiały hybrydowe. Rozwiązania te bazują na wykorzystaniu materiałów stwarzających optymalne warunki przechowywania towarów, co oznacza zapewnienie odpowiedniej ochrony produktu, właściwej odporności mechanicznej opakowania, barierowości w stosunku do pary wodnej i gazów (tlenu i dwutlenku węgla) czy informowaniu konsumenta o jakości zapakowanego produktu. Duże wymagania stawiane są opakowaniom przeznaczonym do produktów spożywczych, które w większości są nietrwałe, podatne na uszkodzenia mechaniczne, wpływ czynników klimatycznych oraz rozwój niepożądanego mikroflory. Zapewnienie właściwej ochrony w łańcuchu logistycznym tej grupie produktów wiąże się nie tylko z utrzymaniem ich jakości i walorów sensorycznych, ale przede wszystkim z bezpieczeństwem, gdyż ich konsumpcja wpływa bezpośrednio na nasze zdrowie.

Opakowania tradycyjne w sposób pasywny pełnią funkcję ochronną, stanowiąc swoistą barierę pomiędzy zapakowanym produktem

a otoczeniem. Ich rola polega na ochronie produktu przed uszkodzeniami mechanicznymi, zanieczyszczeniami, narażeniem na czynniki mikrobiologiczne czy chemiczne, przy czym zakłada się jak najwyższą inertność materiału opakowaniowego, który nie powinien wchodzić w interakcje z produktem. W przeciwieństwie do nich opakowania aktywne (ang. active packaging) to takie, które prócz tradycyjnej funkcji właściwego izolowania produktu od środowiska zewnętrznego i jego ochrony, dodatkowo aktywne w nim oddziałują lub z atmosferą wewnątrz opakowania. Interakcje te przebiegają w sposób zaplanowany i kontrolowany, co wpływa korzystnie na jakość i bezpieczeństwo produktu oraz wydłuża jego czas przechowywania<sup>1</sup>.

Opakowania aktywne stanowią różnorodną grupę pod względem zastosowanych w nich rozwiązań technologicznych, ze względu na konieczność indywidualnego dostosowania ich do właściwości pakowanych produktów spożywczych. Jest to związane z rodzajem przemian zachodzących w żywności, tj. fizjologicznych (oddychanie świeżych owoców i warzyw) chemicznych (utlenianie tłuszczów, degradacja witamin), czy mikrobiologicznych. Wśród stosowanych rozwiązań wyróżnić można systemy oparte na pochłaniaczach i emiterach. Pochłaniacze (np. tlenu, dwutlenku węgla, wody, etylenu czy aromatów) mają za zadanie usunąć z opakowania szkodliwe gazy i przedłużyć trwałość produktu. Natomiast emitery umożliwiają uwalnianie do wnętrza opakowania określonych substancji, np. ograniczających rozwój niepożądanych mikroorganizmów, w tym patogennych<sup>1, 2</sup>. Materiały o działaniu przeciwdrobnoustrojowym, będące elementem opakowań aktywnych, umożliwiają wydłużenie okresu przydatności produktu do spożycia, a także wpływają korzystnie na zapewnienie bezpieczeństwa zapakowanej żywności.

Opakowania inteligentne (ang. intelligent packaging), nazywane też sprytnymi (ang. smart packaging), to takie, które umożliwiają monitorowanie stanu jakości i bezpieczeństwa produktu w nie zapakowanego i przekazanie tej informacji konsumentowi. Funkcja ta może być realizowana poprzez swoistą cechę

materiału opakowaniowego, jego specjalny element, bądź też w wyniku interakcji między materiałem opakowaniowym a produktem. W systemach tych stosuje się sensory gazów (np. tlenu i dwutlenku węgla) umożliwiające pomiar ich stężenia, wskaźniki czasowo-temperaturowe (ang. TTI – time and temperature indicators) czy biosensory do oceny zmian mikrobiologicznych<sup>3</sup>.

Opakowania innowacyjne, w tym aktywne i inteligentne, znacznie efektywniej zabezpieczają produkty spożywcze przed uszkodzeniami, pozwalają na dłuższe utrzymanie ich pożądanej jakości i wydłużenie terminu przydatności do spożycia, jednocześnie ułatwiając dystrybucję. Przyczyniają się w ten sposób do ograniczenia psucia się żywności na poszczególnych etapach procesu logistycznego. Aspekt ten jest niezwykle istotny w świetle znaczących kosztów produkcji żywności i wpływu na obciążenie środowiska. Nie bez znaczenia jest koszt wytworzenia opakowań, jednakże w wybranych systemach pakowania korzyścią płynącą ze stosowania innowacyjnych rozwiązań w zakresie materiałów opakowaniowych może być zmniejszenie ilości warstw w konstrukcji opakowania, a przez to redukcja ilości materiału (dzięki podwyższonej odporności mechanicznej, termicznej, wyższej barierowości). W efekcie pozwala to ograniczyć zużycie surowców i energii niezbędnych w procesie produkcji czy też w przypadku materiału bardziej jednorodnego ułatwia jego zagospodarowanie po zakończeniu użytkowania.

## Hybrydowe, czyli jakie?

Interesującą alternatywę dla konwencjonalnych tworzyw sztucznych stosowanych w przemyśle opakowaniowym stanowią innowacyjne materiały hybrydowe, które łączą pożądane cechy polimerów organicznych z zaletami komponentów nieorganicznych. Zapewnia to w efekcie materiały o nowych, unikatowych cechach, strukturze, a także o szerszym wachlarzu zastosowań. Mogą być one otrzymywane w postaci żelów, monolitów, cienkich filmów, włókien czy proszków. Organiczno-nieorganiczne hybrydy łączą pożądane cechy matrycy organicznej, takie jak plastyczność, elastyczność, zdolność przetwórstwa i łatwość formowania matrycy organicznej, z twardością, odpornością chemiczną i termiczną oraz wytrzymałością komponentów nieorganicznych i umożliwiają uzyskanie materiałów wielofunkcyjnych<sup>4, 5</sup>.

## Nanokompozyty polimerowe

W grupie materiałów hybrydowych wyróżnić można nanokompozyty polimerowe, które charakteryzują się tym, że przynajmniej jedna z faz posiada wymiar mieszczący się w nanoskali (1-100 nm). Są to układy dwufazowe, w których matryca polimerowa wzmacniana jest nanonapełniaczami, takimi jak wytrącany dwutlenek krzemu lub tytanu, nanorurki czy krzemiany warstwowe.



Na szczególną uwagę zasługują nanokompozyty polimerowe na bazie krzemianów warstwowych, które wykazują podwyższoną odporność mechaniczną i termiczną oraz wysoką barierowość w stosunku gazów w porównaniu do konwencjonalnych tworzyw sztucznych. Warto podkreślić, że korzystne zmiany właściwości fizyczno-chemicznych można uzyskać już przy niewielkich ilościach nanonapełniacza: 4-6% wagowych. W celu uzyskania podobnego efektu w przypadku konwencjonalnych napełniaczy, stosuje się udziały rzędu kilkudziesięciu procent wagowych. Mała zawartość nanonapełniacza nie powoduje znacznego zwiększenia gęstości materiału polimerowego (i związane z tym wzrostu masy) oraz obniżenia przepuszczalności światła, co umożliwia otrzymywanie materiałów przezroczystych i nie wpływa negatywnie na możliwość stosowania tradycyjnych metod przetwórstwa, takich jak: wtrysk, wytłaczanie czy kalandrowanie. Możliwe jest zatem otrzymywanie nanokompozytów polimerowych w postaci giętkich folii, sztywnych pojemników czy powłok, które można stosować do modyfikacji papieru lub jako warstwę składową laminatu.

Nanokompozyty polimerowe znalazły zastosowanie w konstrukcji butelek o podwyższonej barierowości, które nie tylko zapewniają właściwą ochronę zapakowanego produktu i zachowanie jego cech sensorycznych, ale też pozwalają wydłużyć okres przydatności do spożycia, szczególnie w przypadku napojów gazowanych.

Znacząca poprawa odporności na przenikanie tlenu, dwutlenku węgla, czy pary wodnej jest wynikiem obecności w nanokompozycie fazy nieorganicznej, która w odpowiedni sposób zdyspergowana w matrycy polimeru stanowi swoistą barierę, powodującą wydłużenie ścieżki dyfuzji gazów. Z handlowych marek wymienić można materiały takie jak: Imperm (na bazie nanopoliamidu MXD6 firmy Nanacor), M9 (Mitsubishi Gas Chemical Company), Durethan KU2-2601 (Bayer) czy Aegis (Honeywell Polymer), wykorzystywane do produkcji opakowań o podwyższonej barierowości przeznaczonych do napojów.

Aktualnie intensywne prace ośrodków naukowych koncentrują się na uzyskaniu materiałów opakowaniowych (w tym przeznaczonych do opakowań aktywnych), opartych na nanokompozytach polimerowych z udziałem polimerów biodegradowalnych, pochodzących z surowców odnawialnych, by jak najlepiej spełniały funkcję ekologiczną. Naturalne biopolimery, do których zaliczają się m.in. celuloza, skrobia, żelatyna czy chitozan są łatwo dostępne i tanie, a także stwarzają możliwość uzyskiwania materiałów opakowaniowych kompostowalnych.

Znane są także rozwiązania bazujące na wykorzystaniu nanomateriałów w konstrukcji opakowań inteligentnych, aktywnych, w tym antymikrobiologicznych, przeznaczonych do pakowania żywności<sup>6</sup>. Jednakże rozwiązania te budzą pewne kontrowersje, dotyczące głównie bezpieczeństwa stosowa-

nia takich materiałów, ze względu na nie do końca poznany mechanizm migracji cząstek o rozmiarach nanometrycznych z opakowania do produktu, czy ich wpływ na organizm ludzki i środowisko przyrodnicze. Obecnie nie ma pełnego społecznego poparcia dla tych materiałów, co wiąże się także z brakiem odpowiednich regulacji prawnych i norm określających sposób badania ich właściwości, jak to ma miejsce w przypadku procedur kontroli, którym podlegają tradycyjne opakowania. Ponadto, ze względu na nowatorski charakter nanokompozytów, kontrola ich jakości wiąże się z zastosowaniem trudnodostępnej specjalistycznej aparatury badawczej. Barierą jest także wysoki koszt tych innowacyjnych materiałów.

### Nowatorskie rozwiązania

Specjalnie interesujące wydają się organiczno-nieorganiczne materiały hybrydowe na bazie biopolimerów, zbudowane z dwóch lub więcej liczby komponentów, które zostały połączone na poziomie molekularnym i nie stanowią zwykłej mieszaniny składników w ujęciu fizycznym. Nie istnieje zatem obawa, że część składowa tego materiału może być łatwo uwalniana z opakowania do produktu.

Spośród polimerów nieorganicznych stosowanych w układach hybrydowych do najbardziej popularnych należą (poli)siloksany. Cechuje je wysoka odporność termiczna, odporność na utlenianie, niskie napięcie powierzchniowe, przepuszczalność dla gazów, znakomite właściwości dielektryczne oraz obojętność fizjologiczna, co przyczyniło się do szerokiego ich stosowania w wielu gałęziach przemysłu. Z kolei umiejętne połączenie tych właściwości z cechami polimerów organicznych stwarza możliwość projektowania nowych materiałów polimerowych o kontrolowanych parametrach mechanicznych i właściwościach użytkowych. Polidimetylosiloksany są biernie chemicznie dlatego, aby możliwe było ich połączenie z polimerami organicznymi. Wymagają modyfikacji chemicznej (funkcjonalizacji) grupami organicznymi<sup>7</sup>.

W literaturze opisano wiele układów hybrydowych opartych na biopolimerach i polimerach nieorganicznych, które mogą znaleźć zastosowanie w przemyśle opakowaniowym. Jednym z nich są żelatynowo-siloksanowe materiały hybrydowe. Żelatyna jest hydrofilowym, biodegradowalnym i biokompatybilnym polimerem, otrzymywanym na drodze hydrolizy wiązań peptydowych kolagenu pochodzącego ze skór, ścięgien czy kości zwierzęcych<sup>8</sup>. Dzięki swym zaletom (dostępny, bezpieczny polimer naturalny) znalazł szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym jako stabilizator i napełniacz środków spożywczych oraz jest wykorzystywana do celów biomedycznych i farmaceutycznych<sup>9</sup>. Trwałe połączenie żelatyny na drodze reakcji chemicznej z (poli)siloksanami pozwala na wyeliminowanie jednego z głównych mankamentów ograniczających jej znaczenie użytkowe, czyli niewystarczającej odporności

mechanicznej<sup>10</sup>. Otrzymany w ten sposób materiał hybrydowy łączy w sobie zalety biodegradowalnej żelatyny z pożądanymi cechami związków krzemorganicznych, takimi jak wysoka odporność termiczna, odpowiednie właściwości mechaniczne czy hydrofobowość. Ponadto opracowany w tym rozwiązaniu sposób otrzymywania materiałów hybrydowych pozwala na uzyskiwanie funkcjonalnych materiałów opakowaniowych: przyjaznych środowisku, o ściśle kontrolowanych parametrach, tj. rozpuszczalności lub jej braku nawet we wrzącej wodzie, wyższej odporności mechanicznej i termicznej, wysokiej barierowości w stosunku do pary wodnej i tlenu, a także ograniczających rozwój niepożądaną mikroflory bakteryjnej. Uzyskane w ten sposób organiczno-nieorganiczne materiały hybrydowe o odmiennych właściwościach fizyczno-chemicznych i użytkowych mogą znaleźć zastosowanie nie tylko w przemyśle opakowaniowym (jako samodzielny materiał lub warstwa modyfikująca), ale też w produkcji środków powłokotwórczych czy materiałów biomedycznych.

Rozważając temat ekoinnowacji w przemyśle opakowaniowym, warto pamiętać, że nawet najnowsze rozwiązania technologiczne czy użycie proekologicznych materiałów nie zapewnią niskiego obciążenia środowiska przyrodniczego, jeśli opakowanie, które stanie się odpadem, nie zostanie właściwie zagospodarowane. Oznacza to, że znaczący wpływ na środowisko mają konsumenci. ■

dr inż. Patrycja Wojciechowska

Katedra Towaroznawstwa i Ekologii Produktów Przemysłowych, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

Źródła

1. Rooney M.L.: *Introduction to active food packaging technologies*. [W:] Han J.H. (ed.): *Innovations in food packaging*. Elsevier Academic Press, Oxford 2005.
2. Emamifar A.: *Applications of Antimicrobial Polymer Nanocomposites in Food Packaging*. [W:] Hashim A. (ed.): *Advances in Nanocomposite Technology*. InTech, Vienna 2011.
3. Dainellia D., Gontard B., Spyropoulos D., Zondervan-van den Beukend E., Tobback P.: *Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns*. „Trends in Food Science & Technology” 19/2008.
4. Kicelbick G.: *Concepts for the incorporation of inorganic building blocks into organic polymers on a nanoscale*. „Progress in Polymer Science” 28/2003.
5. Sanchez C., Julian B., Belleville P., Popall M.: *Applications of hybrid organic-inorganic nanocomposites*. „Journal of Materials Chemistry” 15/2005.
6. Azeredo H.M.C.: *Nanocomposites for food packaging applications*. „Food Research International” 42 (9)/2009.
7. Maciejewski H., Szubert K., Marciniak B.: *Technologie otrzymywania funkcjonalizowanych polisiloksanów*. „Polimery” 10/2009.
8. Bigi A., Cojazzi G., Panzavolta S., Rubini K., Roveri N.: *Mechanical and thermal properties of gelatin films at different degrees of glutaraldehyde crosslinking*. „Biomaterials” 22/2001.
9. Sobczak M., Oleđzka E., Kołodziejki W.L., Kuźmicz R.: *Polimery do zastosowań farmaceutycznych*. „Polimery” 6/2007.
10. Wojciechowska P., Pietras P., Maciejewski H.: *Synthesis, Characterization, and Thermal Properties of Organic-Inorganic Hybrids Based on Gelatin and Organomodified Silicones*. „Advances in Polymer Technology” 33/2014.



# Laminaty nowej generacji

Obecnie dąży się do projektowania materiałów opakowaniowych w taki sposób, aby zapewnić spełnienie podstawowych funkcji opakowań przy równoczesnej dbałości o środowisko. Owocuje to tworzeniem innowacyjnych laminatów dwuwarstwowych.

■ Laminaty stanowią tworzywa wielowarstwowe, powszechnie wykorzystywane w różnych gałęziach przemysłu, także w opakownictwie. Istotą procesu laminowania jest nadanie materiałowi pożądanych parametrów, ważnych z punktu widzenia potencjalnego zastosowania, takich jak barierowość, zgrzewalność, połysk itp.

## Budowa i cechy

Innowacyjne laminaty bazują na opatentowanej folii polipropylenowej Metallyte™ 28UBW-ES, składającej się z rdzenia polipropylenowego, warstwy ultrabarierowej, próżniowo nałożonej warstwy aluminium oraz warstwy szybkozgrzewalnej. Jej grubość wynosi 28 mikronów, przepuszczalność pary wodnej oraz tlenu odpowiednio 0,3 g/m<sup>2</sup>/24 h oraz 0,1 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/24 h, natomiast siła zgrzewu to 1500 g/25 mm. Struktura 28UBW-ES cechuje się doskonałą zgrzewalnością i odpornością na przebicie oraz bardzo wysoką barierowością (rys.). Co więcej, jest błyszcząco biała w środku oraz metalizowana na zewnątrz, co zapewnia atrakcyjny wygląd na półce sklepowej.

Folia 28UBW-ES może być łączona z papierem lub dwuosioowo orientowaną folią polipropylenową (BOPP) czy poliestrową (BOPET) w procesie laminacji poliuretanowej. Wytwarzane laminaty dwuwarstwowe są w stanie konkurować z materiałami standardowo używanymi do produkcji opakowań miękkich, np. z papierem/LDPE/PVDC, papierem/LDPE/AL7/LDPE oraz uszlachetnionymi foliami BOPET oraz BOPP. Oznaczają się one ponadto mniejszą wagą, większą wytrzymałością mechaniczną i odpornością na zginanie oraz niższymi współczynnikami migracji w porównaniu do tradycyjnych opakowań.

## Zastosowanie

Nowoczesne laminaty oparte na strukturze 28UBW-ES mogą być używane do wytwarzania płaskich saszetek lub torebek zgrzewanych trój- i czterostronnie, preferowanych w przypadku szybkich maszyn pakujących zgrzewających. Materiał ten posiada certyfikat dopuszczający do kontaktu z żywnością oraz spełnia kryteria dyrektyw europejskich, co powoduje, iż znajduje zastosowanie

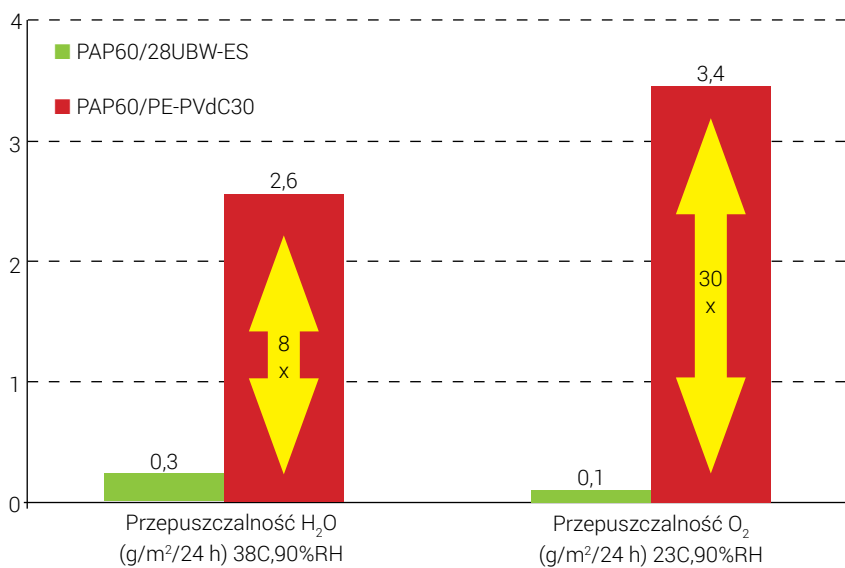


Depositphotos/adisa

w wielu gałęziach przemysłu spożywczego, m.in. do pakowania ziół, mieszanek przypraw w proszku i przypraw w płynie (np. ziela angielskiego, pieprzu, papryki, chili, imbiru, sosów), deserów (np. kisielu, budyniów, galaretek, proszków do pieczenia, cukru waniliowego, sody oczyszczonej, bakalii). Można z niego produkować opakowania produktów typu instant, np. zup, sosów, dodatków do gotowania, cappuccino, kawy rozpuszczalnej, również „kawy 3 w 1”, kopert na herbatki pakowane osobno, a także opakowań do słodczy, np. batonów (w tym czekoladowych), wafli i ciastek.

## Przyjazne dla środowiska

Zastosowanie uproszczonej i lekkiej struktury laminatu zapewnia wiele korzyści środowiskowych. Innowacyjna folia polipropylenowa gwarantuje znaczące obniżenie wagi opakowania oraz zmniejszenie zużycia surowców służących do jej wyprodukowania. Porównując wydajność laminatów dwuwarstwowych na bazie struktury Metallyte 28UBW-ES (gramatura 87 g/m<sup>2</sup>) z trójwarstwowymi laminatami z udziałem PVdC (gramatura 92 g/m<sup>2</sup>) można stwierdzić, iż opakowanie jest o 5% lżejsze (100 tys. m<sup>2</sup> laminatu to oszczędność 0,5 t opakowań). Zestawiając natomiast innowacyjny laminat z laminatem czterowarstwowym z siedmiomikronowej folii aluminiowej (gramatura 106 g/m<sup>2</sup>), uznano, iż opakowanie jest lżejsze o 24% (100 tys. m<sup>2</sup> laminatu to oszczędność 2,5 t opakowań). Lżejszy materiał opakowaniowy przekłada się także na poprawę



■ Porównanie właściwości barierowych laminatów używanych do pakowania produktów suchych<sup>1</sup>





aspektów środowiskowych kolejnych etapów cyklu życia opakowań – transportu (redukcja zużycia paliwa oraz emisji transportowych) oraz końcowego zagospodarowania (zmniejszenie ilości generowanych odpadów).

### Analiza cyklu życia

Zmiana specyfikacji opakowań, polegająca na rezygnacji z warstwy aluminium przy założonym rocznym zużyciu na poziomie 350 ton, powoduje zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych o blisko 800 t/rok. Jest to ilość, jaką wytworzyłyby 277 nowoczesnych samochodów kompaktowych, zakładając, że rocz-

ny przebieg jednego z nich wynosi 20 tys. km. Analizując poszczególne aspekty środowiskowe folii aluminiowej o grubości 7 mikronów oraz struktury 28UBW-ES, dostrzeżono istotne korzyści laminatów dwuwarstwowych. Szczegóły odnośnie ilości odpadów, wielkości emisji gazów cieplarnianych i zużycia energii przedstawiono w tabeli.

### Nowoczesne techniki drukujące

Kolejnym obszarem doskonalenia cyklu życia laminatów dwuwarstwowych jest ich zadrukowywanie. Nowa generacja systemu suszenia w technologii EB (ang. Electron-Beam) polega na akceleracji elektronów

o niskiej energii i może mieć zastosowanie m.in. w przypadku druku fleksograficznego oraz offsetowego. W porównaniu z innymi technikami suszenia, EB umożliwia szybkie prowadzenie druku przy niższym zużyciu prądu, co przekłada się na energochłonność produkcji opakowania. To jednak nie jedyne zalety tych rozwiązań. Farby EB nie zawierają trujących substancji lotnych i rozpuszczalników, np. fotoinicjatorów, dzięki czemu spełniają najostrejsze normy ochrony środowiska. Nie powodują również migracji lotnych związków organicznych – LZO (ang. Volatile Organic Compound – VOC) do produktu. Co więcej, druk cechuje się wysoką jakością oraz odpornością na działanie czynników mechanicznych i chemicznych<sup>2</sup>.

O ekoinnowacyjności opakowania decyduje wiele kwestii. Zastosowanie innowacyjnych laminatów dwuwarstwowych ze strukturą 28UBW-ES pozwala na doskonalenie najważniejszych funkcji opakowań: ochronnej, transportowej, marketingowej, ale także i środowiskowej. Do najistotniejszych zalet zalicza się redukcję masy jednostkowej przy analogicznej wydajności opakowania, co w rezultacie przekłada się na wiele aspektów cyklu życia tego wyrobu. ■

**dr inż. Jarosław Selech,**  
broker innowacji, Politechnika Poznańska

#### Źródła

- Łapaj M.: *Potencjalny ekologiczny impact folii opakowaniowych firmy Cykorina. Folie wysokobarierowe Metallite™. ExxonMobil. Chemical. Luksemburg 2011.*
- Selech J., Prokop M.: *ElectronBeam nowoczesna technologia w branży opakowań miękkich. Logistyka-Opakowania. „Przemysł Spożywczy” 71-72/2013.*

#### ■ Porównanie wybranych aspektów cyklu życia materiałów barierowych<sup>1</sup>

Komponent analizy cyklu życia	Folia aluminiowa 7 mikronów	Folia 28UBW-ES	Różnica
Masa [kg/1000 m <sup>2</sup> ]	46,4	20,7	25,7
Energia ze źródeł kopalnych [GJ/1000 m <sup>2</sup> ]	5,7	2,2	3,5
Energia ze źródeł niekopalnych [GJ/1000 m <sup>2</sup> ]	1,1	0,2	0,9
Odpady stałe – proces [GJ/1000 m <sup>2</sup> ]	60,0	1,4	58,6
Odpady stałe – paliwo [GJ/1000 m <sup>2</sup> ]	84,3	9,9	74,4
Emisja gazów cieplarnianych – proces [GJ/1000 m <sup>2</sup> ]	45,3	7,5	37,8
Emisja gazów cieplarnianych – paliwo [GJ/1000 m <sup>2</sup> ]	292,0	88,3	203,7

# Nie wszystko złoto...

Nanosrebro wykazuje wzmożone właściwości przeciwdrobnoustrojowe już przy niskich stężeniach i wobec szerokiego zakresu mikroorganizmów, dlatego stosowane jest w wielu produktach – od kosmetyków po opatrunki. Budzi także duże zainteresowanie przemysłu opakowaniowego.

■ Naukowcy od dawna interesowali się nanometrycznym srebrem, jednak dopiero rozwój technologii zintensyfikował badania nad nanosrebrem i możliwościami jego wykorzystywania.

## Opakowania i ich funkcje

Opakowania pełnią różne funkcje, spośród których wyróżnić można: towaroznawczą, marketingową i ekologiczną. Główną funkcją opakowania o charakterze towaroznawczym jest ochrona. Wszystkie produkty mogą podlegać w czasie różnorodnym zmianom: fizycznym, biochemicznym, enzymatycznym czy mikrobiologicznym, co prowadzić może do wzrostu narażenia konsumenta na szkodliwe oddziaływanie produktu. Dobre opakowanie to zatem takie, które chroni zarówno produkt, jak i konsumenta. Obecnie powinno być ono także przyjazne środowisku i skutecznie spełniać funkcję marketingową<sup>1,2</sup>.

## Materiały polimerowe

Materiały polimerowe o działaniu przeciwdrobnoustrojowym można podzielić na cztery rodzaje (rys. 1).

Jednym ze sposobów na osiągnięcie właściwości przeciwdrobnoustrojowych jest użycie nanocząstek srebra. Najprostszą metodą wytwarzania nanokompozytów polimerowych ze srebrem jest metoda rozpuszczalnikowa. Polega ona na zmieszaniu

roztworu polimeru z koloidem nanocząstek srebra w obecności odpowiednich substancji stabilizujących. Zaletą procesów otrzymywania polimerów z nanocząstkami srebra jest możliwość stosowania substancji nieszkodliwych dla środowiska, np. wody jako rozpuszczalnika, glukozy jako czynnika redukującego czy polisacharydów jako czynników stabilizujących<sup>4</sup>. Zaletą nanocząstek srebra jest to, że mogą być one łatwo wprowadzone do wielu materiałów, takich jak tekstylia czy tworzywa sztuczne<sup>5</sup>.

## Wokół konserwantów

W celu zapewnienia stabilności mikrobiologicznej produktu stosuje się środki konserwujące, których zadaniem jest utrzymanie produktu w czystości w procesie wytwarzania, pakowania, magazynowania, a także w trakcie użytkowania. Jednymi z najczęściej używanych konserwantów w kosmetykach są estry kwasu p-hydroksybenzoesowego (czyli powszechnie znane parabeny). Mimo że nie są one silnymi alergenami, to powszechność ich stosowania powoduje, że zalicza się je do substancji często uczulających<sup>6,7</sup>. Wskazuje się również, że stanowią one potencjalne zagrożenie dla organizmów wodnych<sup>8</sup>. Zastosowanie nanosrebra w opakowaniach kosmetyków umożliwi wyeliminowanie ze składu kosmetyków parabenów, przy jednoczesnym utrzymaniu trwałości mikrobiologicznej produktu. Wskazuje się na potencjalnie pozy-



tywny wpływ takiego rozwiązania na środowisko naturalne<sup>9</sup>.

## W trosce o środowisko

Zwiększająca się skala zastosowania nanomateriałów i nanocząstek w produktach spowodowała rozwój badań nad ich bezpieczeństwem dla zdrowia ludzi oraz środowiska naturalnego. Zwraca się uwagę, że to samo oddziaływanie przeciwdrobnoustrojowe nanosrebra korzystne w opakowaniach może być jednocześnie niekorzystne dla biosystemu. Sugeruje się, że właściwości nanocząsteczek wykorzystywane w niektórych zastosowaniach (takie jak wysoka reaktywność powierzchni czy zdolność do przenikania przez błonę komórkową) mogą mieć negatywny wpływ na zdrowie ludzi i na środowisko naturalne<sup>10,11</sup>. Biorąc pod uwagę źródło powstawania nanocząstki można podzielić na naturalnie pojawiające się w środowisku (w wyniku rozkładu materiałów geologicznych lub organicznych) oraz takie, które pojawiły się wskutek działalności człowieka (zamierzonej lub niezamierzonej) – rys. 2.

Zagrożenia wynikające ze stosowania nanomateriałów dotyczą najczęściej nanocząstek projektowanych. Uwzględniając rosnące zastosowanie nanocząstek i nanomateriałów w produktach i rozpatrując scenariusze ich obiegu w środowisku stwierdza się, że mogą one dostać się do naturalnych systemów (woda, gleba, powietrze) poprzez ścieki



■ Rys. 1. Rodzaje materiałów polimerowych o działaniu przeciwdrobnoustrojowym. Źródło: opracowanie własne na podstawie<sup>3</sup>





rozwiązanie w postaci opakowań kosmetycznych z nanosrebrem, oprócz eliminacji z produktu szkodliwych parabenów, uniemożliwia także bezpośrednie oddziaływanie na środowisko naturalne, poprzez „zamknięcie” nanocząstek srebra w polimerze. W wyniku badań stwierdzono, że możliwe jest, w określonych warunkach, zastąpienie konserwantów dodawanych do wybranych kosmetyków, nanosrebrem zawartym w ich opakowaniu z tworzyw sztucznych. Wykazano również, że cząstki srebra o mniejszych rozmiarach przy jednoczesnym równomiernym ich rozmieszczeniu w matrycy polimerowej wykazują lepszą skuteczność przeciwdrobnoustrojową w badanym rozwiązaniu niż cząstki srebra o dużych rozmiarach, nawet przy ich większej zawartości. Stwierdzono jednocześnie, że nanocząstki srebra, w założonych warunkach badania, nie migrują z opakowania polimerowego do przechowywanego w nim produktu kosmetycznego<sup>9</sup>. Stanowi to podstawę do stwierdzenia, iż stosowanie nanosrebra w opakowaniach kosmetyków może być skuteczną metodą konserwacji zapakowanego produktu, a co więcej, jest to rozwiązanie wpisujące się w nurt ekoinnowacyjności. ■

**dr inż. Dorota Rodewald-Dulał,**  
Instytut Technologii Drewna, Poznań

**Źródła**

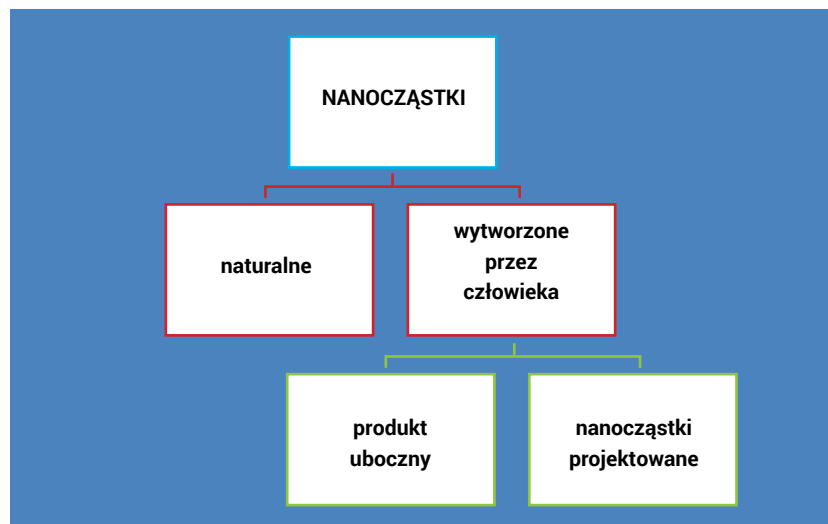
1. Cichoń M.: *Opakowanie w towaroznawstwie, marketingu i ekologii*. Zakł. Narod. im. Ossolińskich. Wrocław 1996.
2. Cichoń Z.: *Nowoczesne opakowalnictwo żywności*. Zakł. Narod. im. Ossolińskich. Wrocław 1996.
3. Muñoz-Bonilla A., Fernández-García M.: *Polymeric materials with antimicrobial activity*. „Progress in Polymer Science” 37/2012.
4. Sionkowski G., Kaczmarek H.: *Polimery z nanocząstkami srebra – wybrane układy – otrzymywanie, właściwości, zastosowania*. „Polimery” 7-8/2010.
5. Duncan T.V.: *Applications of nanotechnology in food packaging and food safety: Barrier materials, antimicrobials and sensors*. „Journal of Colloid and Interface Science” 363/2011.
6. Kieć-Świerczyńska M., Kręcisz Świerczyńska-Machura B.: *Uczulenie kontaktowe na środki konserwujące zawarte w kosmetykach*. „Medycyna Pracy” 3/2006.
7. Wojciechowska M., Gocki J., Bartuzi Z.: *Alergia na kosmetyki*. „Polski Merkuriusz Lekarski” 45/2008.
8. Dobbins L.L., Usenko S., Brain R.A., Brooks B.W.: *Probabilistic ecological hazard assessment of parabens using Daphnia Magna and Pimephales Promelas*. „Environmental Toxicology and Chemistry” 12/2008.
9. Rodewald D.: *Ocena trwałości mikrobiologicznej preparatów kosmetycznych w opakowaniach polimerowych modyfikowanych nanosrebrem*. Praca doktorska. Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu. Poznań 2014.
10. Prusak D.: *Nanotechnologia w służbie człowieka i środowiska*. Cz. I i II. „Ekopartner” 9/2008 i 12/2008.
11. Makles Z.: *Nanomateriały – nowe możliwości, nowe zagrożenia*. „Bezpieczeństwo pracy” 2/2005.
12. Świdwińska-Gajewska A.M.: *Nanocząstki (część 1) – Produkt nowoczesnej technologii i nowe zagrożenie w środowisku pracy*. „Medycyna Pracy” 3/2007.
13. Brar, S.K., Verma M., Tyagi, R.D., Surampalli R.Y.: *Engineered nanoparticles in wastewater and wastewater sludge – Evidence and impacts*. „Waste Management” 30/2010.
14. Bystrzejewska-Piotrowska G., Golimowski J., Urban P.L.: *Nanoparticles: Their potential toxicity, waste and environment management*. „Waste Management” 29/2009.

komunalne i przemysłowe. Tam mogą nastąpić ulec bioakumulacji, z czego może wynikać potencjalne zagrożenie dla środowiska<sup>13</sup>.<sup>14</sup>. Należy również wziąć pod uwagę fakt, że nanocząsteczki nie są jednorodną grupą obiektów, ale charakteryzują się różnorodnością kształtów, rozmiarów i związków. Obecnie trwają badania prowadzone w szerokim zakresie przez różne ośrodki na całym świecie, których celem jest określenie szkodliwości nanocząsteczek i nanomateriałów, także jako składników produktów konsumenckich, takich jak kosmetyki. Uwaga skupiona jest

przede wszystkim na materiałach najczęściej stosowanych w nanoproductach, a także na produktach codziennego użytku zawierających nanoskładniki. W celu określenia poziomu bezpieczeństwa stosowanych nanomateriałów konieczne jest ustalenie poziomu ryzyka oraz ekspozycji.

**Nanosrebro w opakowaniach kosmetycznych**

Biorąc pod uwagę niepewność odnośnie bezpieczeństwa nanocząstek proponowane



■ Rys. 2. Podział nanocząstek ze względu na sposób powstawania<sup>12</sup>

# Po pierwsze: nie marnuj!

Codziennie na całym świecie marnuje się znaczną ilość żywności. Produkty te ze względu na termin przydatności nie powinny być już wykorzystywane, a często nadają się jeszcze do spożycia. Jak temu zaradzić? Jednym z istotnych trendów w zabezpieczeniu żywności przed zepsuciem jest stosowanie pochłaniaczy tlenu.

■ Unia Europejska postawiła sobie za cel ograniczenie zjawiska marnowania żywności o połowę do 2025 r. Działania te mają przynieść dwojaki skutek. Z jednej strony, w obliczu głodu ludzi na świecie, za-

daniem jest racjonalizacja gospodarowania żywnością wśród konsumentów, a z drugiej – ograniczenie wytwarzania odpadów żywnościowych. Jest co robić, gdyż statystyki Głównego Urzędu Statystycznego podają,

iż rocznie w Polsce marnuje się niemalże 9 mln ton żywności. Jak wynika z badań Federacji Polskich Banków Żywności, aż 30% Polaków przyznaje się do marnowania żywności, a aż 70% zrobiło to w ciągu ostatniego miesiąca!

Marnowanie żywności to nie tylko problem ekonomiczny i społeczny. Żywność to dobro, którego wyprodukowanie jest wysoce kosztowne dla środowiska. Jej wytwarzanie wiąże się z zużyciem konkretnych zasobów – wody, powietrza, energii oraz surowców i produktów, a także z powstawaniem odpadów, ścieków, emisją zanieczyszczeń do powietrza itp. Dopiero kompleksowe podejście do cyklu życia wytworów spożywczych odzwierciedla ich rzeczywisty wpływ ekonomiczny i środowiskowy. Kolejne etapy cyklu życia żywności, takie jak pakowanie, dystrybucja, przechowywanie czy unieszkodliwianie, również wymagają użycia zasobów – energii i paliwa,





wody i ziemi, co przyczynia się do emisji gazów cieplarnianych i pośrednio do zmian klimatu. Zatem unikanie wytwarzania odpadów żywnościowych może spowodować zmniejszenie obciążenia dla środowiska.

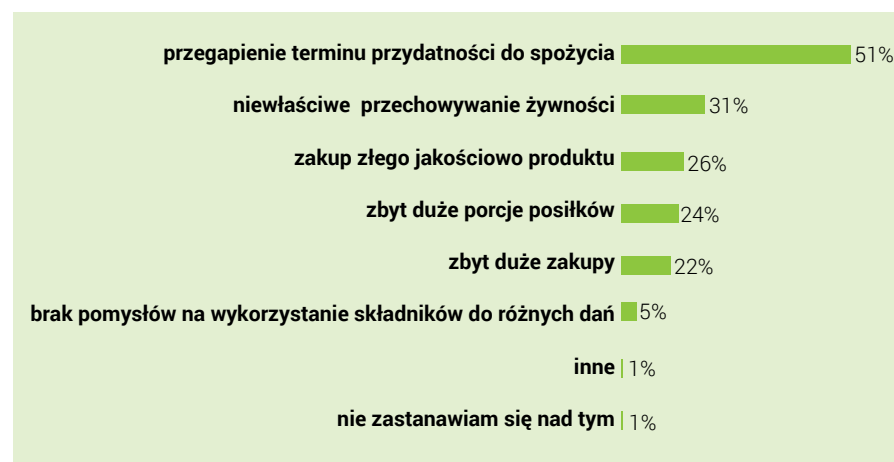
## Dlaczego wyrzucamy żywność?

Przyczyny tak ogromnej skali zjawiska marnowania żywności wynikają zarówno z zachowań konsumentów, którzy kuszeni przez sieci handlowe kupują zdecydowanie więcej niż potrzebują, a także z działań producentów oraz dystrybutorów, gdyż często powstawanie odpadów żywnościowych jest skutkiem niewłaściwego pakowania i przechowywania. Wyniki badań ankietowych przeprowadzonych przez Instytut MillwardBrown SMG/KRC na zlecenie Federacji Polskich Banków Żywności na temat powodów wyrzucania żywności tylko to potwierdzają. Ankietowani byli proszeni o wskazanie nie więcej niż dwóch najczęstszych przyczyn wyrzucania żywności. Ponad połowa z nich (51%) wskazała przekroczenie terminu ważności do spożycia (rys.). Niemal jedna trzecia jako powód podała nieprawidłowe przechowywanie. Pozostałe przyczyny wyrzucania to zakup złych jakościowo produktów, przygotowywanie za dużych porcji oraz po prostu nadmierne kupowanie.

Z przeprowadzonych badań wynika, iż konsumenci oraz producenci i dystrybutorzy obarczani są winą za taki stan rzeczy niemalże po połowie. W raporcie pn. „Marnowanie żywności w Polsce i Europie (2012)”<sup>2</sup>, opublikowanym przez Federację Polskich Banków Żywności, wskazuje się, iż to właśnie konsumenci powinni podejmować różnorodne działania mające na celu ograniczenie zjawiska marnowania żywności. Nic natomiast nie wspomina się o inicjatywach, jakie mogliby podjąć producenci żywności i jej dystrybutorzy w celu poprawy obecnego stanu rzeczy, a mają oni spore możliwości, np. stosowanie odpowiednich opakowań zabezpieczających żywność przed zepsuciem.

## Tlen a jakość produktów

Bezpośrednią przyczyną większości niekorzystnych procesów w produktach spożywczych są mikroorganizmy, ale obecność tlenu również przyczynia się do obniżenia jakości. Nawet nieznaczna ilość tego pierwiastka w żywności może skutkować zmianą cech sensorycznych oraz odżywczych. Objawiać się to może różnicami w smaku, zapachu czy utlenianiu witamin. Tlen w atmosferze pakowania żywności jest uznawany za bardzo niepożądany składnik. Jakie są zatem dostępne sposoby zabezpieczenia produktu spożywczego przed niekorzystnym działaniem tlenu? Producenci żywności mają do wyboru m.in. dodatki konserwujące, pakowanie w atmosferze gazów obojęt-



■ Wyniki badań ankietowych: „Z jakich powodów zdarza się Panu(i) wyrzucać żywność?”<sup>1</sup>.

nych, pakowanie próżniowe, a także pochłaniacze tlenu. Większość z tych metod jest dobrze znana. Nowością na polskim rynku cały czas są pochłaniacze tlenu, choć z powodzeniem od wielu lat stosuje się je w Europie Zachodniej, USA oraz Japonii. Są one zaliczane do opakowań aktywnych, gdyż powodują modyfikację atmosfery wewnątrz opakowania poprzez usuwanie tlenu, co zapewnia utrzymanie warunków beztlenowych. Podstawą ich działania jest substancja aktywna, absorbująca tlen z otoczenia np. metaliczne żelazo, enzymy bądź polimery. Jednak wykorzystywane w handlu pochłaniacze tlenu, oparte na sproszkowanym żelazie, aby były aktywne, wymagają katalizatora lub obecności wilgoci. Tymczasem na niektóre produkty wilgoć wpływa negatywnie. Jakże jest zatem właściwe rozwiązanie?

## Nowy pochłaniacz tlenu

Nowy typ pochłaniacza został opracowany przez zespół naukowców pod kierownictwem prof. dr. hab. Zenona Foltynowicza oraz dr. inż. Wojciecha Kozaka z Wydziału Towaroznawstwa Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu. Badania trwały kilka lat. Wcześniej ten sam zespół opracował i opatentował już inne pochłaniacze, ale ten jest znacznie lepszy. Innowacyjna technologia polega na zastosowaniu rozwiązania z zakresu nanotechnologii, a mianowicie innowacyjnego pochłaniacza tlenu opartego na nanożelazie. Pochłaniacz ten wyróżnia spośród produktów dostępnych na rynku m.in. to, iż do skutecznego działania nie wymaga ani katalizatora, ani obecności wilgoci w opakowaniu z produktem. Co więcej, może zostać zastosowany w produkcji w różnych formach, w zależności od potrzeb, np. w postaci pastylek lub saszetek, a nawet może wchodzić w skład materiału opakowaniowego<sup>3</sup>.

## Bezpieczeństwo

Nanokompozytowy pochłaniacz tlenu jest bezpieczny. Stwierdzono, że nie prze-

nika do opakowanego produktu, więc na pewno nie zostanie spożyty. Dzięki niemu nie spożyjemy też innych niekorzystnych substancji, ponieważ dodatkową zaletą nanokompozytowego pochłaniacza opracowanego przez poznańskich naukowców jest to, że zastępuje niektóre substancje typu E, dodawane do żywności jako przeciwutleniacze lub antyoksydanty.

Obecność tlenu w opakowaniu stanowi kluczowy czynnik ograniczający trwałość zapakowanego produktu. Dotyczy to jednak nie tylko produktów spożywczych. Pochłaniacz może również znaleźć zastosowanie w pakowaniu produktów farmaceutycznych, kosmetyków, materiałów archiwalnych lub wyrobów elektronicznych, co chroni je przed działaniem tlenu<sup>3</sup>.

Trwałość żywności ma ogromne znaczenie ekonomiczne i ekologiczne. Każdy kilogram wyrzuconej żywności powoduje stratę finansową oraz generuje odpady. Co więcej, za ich wywóz i utylizację trzeba będzie także zapłacić, dlatego generuje to podwójny koszt, niezależnie od tego, na czyich barkach będzie on spoczywał. Gdy uwzględnimy surowce zużywane przy wytwarzaniu żywności, które następnie trafiają do pojemników na odpady, koszty ekonomiczne i środowiskowe wyrzucenia każdego kilograma żywności stają się naprawdę spore. Warto więc brać pod uwagę wszelkie rozwiązania, które minimalizują odpady żywnościowe, a do takich należy stosowanie nanokompozytowego pochłaniacza tlenu. ■

Joanna Olszewska

Katedra Towaroznawstwa i Ekologii Produktów Przemysłowych, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

Źródła

1. [www.ekologia.pl](http://www.ekologia.pl).
2. [www.lubelskie.pl/img/userfiles/files/PDF/organizacje\\_pozarządowe/SDZ\\_2012\\_10\\_16\\_RA-PORT.pdf](http://www.lubelskie.pl/img/userfiles/files/PDF/organizacje_pozarządowe/SDZ_2012_10_16_RA-PORT.pdf).
3. Witczak J., Foltynowicz Z.: *Przyczyny i skutki powstawania odpadów żywnościowych*. [W:] Manczarski P. (red.): *Kompleksowe zarządzanie gospodarką odpadami. Integrated waste management*. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych. Oddział Wielko-

# Alternatywa dla plastiku

Folie celulozowe stanowią alternatywę dla tych wykonanych z tworzyw sztucznych. Za wzrostem ich wykorzystania przemawia także to, iż są one również przyjazne dla środowiska.

Termin celofan tak mocno zakorzenił się w naszej świadomości, że nawet dzisiaj, gdy folie z tworzyw sztucznych są już powszechne na rynku, wciąż niektóre osoby określają je jako „szeleszczący celofan”. Zdarza się też, że na maszynę owijającą folią polipropylenową kartonik z zapakowanym w nim jakimś artykułem mówimy celofaniarka. Pierwsze doświadczenia z materiałami wykorzystującymi celulozę miały miejsce w drugiej połowie XIX w. To z tego okresu pochodzą pierwsze nitroceluloza, celulozoid, wiskoza.

## Trochę historii

Celofan jako folia został opracowany przez szwajcarskiego inżyniera pracującego w przemyśle włókienniczym – Jacquesa E. Brandenberga w 1908 r. Siedząc w restauracji, obserwował on, jak jeden z klientów rozlał wino na obrus. Kiedy kelner zmieniał nakrycie, Brandenberger wpadł na pomysł elastycznej folii, która połączona z materiałem mogłaby sprawiać, że będzie on wodoodporny. Eksperymentował z różnymi środkami, próbując np. nasączyć tkaninę płynną wiskoza, ale wówczas materiał stawał się zbyt sztywny. Pomysł nie sprawdził się, ale Brandenberger zauważył, że powłoka z wi-

skozy oddzielała się od materiału, tworząc warstwę przezroczystej folii. Wkrótce opracował pierwszą maszynę do produkcji przezroczystych arkuszy folii z regenerowanej celulozy. W kolejnych latach uzyskał wiele patentów na maszyny i podstawowe etapy procesu produkcyjnego.

Osiągnięcia te spowodowały, że Brandenberger postanowił nadać nazwę swojemu odkryciu. Chciał, aby była łatwa do wymówienia w różnych językach, a jednocześnie wskazywała na skład chemiczny, na obecność celulozy i na najbardziej charakterystyczną właściwość tego materiału – jego dużą przezroczystość.

Zdecydował się na słowo *cellophane* (celofan) składające się z dwóch słów greckich: „kellon”, oznaczającego drzewo, i „phaino” – być widzianym, pokazywać. Nazwa ta została zarejestrowana jako znak handlowy. Jej posiadaczem początkowo była firma Thacon, później Courtaulds, UCB Films, a dzisiaj Innovia Films.

Ze względu na fakt, że ten rozpoznawalny znak handlowy został zastrzeżony, inni producenci podobnych folii musieli je nazywać inaczej. Na przykład w Polsce był to tomofoan (produkowany przez Chemtex Wistom), a u innych transparit (Wolf), cellofilm (DuPont), lozofan (Łoźnica Wiskoza), diophane (Transparent Papers).

## Drewno – cenny surowiec

Do produkcji folii celulozowych można wykorzystywać surowce naturalne bogate w celulozę (juta, konopie, len, trawy), ale najwięcej włókien celulozowych ma drewno. Właśnie na masie celulozowej ze ścieru drzewnego bazuje produkcja folii celulozowych.

Dzisiaj masa celulozowa dostarczana do renomowanych zakładów produkujących folię musi pochodzić od dostawców posiadających certyfikaty FSC (ang. Forest Stewardship Council – Rady Zarządzania Zasobami Leśnymi) lub podobne, oznaczające, że drewno użyte do produkcji konkretnego wyrobu pochodzi z lasów lub specjalnych plantacji (najczęściej o szybkim przyroście masy, tak jak w przypadku eukaliptusów), odpowiadających, zasadom dobrej gospodarki leśnej i umożliwiających kontrolę jego pochodzenia. Oznacza też, że spełniany jest społeczny obowiązek ekologicznego i odpowiedzialnego zarządzania zasobami naturalnymi. Dostawcy muszą też przestrzegać norm dotyczących zarządzania środowiskiem ISO 14001.

W swojej 100-letniej już historii folie celulozowe przechodziły przez różne etapy popularności na rynku. Początkowo celofan miał wiele wad – nie był zgrzewalny, nie stanowił żadnej bariery dla przenikania pary wodnej, a jego jakość i nierównomierna grubość powodowały wiele kłopotów przy przetwarzaniu na maszynach. Sposób pozyskiwania surowca i proces technologiczny bardzo niszczyły środowisko. Jednak stopniowo wprowadzane modyfikacje umożliwiły znaczną poprawę jakości, a nowe, ulepszone właściwości rozszerzyły zakres zastosowań. Udoskonalenie całego procesu technologicznego spowodowało także, że odpowiada on już współczesnym wymogom ochrony środowiska.

## Proces produkcyjny

Masa celulozowa dostarczana jest do zakładu w arkuszach przypominających wyglądem papier czerpany. Arkusze ułożone w przymy ładowane są na sterowane komputerowo automatyczne transportery, zapewniające nieprzerwaną dostawę surowca przez 24 godziny, 365 dni w roku. Następnie specjalna maszyna rozciera pulę na miazgę i miesza z sodą kaustyczną, powodując powstanie zawiesiny o konsystencji podobnej do owsianki. Dalsze fizyczne rozkładanie celulozy wywoływane jest przez dodatek różnych związków chemicznych. Powstały roztwór ma postać zabarwionego na pomarańczowo gęstego płynu nazywanego wiskoza. Wiskoza poddawana jest kilkakrotnemu filtrowaniu w celu zminimalizowania ilości odpadów i uzyskania materiału o maksymalnej czystości, a w efekcie folii o jakości najlepszej z możliwych. Następnie wiskozę tłoczy się przez płaską szczelinę do wanny odlewniczej.



Struktura celofanu



Prawie natychmiast surowiec ulega koagulacji, zamieniając się w folię.

Tuż przed ekstruzją do wiskozy można dodać jeden z barwników nieorganicznych, aby otrzymać folię białą lub kolorową. Najczęściej jednak wylewana folia jest przezroczysta. Następnie oczyszcza się ją (płukanie) i zmiękcza (plastyfikacja) w celu nadania jej właściwości optycznych i mechanicznych wymaganych przez odbiorcę. W końcowej części linii folia jest kondycjonowana, suszona i nawijana na duże role przemysłowe.

W większości przypadków potem powleka się ją odpowiednimi substancjami (lakierami), co pozwala na zapewnienie jej termozgrzewalności i barierowości wobec wilgoci.

### Właściwości

Otrzymana w ten sposób folia celulozowa zawiera 75% celulozy, 7% wody i 18% środka zmięczającego decydującego w dużym stopniu (oprócz powłoki lakieru) o jej właściwościach (rys. 1). Cechują ją m.in. doskonale własności optyczne (duża przezroczystość i połysk), naturalna wysoka barierowość wobec gazów i zapachu, regulowana barierowość na wilgoć, bardzo szeroki zakres temperatur zgrzewu, doskonale zgięcie i skręt, a także duża odporność na działanie wysokich temperatur oraz na tłuszcze i środki chemiczne. Wśród właściwości folii celulozowych wyróżnia się także jej naturalną antystatyczność, doskonałą stabilność wymiarów, dużą sztywność, możliwość zadruku różnymi technikami oraz metalizacji i barwienia w masie. Ponadto charakteryzuje je łatwość otwierania wykonanych opakowań, możliwość łączenia w warstwy z innymi materiałami (w tym również biodegradowalnymi), a także produkcja z surowców pochodzących ze źródeł odnawialnych.

Jednak cechą najbardziej charakterystyczną i stanowiącą podstawową różnicę między foliami celulozowymi a większością folii z tworzyw sztucznych jest ich biodegradowalność i możliwość kompostowania.

### Kompostowanie

Tak jak już wspomniano, podstawowym surowcem do produkcji folii celulozowych jest ścier drzewny, zaliczany do odnawialnych biotworzyw. Jednak aby proces kompostowania, polegający na rozkładzie folii pod wpływem działania mikroorganizmów, takich jak bakterie i grzyby, mógł przebiegać sprawnie, wymagane są odpowiednie: temperatura (dla przemysłowego procesu kompostowania najczęściej 50-70°C), stopień wilgotności, a także liczebność i rodzaj mikroorganizmów. Na liczebność i aktywność mikroorganizmów wpływ ma rodzaj i skład chemiczny odpadów podlegających kompostowaniu.

Aby proces ten mógł przebiegać w pełni efektywnie, firma Innovia Films, konty-

nuująca tradycje brytyjskich producentów celofanu, wprowadziła do procesu produkcyjnego nowe, bardziej przyjazne środowisku środki chemiczne, pozwalające przy zachowaniu dotychczasowych właściwości i różnorodności asortymentowej folii celulozowych, a nawet przy ich rozszerzeniu, osiągnąć całkowitą ich kompostowalność.

### Folie nowej generacji

Nowa generacja folii celulozowych nazwana została NatureFlex. Przeprowadzono serie bardzo skomplikowanych badań, umożliwiających uzyskanie certyfikatu kompostowalności. Takie testy prowadzi się tylko w wybranych, upoważnionych laboratoriach. Polegają one na przeprowadzeniu procesu biodegradacji i kompostowania, a następnie na dokładnym przebadaniu (zwłaszcza pod kątem zawartości metali ciężkich) nowych roślin, które wyrosną na otrzymanym kompoście. Wyniki wszystkich badań przekazywane są z kolei do specjalnych komisji certyfikujących w celu akceptacji.

W przemysłowych kompostowniach certyfikowane produkty z biotworzyw przetwarzane są na biomase, wodę i dwutlenek węgla w czasie 6-12 tygodni. Biodegradacja w warunkach kompostowników przydomowych może przebiegać wolniej ze względu na fakt, że w kompoście domowym występują niższe temperatury i podobnie jak wilgotność ulegają one większym wahaniom.

Folie NatureFlex spełniają wszystkie wymagania stawiane materiałom, które ulegają kompostowaniu, zarówno w kompostowniach przemysłowych, jak i przydomowych, w ściekach kanalizacyjnych, w wodzie i środowisku naturalnym. Mają one prawo być oznaczane znakami, umożliwiającymi identyfikację produktu przez użytkownika/klienta, ułatwienie właściwego sortowania przy magazynowaniu odpadów i ich odzysku oraz gwarantującymi jakość produktu.

Folie NatureFlex mogą być oznaczane znakami potwierdzającymi spełnienie przez nie wymogów norm europejskich i amerykańskich dotyczących opakowań kompostowalnych. Posiadają też certyfikat dopuszczenia do programu „OK Compost Home”, dowodzący, że nadają się do kompostowania w kompostownikach przydomowych.

### Nowe możliwości

Folie NatureFlex stwarzają w opakowalnictwie zupełnie nowe możliwości gdyż zachowują bardzo wysokie połysk i przezroczystość, wykazują brak bariery wobec wilgoci, a jednocześnie, gdy jest to potrzebne, wprowadzone powłoki specjalne zapewniają tę barierę. Ponadto warstwy zgrzewalne o szerokim zakresie temperatur zgrzewu nadają się do kompostowania, a do folii bardzo dobrze przylegają farby wodne i kleje.

Można śmiało stwierdzić, że folie celulozowe wypełniają lukę między papierem, a foliami z tworzyw sztucznych. Posiadają one przezroczystość i połysk folii z tworzyw sztucznych, a jednocześnie dają się przetwarzać na maszynach jak papier. Niektóre unikatowe właściwości również bliższe są papierowi. Możemy wręcz powiedzieć, że folie celulozowe to „przezroczysty papier”.

Bardzo szeroki jest również wachlarz zastosowań folii celulozowych (patrz ramka)

### Dla środowiska

Na przełomie lat 80. i 90. ubiegłego wieku, kiedy folie z tworzyw sztucznych, a zwłaszcza BOPP (dwustronnie orientowany polipropylen), zaczęły wchodzić na rynek, produkcja folii celulozowych znacznie zmalała. Obok wyższej ceny 1 kg celofanu w porównaniu z ceną 1 kg folii BOPP dalszemu jego wykorzystywaniu nie sprzyjała też często słaba jakość i niszczenie środowiska podczas produkcji. Zakładami, które podjęły walkę o poprawę jakości celofanu, o opracowanie technologii produkcji nowej generacji – NatureFlex, o produkowanie go w warunkach bardziej sprzyjających środowisku, były te wchodzące dzisiaj w skład brytyjskiej grupy Innovia Films.

Produkują one ok. 30 tys. ton/rok folii celulozowych w swoich zakładach w Wigton w Wielkiej Brytanii i Tecumseh w USA i są największymi wytwórcami tych folii na świecie. NatureFlex zapewnią nie tylko nowy, szerszy wachlarz właściwości i zastosowań. To również w pełni chroniący środowisko proces technologiczny. Przy jego doskonaleniu skorzystano z zasad LCA (ang. Life Cycle Assessment – ocena cyklu życia). Pozwalają one na określenie oddziaływania materiałów na środowisko poprzez przeanalizowanie każdego etapu ich „życia” od momentu pozyskania surowca, poprzez proces produkcji aż do zastosowania i eliminacji jako odpadu. LCA umożliwia odzwierciedlenie każdego momentu zachodzących procesów („od kołyski do bramy wyjściowej”) i ciągłe ich doskonalenie. W odniesieniu do folii NatureFlex pozwoliło to m.in. na jasne określenie tego, co nazywamy śladem węglowym. Dzięki ciągłej modernizacji procesów produkcyjnych, np. do minimum zmniejszono emisję dwutlenku węgla do atmosfery, a wszystkie szczałkowe emisje równoważone są dzięki inwestycjom firmy w takie projekty jak zalesianie czy sponsorowanie zakupu baterii słonecznych do ogrzewania wody w gospodarstwach domowych w Afryce, zapobiegając w ten sposób emisji dwutlenku węgla powstającego przy spalaniu drewna. Folie NatureFlex są więc „węglowooszczędne”.

### Światowe trendy

Niewątpliwie dzisiaj możemy już stwierdzić, że ogromny trud grupy Innovia Films opłacił się. Wszystkie przedsięwzięcia

## Możliwości zastosowania folii celulozowych:

- pakowanie produktów o podwyższonej wartości współczynnika ERH (ang. Equilibrium Relative Humidity – zrównoważonej wilgotności względnej). Duży zakres wartości przenikania pary wodnej pozwala dostosować rodzaj opakowania do indywidualnych potrzeb wyrobu piekarniczego. W efekcie możliwe jest maksymalne wydłużenie okresu trwałości wyrobów zawierających więcej wilgoci, takich jak ciasta z nadzieniem owocowym czy marcepanowym lub pączki, bez konieczności stosowania środków hamujących rozwój pleśni. Kontrolowana przepuszczalność wilgoci bez perforacji stwarza też naturalną barierę mikrobiologiczną, przedłużając trwałość pakowanych produktów, poprawiając ich smak i strukturę (świeże drożdże, sery pleśniowe, pieczywo, podłoża bakteryjne, mydła).
- podwyższona wytrzymałość na działanie wysokich temperatur sprawia, że doskonale nadają się do podgrzewania zapakowanych w nie produktów w tradycyjnych piekarnikach i kuchenkach mikrofalowych (pieczenie pasztetów, torty, tortille, kielbaski, kanapki, tosty, paszteciki – żywność „na wynos”),
- szeroki zakres temperatur zgrzewu pozwala na ich optymalne wykorzystanie w maszynach, a właściwości antystatyczne zapobiegają przyczepianiu się materiału do różnych części maszyn pakujących czy wyciąganiu zakładek bocznych (zalecane zwłaszcza w przypadku maszyn starszych), umożliwia to pakowanie makaronów, roślin strączkowych, wyrobów cukierniczych,
- doskonale utrzymanie skrętu i zgięcia przy naturalnych właściwościach antystatycznych powoduje, że folie te są najlepszymi foliami skrętnymi na rynku i znalazły bardzo szerokie zastosowanie do pakowania cukierków,
- owijanie mięsa (szynki, kielbasy) oraz topionych serów podczas wędzenia,
- owijanie niektórych wyrobów wędliniarskich podczas gotowania,
- pakowanie świeżych owoców i warzyw,
- pakowanie linii produktów ekologicznych i naturalnych
- pakowanie tamponów,
- produkcja etykiet samoprzylepnych do opakowań kompostowalnych,
- produkcja etykiet zmywalnych do opakowań zwrotnych (butelki szklane – piwo),
- produkcja antystatycznych i termoodpornych, łatwych do przzerwiania taśm klejących i samoprzylepnych,
- separatory w bateriach,
- okienka w kartonach, pudełkach i torebkach papierowych (bagietki, pieczywo),
- kolorowe opakowania dekoracyjne (upominki, kosmetyki, perfumy, alkohole),
- produkcja plastrów depilacyjnych,
- opakowanie do podpałek do grilla (barierowe dla zapachu, wypuszczające część wilgoci, jeżeli to potrzebne, palne jak papier),
- produkcja torebek,
- worki na śmieci (kuchenne, ogrodowe),
- jako warstwa do laminowania kartonu.

zmierzające do produkcji nowego, kompostowalnego materiału opakowaniowego, i to bez dewastacji środowiska, wychodzą naprzeciw światowym tendencjom. Wśród nich zaobserwować możemy coraz większe zainteresowanie producentów, handlu i konsumentów takimi materiałami, rosnącą liczbę producentów tego rodzaju materiałów opakowaniowych, a także wzrost ilości środków finansowych przeznaczanych na prace badawczo-rozwojowe, zmierzające do opracowania nowych technologii produkcji materiałów, dla których surowcem są biopolimery (kukurydza, ziemniaki, pszeni-

ca, celuloza). Obserwuje się także społeczną akceptację procesów kompostowania jako bardzo ekonomicznego i nieniszczącego środowiska procesu pozbywania się odpadów, wzrastającą liczbę kompostowni przemysłowych i przydomowych, zmiany w systemach prawnych promujących stosowanie opakowań z tworzyw odnawialnych oraz zmniejszanie się różnicy cen na skutek wzrostu cen produktów petrochemicznych.

Produkcję folii celulozowych rozpoczęto już ponad 100 lat temu. Ich nieprzerwana obecność na światowym rynku zyskuje szczególne znaczenie w sytuacji,

gdy w dziedzinie opakowań wkroczyliśmy na bardzo niebezpieczną ścieżkę. Wszystkie folie z tworzyw sztucznych w jakimś stopniu wywodzą się z ropy naftowej, której zasoby na świecie systematycznie kurczą się. Ponadto rosnące hałdy plastikowych odpadów nierozkładalnych przez kilkadziesiąt lat powodują, że musimy zacząć działać. Tylko opakowania pochodzące ze źródeł odnawialnych mogą sprawić, że ta sytuacja zmieni się. Opakowania z folii celulozowej NatureFlex są jedną z alternatyw. ■

Andrzej Komacki, Innovia Films



# Myślimy ekologicznie

Z Arkadiuszem Groszewskim, przedstawicielem firmy ECOR Product, na temat ekoinnowacyjności materiałów opakowaniowych, rozmawia Katarzyna Joachimiak-Lechman.

■ **Od samego początku przedsiębiorstwo ECOR Product nastawione było na promowanie opakowań przyjaznych środowisku. Efektem tych działań jest wprowadzenie na polski rynek materiału Ecor FPO. Z czego składa się ten materiał opakowaniowy?**

W ostatnim czasie kwestie środowiskowe stały się istotnymi czynnikami przemian w branży opakowań. Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom zmieniających się uwarunkowań rynkowych, nasze przedsiębiorstwo podjęło współpracę z firmą Tetra Pak Filltech. Jej owocem jest wprowadzenie do naszej oferty opakowań z materiału przyjaznego środowisku o nazwie Ecor FPO. Zawiera on minerały związane z tworzywami sztucznymi z rodziny poliolefin. Ponad połowę (51,5%) jego składu stanowią minerały: kreda, talk oraz dwutlenek tytanu, służący jako biały barwnik. Kreda, która znajduje się w dużej ilości w materiałach Ecor FPO, jest węglanem wapienno-magnezowym, natomiast talk to krzemian magnezu. Składniki te łączone są z tworzywami sztucznymi: polipropylem oraz polietylenem, które stanowią łącznie 48,5% masy opakowania. Wytwarzanie materiału Ecor FPO prowadzone jest zgodnie z podstawową zasadą procesu produkcyjnego producenta – opakowania są wykonywane ze zwoju materiału opakowaniowego w procesie ciągłym. To proces racjonalny, ekonomiczny i wysoce higieniczny, a niektóre jego fazy są chronione patentami.

■ **Ecor FPO spełnia wymogi zawarte w Rozporządzeniu WE nr 1935/2004 w sprawie materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością, może zatem znaleźć wiele zastosowań. Jakim wyrobom jest dedykowany ten materiał?**

Dzięki swoim właściwościom, proponowany przez naszą firmę materiał znajduje szereg zastosowań. Jeżeli dany produkt wymaga wysokiego stopnia zabezpieczenia przed dostępem wilgoci, Ecor FPO staje doskonałym rozwiązaniem, gdyż stanowi lepszą barierę dla pary wodnej niż jakiegokolwiek inne tworzywo poliolefinowe. Jeśli niezbędna jest wysoka barierowość dla tlenu, można ją uzyskać poprzez dodanie kolejnej warstwy powierzchniowej. Warto jednak podkreślić,

iż barierowość Ecor FPO jest zupełnie wystarczająca dla opakowań do przetworów z mleka. Materiał ten jest więc wodoodporny oraz tłuszczoszczelny, nadaje się zatem szczególnie do tworzenia opakowań giętkich do masła, twarogu, lodów, drożdży, smalcu oraz produktów cukierniczych.

■ **Jakie korzyści środowiskowe niesie za sobą stosowanie materiału Ecor FPO? Proszę przedstawić najistotniejsze aspekty.**

U podstaw rozwoju materiału Ecor FPO leży chęć oszczędzania zasobów Ziemi. Dzięki minimalizowaniu ilości tworzyw sztucznych w materiałach na opakowania redukujemy poziom wykorzystania nieodnawialnych źródeł, takich jak ropa naftowa i gaz ziemny. Minerały to czyste, naturalne produkty, które w przeciwieństwie do tworzyw sztucznych są dostępne w ogromnych ilościach w skorupie ziemskiej. Sam proces przetwórczy charakteryzuje się stosunkowo niskim zapotrzebowaniem energetycznym, co także stanowi zaletę tego materiału. Co więcej, w jego przypadku nie jest konieczne sezonowanie. Badania z wykorzystaniem środowiskowej oceny cyklu życia (LCA) wykazały, iż skumulowane zapotrzebowanie na energię pierwotną produkcji 1 kg owinięć z materiału Ecor FPO Wrap (kołyska-brama) wynosi 64 MJ, natomiast tradycyjnych odpowiedników ponad dwa razy więcej. Rozważając emisję gazów cieplarnianych zauważono jeszcze wyraźniejsze korzyści. Wytworzenie 1 kg owinięć z materiału Ecor FPO Wrap powoduje niemal czterokrotnie mniejszą emisję ekwiwalentu dwutlenku węgla niż w przypadku konwencjonalnych owinięć.

Zastosowanie minerałów w składzie surowcowym materiału Ecor FPO znacznie zmniejsza obciążenie środowiska naturalnego. Ponadto możliwe jest wykorzystanie zużytych opakowań jako surowca wtórnego do produkcji takich elementów jak: szpule, pojemniki, skrzynki, rury ściekowe i meble. Co więcej, w wyniku spalania osiąga się wysoki poziom odzysku energii, gdyż wartość kaloryczna materiału Ecor FPO wynosi 22 MJ/kg. Oznacza to, iż może on być również wykorzystany przy produkcji cementu, także ze względu na zawarte w nim minerały i energię.



**Czy z punktu widzenia producenta opakowania stosowanie materiału Ecor FPO również przynosi wymierne efekty? Na przykład z jaką prędkością pracują linie pakujące lub zgrzewania?**

Materiału Ecor FPO w wersji standardowej (Wrap) oraz zgrzewalnej (Leaf) można z powodzeniem używać w standardowych maszynach pakujących, ponadto produkt sprawdza się przy normalnych prędkościach, a więc dostosowanie parku maszynowego nie wiąże się z dodatkowymi kosztami. Platynki wykonane z materiału Ecor FPO Leaf cechują się niższą temperaturą zgrzewania do podłoży PP oraz PS w porównaniu do wieczek aluminiowych, co także stanowi istotny aspekt ekonomiczny. Co więcej, struktura surowca umożliwia osiągnięcie wysokiej jakości zadruku w technice Flexo HD i czyni opakowanie odpornym na uszkodzenia mechaniczne.

■ **Opakowania we współczesnej gospodarce spełniają szereg funkcji, w tym ochronną oraz ekologiczną, ale także marketingową. Jakie walory estetyczne mają proponowane opakowania?**

Opakowania z materiału Ecor FPO bardzo dobrze nadają się do realizacji kampanii marketingowych. Są estetyczne, gładkie oraz miłe i naturalne w dotyku. Jak już wcześniej wspomniano, możliwe jest osiągnięcie wysokiej jakości nadruku. Oznacza to, iż opakowania z tego materiału dedykowane są nie tylko konsumentom szanującym środowisko, ale także i tym stawiającym na estetykę wykonania.

■ **Czy cena może być barierą popularyzacji tego przyjaznego środowisku materiału?**

Wręcz przeciwnie. Wydajność Ecor FPO Wrap o grubości standardowej 50 My, jest podobna do laminatów i wynosi ok. 13 – 14 kg/tonę. W połączeniu z ceną niższą o ok. 20% od tradycyjnych materiałów Ecor FPO jawi się jako bardzo dobre rozwiązanie. Jego zalety to zatem nie tylko brak zagrożenia dla środowiska, ale i niska cena. Nasz produkt jest więc idealną propozycją w zakresie niezawodnych, estetycznych i bezpiecznych materiałów opakowaniowych. ■

# Ekoprojektowanie opakowań

Uwzględnianie kwestii środowiskowych w procesie projektowania należy do ważnych czynników rozwoju opakownictwa. Opakowania charakteryzują się krótkim cyklem życia, co oznacza m.in. konieczność ciągłego pozyskiwania surowców do ich produkcji oraz wiąże się z powstawaniem odpadów. Dlatego ważne są promowanie opakowań przyjaznych środowisku oraz formułowanie jasnych wytycznych w zakresie ich projektowania.

■ W literaturze podaje się wiele klasyfikacji produktów, zazwyczaj jednak ich idea polega na grupowaniu obiektów ze względu na podobny rozkład obciążeń środowiskowych w cyklu życia. W oparciu o liczne badania ekobilansowe dokonano podziału wyrobów ze względu na kryterium istotności etapów cyklu życia. Na tej podstawie sformułowano strategię ekoprojektowe, będące rekomendacjami dla przedsiębiorstw

chcących zmniejszyć presję oferowanych wyrobów na środowisko.

## Rekomendacje ekoprojektowe

Opakowania stanowią element systemu logistycznego, dlatego też, zgodnie z wytycznymi programu Ecodesign Pilot, należą do kategorii wyrobów o wysokiej istotności procesów transportowych (ang. Transporta-

■ Przykładowe rekomendacje ekoprojektowe dla opakowań

Strategia	Zadania	Uzasadnienie działania
<b>Zmień sposób pakowania wyrobów.</b>	Zmniejsz ilość materiału zużywanego na opakowanie.	Redukcja masy opakowania wpływa na materiałochłonność produkcji oraz ogranicza zużycie paliwa i emisji transportowych.
	Preferuj opakowania wielokrotnego użytku.	Wytrzymałe opakowania, zaprojektowane do wielokrotnego użycia, zmniejszają ilość zużytych zasobów.
	Preferuj opakowania z surowców odnawialnych.	Wykorzystywanie materiałów innych niż kopalne gwarantuje ekologiczną utylizację opakowań oraz wpływa na zmniejszenie zużycia zasobów naturalnych.
	Do produkcji opakowań stosuj materiały z recyklingu lub podatne na recykling.	Wykorzystywanie materiałów podatnych na recykling zmniejsza konsumpcję materiałów pierwotnych oraz redukuje ilość generowanych odpadów.
	Stosuj przyjazne dla środowiska materiały opakowaniowe.	Materiały przyjazne dla środowiska wykazują relatywnie niższy wpływ na środowisko, zarówno podczas wytwarzania, jak i utylizacji.
	Znakuj materiały wykorzystywane na opakowania oraz dołączaj wskazówki dotyczące utylizacji.	Znakowanie umożliwia właściwy, opłacalny recykling bądź nieszkodliwą dla środowiska utylizację.
<b>Zmień sposób transportowania.</b>	Minimalizuj transport w celu dystrybucji wyrobu.	Optymalizacja ilości ładunków oraz operacji przewozu to krytyczne czynniki wpływające na środowiskową ocenę dystrybucji wyrobu.
	Wykorzystuj mniej szkodliwe środki transportu w celu dystrybucji wyrobu.	Wybór odpowiedniego środka transportu, poza skracaniem całkowitych dystansów przewozu, może przyczynić się do znacznego zmniejszenia obciążeń środowiskowych.
	Stosuj opakowania umożliwiające piętrzenie wyrobów.	Opakowania o konstrukcji umożliwiającej piętrzenie pozwalają na zmniejszenie rozmiaru ładunków transportowych.

Źródło: opracowanie własne na podstawie<sup>1</sup>



Depositphotos/mipan





tion Intensive)<sup>1</sup>. Niemniej szkodliwość cyklu życia opakowań w dużej mierze determinowana jest przez etap produkcji, na który składają się m.in. pozyskanie oraz przetworzenie surowców i wytwarzanie materiałów oraz opakowań. Istnieje kilka kierunków działań w kontekście doskonalenia środowiskowego opakowań, przy czym realizacja każdego ze wskazanych zadań możliwa jest m.in. dzięki wykorzystywaniu innowacyjnych rozwiązań, zarówno w zakresie materiałów opakowaniowych, jak i technologii ich wytwarzania (tab.).

### Środowiskowa ocena cyklu życia

Postulat traktowania ekoprojektowania jako normatywnego elementu systemów zarządzania środowiskowego wymaga identyfikacji i oceny aspektów środowiskowych w całym cyklu życia wyrobów. Technika, która z powodzeniem może być w tym celu wykorzystywana, jest środowiskowa ocena cyklu życia (ang. Life Cycle Assessment, LCA). Oceniając potencjał LCA w kontekście kształtowania oraz doskonalenia ekologicznej jakości wyrobów, należy przede wszystkim zwrócić uwagę na znormalizowaną metodykę, kompleksowość analizy (ujęcie „od kołyski do grobu”), szacowanie wskaźników w oparciu o akceptowalne modelowanie naukowe oraz dostępność oprogramowań komputerowych. Wyniki badań LCA pozwalają przykładowo stwierdzić, na ile zastosowanie innowacyjnego materiału opakowaniowego czy też zmiana technologii produkcji przyczynią się do redukcji

negatywnych oddziaływań środowiskowych oraz wskażą, jakich problemów środowiskowych dzięki temu można uniknąć.

Opakowania stanowią konieczny do przeanalizowania element inwentarzewy w badaniach LCA. Traktując je jako „oddzielny” obiekt badawczy, należy rozważyć wiele istotnych kwestii. W przypadku tego typu analiz dla branży opakowaniowej trzeba jasno określić zarys granic systemu opakowań i rodzaj wyrobu, dla którego jest ono przeznaczone. Ponadto niektóre etapy cyklu życia opakowań wiążą się z obrotem towarowym i dlatego zalecane jest ich włączenie w zakres badania LCA.

Opakowania pełnią wiele funkcji, do których należą: ochronne, transportowe i informacyjne. Z tego względu, oceniając opakowania, powinno się uwzględniać również wszystkie ich elementy: zamknięcia, dozowniki, etykiety, kontretykiety, farby drukarskie itp.

Warto także ustalić, czy badane opakowanie jest jednostkowe, zbiorcze czy transportowe, gdyż fakt ten przekłada się na stopień jego użytkowania (opakowania jednorazowe/opakowania wielokrotnego użytku). W przypadku opakowania wielokrotnego użytku należy założyć dodatkowo warianty jego rotacji.

Scenariusze końcowego zagospodarowania powinno się definiować w oparciu o wymagania prawne dotyczące gospodarki odpadami opakowaniowymi (np. niezbędne do osiągnięcia poziomu recyklingu i odzysku).

W przypadku badań w celach porównawczych, trzeba sprecyzować jednostkę funkcjonalną, która będzie stanowić punkt odniesienia. Z reguły to określona masa lub objętość towaru, dla którego przeznaczone jest dane opakowanie (np. jeden litr mleka, tysiąc litrów jogurtu). Wówczas strumień odniesienia wyraża „x” kilogramów opakowania niezbędnego do realizacji ustalonej funkcji. Dodatkowo porównywane opakowania winny cechować się podobnymi właściwościami wytrzymałościowymi i barierowymi oraz zapewniać zachowanie w standartowych warunkach określonej jakości towaru w ściśle zdefiniowanej jednostce czasu.

### Przykłady z praktyki

Stosowanie LCA w opakownictwie ma wielonarodowe korzenie. W 1969 r. firma Coca-Cola rozpoczęła badania nad puszkami do swoich napojów. Zasadniczym celem prowadzonych analiz było dokonanie oceny alternatywnych opakowań: butelki z tworzywa sztucznego, szklanej butelki wielokrotnego użytku oraz jednorazowego kubka. Doświadczenia te stanowiły inspirację dla europejskich instytucji. W Wielkiej Brytanii obiektem pionierskich badań LCA uczyniono opakowania szklane do mleka oraz piwa. W Niemczech natomiast pod koniec XX w. Federalna Agencja Ochrony Środowiska (UBA) przeprowadziła zakrojone na szeroką skalę badania dotyczące opakowań do napojów wykonanych z PET<sup>2</sup>. Z kolei szwedzka firma Tetra Pak wykorzystyła środowiskową ocenę cyklu życia do analiz porównawczych, a jednym z badanych opakowań była butelka z polichloru winyłu.

Warto także przytoczyć współczesne przykłady wykorzystywania LCA w opakownictwie. Często przedmiotem porównawczych analiz środowiskowych są opakowania przemysłu mleczarskiego. W 2007 r. na zlecenie organizacji non profit WRAP (ang. Waste and Resources Action Programme) zrealizowano szczegółowe badania, w których uwzględniono opakowania do mleka wykonane z tworzyw sztucznych (HDPE, PET, PE) oraz z materiałów wielowarstwowych<sup>3</sup>. W Polsce również możemy pochwalić się stosowaniem LCA w branży opakowaniowej. Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Opakowań (COBRO) w Warszawie na zlecenie Departamentu Edukacji Ekologicznej Ministerstwa Środowiska przeprowadził w 2010 r. analizę cyklu życia czterech toreb wielokrotnego użycia<sup>4</sup>: bawełnianej, z folii polietylenowej, z tkaniny polipropylenowej oraz papierowej. Wytypowane torby charakteryzowały się zbliżoną nośnością, a jednostkę funkcjonalną zdefiniowano jako przeniesienie 5 kg zakupów na odległość 500 m. Wymienione przykłady badań LCA, ze względu na bardzo precyzyjnie udokumentowanie, mogą stanowić źródło cennych wskazówek metodycznych dla przedsiębiorców podejmujących próbe ekoprojektowania opakowań. ■

**Katarzyna Joachimiak-Lechman**

Katedra Towaroznawstwa i Ekologii Produktów Przemysłowych, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

Źródła

1. [www.ecodesign.at/pilot/ONLINE](http://www.ecodesign.at/pilot/ONLINE) (dostęp 10.12.2014).
2. Schmidt M., Ostermayer A., Bevers D.: *Life Cycle Assessment of PET (Polyethylene Terephthalate) bottles and other packaging alternatives. Discussion papers of the Institute of Applied Sciences*. Pforzheim. 12/2000.
3. Fry J.M. (et al.): *Final Report: Life Cycle Assessment of examples packaging systems of milk*. EVA044. 2010.
4. Żakowska H., Ganczewski G., Nowakowski K., Kilanowski M.: *Przeprowadzenie ekologicznej oceny cyklu życia (LCA) toreb wielokrotnego użytku. Synteza pracy*. Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Opakowań (COBRO). Warszawa 2010.

# Opakowania z natury

Tworzywa sztuczne wykorzystywane w opakownictwie nie cieszą się zbyt dobrą opinią, jeśli chodzi o ich wpływ na środowisko. Inaczej jest, jeśli weźmie się pod uwagę tworzywa niebiodegradowalne pochodzące ze źródeł odnawialnych.

■ Konsumenci stykają się z tworzywami sztucznymi niemal na każdym kroku. W Europie branża opakowaniowa, motoryzacyjna oraz budowlana są odbiorcami niemal 70% wyprodukowanych tworzyw, co przekłada się na zużycie na poziomie ok. 33 mln ton rocznie<sup>1</sup>.

## Tworzywa sztuczne

W opakownictwie początkowo sięgano po opakowania drewniane, szklane oraz metalowe, jednak wysoka cena ich wytworzenia, duża masa właściwa oraz obciążenie dla środowiska spowodowały, że tam, gdzie tylko było to możliwe, stopniowo zastępowano je opakowaniami z tworzyw sztucznych. Szerokie spektrum zastosowania polimerów, ich niska masa właściwa, dostępność oraz atrakcyjna cena były cechami, które w znacznej mierze zadecydowały o sukcesie rynkowym tych materiałów. Niestety, powszechność stosowania opakowań z tworzyw sztucznych szybko spowodowała pojawienie się ogromnej masy odpadów i niewydolność systemu zbiórki, recyklingu i utylizacji. Budowanie świadomości ekologicznej oraz wiedza na temat zagrożeń środowiskowych wynikających z nieumiejętnej zagospodarowania odpadów umożliwiły rozwój alternatywnych materiałów, określanymi mianem ekologicznych.

Tworzywa sztuczne mogą być produkowane z dwóch rodzajów surowców: produktów przeróbki ropy naftowej oraz z

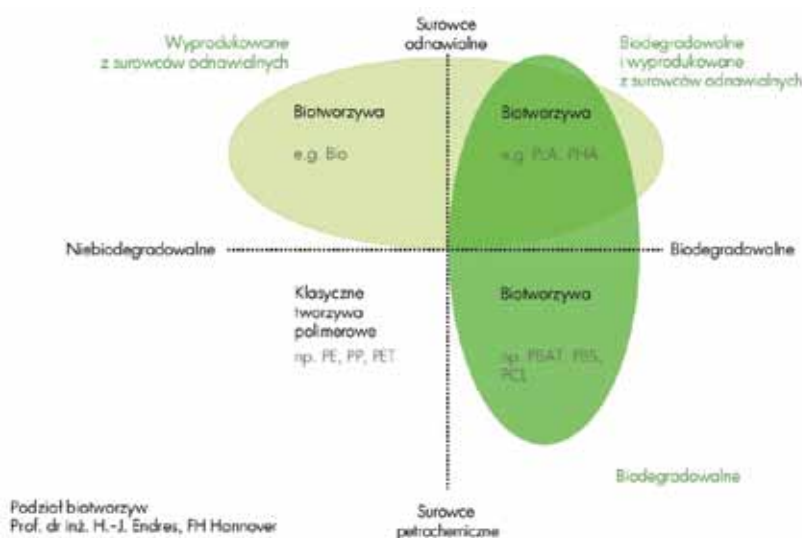
rowców odnawialnych. Na rynku dominują te należące do pierwszej grupy. Innowacyjny sposób syntezy polimerów przyjaznych środowisku zmienia postrzeganie tworzyw sztucznych, jako zanieczyszczających środowisko i rozkładających się przez setki lat, a przy tym konsumujących ogromne pokłady nieodnawialnych źródeł kopalnych.

## Biotworzywa

Biotworzywa to już nie tylko reklamy w sieciach handlowych i worki

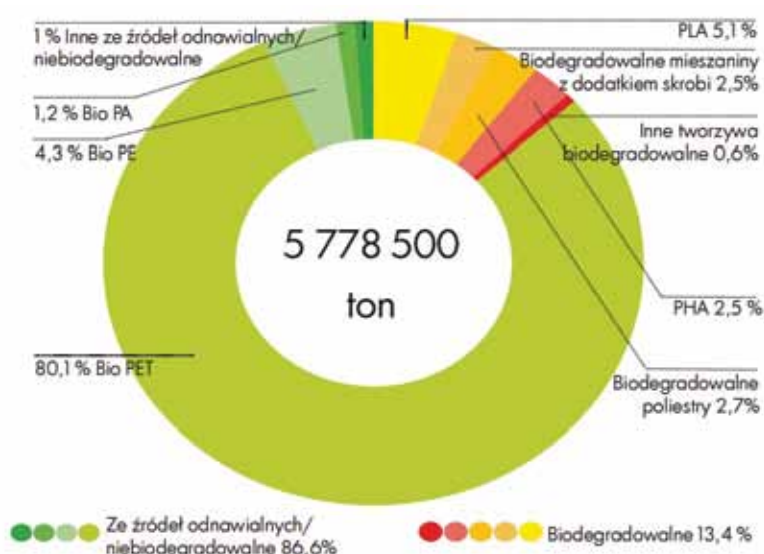
na odpady, ale także opakowania o zaawansowanych właściwościach, elementy konstrukcyjne samochodów renomowanych marek czy też obudowy komputerów i telefonów komórkowych. Materiały biodegradowalne wykorzystywane są w medycynie, farmacji, rolnictwie, branży elektrycznej i wielu innych. Jest to sektor w fazie ciągłego rozwoju, dlatego należy spodziewać się nowych aplikacji. Materiały przyjazne środowisku mogą być poddawane tym samym procesom przetwórczym, co klasyczne tworzywa sztuczne, dlatego nie są one trudniejsze w obróbce i nie wymagają specyficznego parku maszynowego. Biomateriały zwiększają konkurencyjność przedsiębiorstw na rynku, jako podmiotów innowacyjnych, nastawionych na rozwój oraz zwiększających swój potencjał. Do tej pory główną barierą komercjalizacji i szerokiego zastosowania biotworzyw była ich cena, ale dzięki zwiększeniu świadomości ekologicznej wielu państw zapotrzebowanie na biotworzywa wzrasta i są one szansą na ograniczenie generowania odpadów i postępującego zanieczyszczenia środowiska.

Zgodnie z definicją stowarzyszenia European Bioplastics, grupa biotworzyw obejmuje biopochodne lub biodegradowalne tworzywa albo materiały wykazujące jednocześnie obie z tych właściwości. Z tego względu istnieje obiegowa, błędna opinia, że wszystkie materiały biodegradowalne są polimerami biopochodnymi, których produkcja jest oparta wyłącznie na surow-



■ Rys. 1. Podział tworzyw polimerowych wg European Bioplastics





■ Rys. 2. Prognoza światowych zdolności produkcyjnych biotworzyw wg rodzajów na 2016 r. Źródło: European Bioplastics

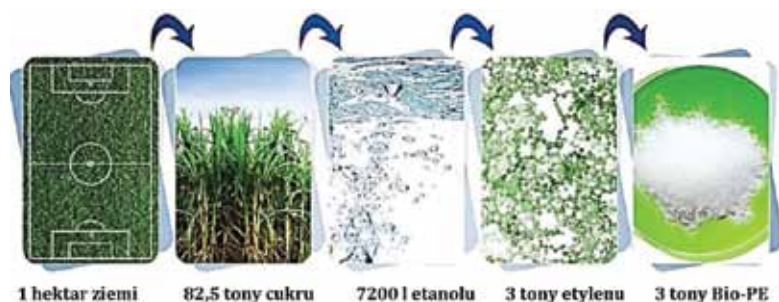
cach odnawialnych. Jednym z przykładów biopolimerów nieulegających biodegradacji jest biopolitylen wytwarzany z bioetanolu. Z kolei PCL [poli(ε-kaprolaktam)] produkowany z surowców pochodzenia petrochemicznego jest podatny na degradację pod wpływem działania mikroorganizmów, a więc jest biodegradowalny.

### Terminologia i klasyfikacja

Określenie „polimery biodegradowalne” po raz pierwszy pojawiło się w latach 80. XX w. Nazywane są one również „zielonymi” polimerami (ang. green polymers) lub polimerami przyjaznymi środowisku (ang. environmentally friendly polymers). Potencjał tego typu materiałów do celów opakowaniowych zauważono jednak dopiero w latach 90. ubiegłego wieku. Pierwszą generację stanowiły tworzywa będące połączeniem polimerów konwencjonalnych, najczęściej poliolefin (np. PE) ze skrobią lub innymi związkami organicznymi. W 1994 r. opublikowano wyniki badań, w których wykazano, że polimery, które są jedynie biofragmentowalne, nie ulegają faktycznej biodegradacji, tzn. nie zachodzi rozpad całego tworzywa do CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O i biomasy<sup>2</sup>.

Należy zauważyć, że biodegradowalność materiału nie jest pojęciem tożsamym z terminem kompostowalność. Wszystkie polimery kompostowalne są biodegradowalne, natomiast nie jest tak odwrotnie. Powstający w procesie rozpadu tworzywa kompost musi spełniać wymagania dotyczące nawozów i nie może zawierać substancji toksycznych ani nieulegających rozkładowi, takich jak m.in. farby drukarskie<sup>3</sup>.

Na rysunku 1 przedstawiono ogólny podział tworzyw zaproponowany przez prof. H.J. Endres i F.H. Hannover, który pozwala na prawidłowe ich przyporządkowanie w zależności od źródła powstawania i właściwości. W modelu odnajdziemy cztery główne grupy tworzyw. Oś pozioma określa podatność na biodegradację, natomiast na osi pionowej ukazano pochodzenie surowców do produkcji tworzyw. Do pierwszej grupy należą te pochodzące ze źródeł petrochemicznych (tzw. klasyczne tworzywa sztuczne), natomiast do drugiej – tworzywa biodegradowalne pochodzące ze źródeł odnawialnych. Trzecią grupę stanowią tworzywa biodegradowalne ze źródeł kopalnych, zaś czwarta – niebiodegradowalne tworzywa ze źródeł odnawialnych. Statystyki opublikowane przez Eu-



■ Rys. 3. Szacunkowe zapotrzebowanie surowcowe przy produkcji zielonego PE. Źródło: [www.polymerinnovationblog.com/bio-polyethylene-drop-in-replacement/](http://www.polymerinnovationblog.com/bio-polyethylene-drop-in-replacement/)

ropean Bioplastics wskazują, że to właśnie tworzywa przyporządkowane do czwartej grupy będą dominowały w światowej produkcji biotworzyw (rys. 2).

Biotworzywa można klasyfikować także pod względem mechanizmu rozpadu na trzy kategorie:

1. Polimery hydrobiodegradowalne zgodnie z obowiązującymi normami: PN-EN 13432:2002, PN-EN 14995:2009, ISO 17088:2012, do których należą polimery z grupy polisacharydów, protein oraz lipidów, poliestry alifatyczne i aromatyczne.
2. Polimery oksybiodegradowalne zgodnie z normą ASTM D6954-04:2013.
3. Polimery niebiodegradowalne bazujące na surowcach odnawialnych<sup>4</sup>.

### Zielone polimery

Do polimerów niebiodegradowalnych, bazujących na surowcach odnawialnych, należą m.in. politylen, polipropylen, poliamid i poli(chlorek winylu). W celu zaakcentowania ich innowacyjności poprzedzane są przedrostkiem „bio” lub nazywane „zielonymi polimerami”. Pierwsze zielone poliolefiny pojawiły się już w 2008 r. Podstawową zaletą tej grupy tworzyw jest fakt, że nie różnią się one właściwościami od ich petrochemicznych odpowiedników. W tabeli 1 przedstawiono przykłady zielonych polimerów dostępnych na rynku.

### Bio-PE

Bio-PE jest doskonałym przykładem polimeru wytwarzanego ze źródeł odnawialnych, ale nieulegającego biodegradacji. Jest on produkowany z surowców roślinnych, m.in. z trzciny cukrowej. Brazylijski koncern petrochemiczny Braskem opracował innowacyjną technologię polimeryzacji etylenu pochodzącego z alkoholu etylowego wytwarzanego poprzez fermentację surowców roślinnych. Koncern produkuje już kilka odmian „zielonego” politylenu dużej i małej gęstości (HD-PE i LD-PE).

Bioetanol wytwarzany z trzciny cukrowej przy wykorzystaniu procesu fermentacji może być stosowany w tradycyjnych procesach polimeryzacji etylenu do różnych klas politylenu (HDPE, LDPE, LLDPE). Cena Bio-PE jest o 50% wyższa niż PE paliw kopalnych, zakłada się także, że ceny nadal będą spadać. Bio-PE, podobnie jak klasyczny PE, wykorzystywany jest do produkcji toreb handlowych, worków i folii opakowaniowych, kubków i pojemników, zbiorników paliwa, części samochodowych, rur itp. Szacunkowe zapotrzebowanie surowcowe przy produkcji zielonego PE zamieszczone na rysunku 3.

### Bio-PP

Producentem zielonego polipropylenu (Bio-PP) jest koncern Braskem. Jego wytwarzanie bazuje na wykorzystaniu surowców



Tab. 1. Przykładowe polimery na bazie surowców odnawialnych<sup>4</sup>

Nazwa	Surowiec	Polimer	Nazwa firmy	Adres strony WWW
EcoPAXX <sup>TH</sup>	olej rycynowy	poliamid 4.10	DSM Engineering Plastics	www.dsm.com/en_US/html/dep/news_items/ecopaxx_pr.htm
Green Resin, Green PE, Green PP	etanol z trzciny cukrowej, olej rycynowy	polipropylen, polietylen	Braskem	www.braskem.com.pr
Ultramid <sup>®</sup> Balance	olej rycynowy	poliamid 6.10	BASF	www.plastivsportal.eu/ultramid
Rilsan <sup>®</sup>	olej rycynowy	poliamid 11 i 12	Arkema Inc.	www.arkema-inc.com
Brak nazwy	etanol z trzciny cukrowej	PVC	Solvay	www.solvay.com
VESTAMID <sup>®</sup> VESTAMID <sup>®</sup> Terra	olej rycynowy	poliamidy, polifitalamidy	Evonik Industries	http://corporate.evonik.com/de/Pages/default.aspx

odnawialnych, takich jak trzcina cukrowa. Zielony PP zbudowany jest z węgla ze źródeł odnawialnych, ale swoimi właściwościami nie różni się od PP wytwarzanego z ropy naftowej. Jest on polimeryzowany i przetwarzany tymi samymi technikami jak klasyczny PP (wtrysk, formowanie z rozdmuchem).

Temperatura topnienia PP pozwala na stosowanie go w wyrobach medycznych, pojemnikach do podgrzewania w mikrofalówkach czy do mycia w zmywarce. Dodatkowo polipropylen ma dobre właściwości zmęczeniowe, umożliwiające zastosowanie go jako w zawiasach w butelkach z zamknięciem typu flip-top. Dwuosiowo orientowany polipropylen (BOPP) służy do wytwarzania folii. Arkusze BOPP są stosowane do produkcji szerokiej gamy materiałów. Jest on krystalicznie czysty i stanowi doskonały materiał opakowaniowy.

Do wytwarzania Bio-PP wykorzystuje się typowe surowce pochodzenia biologicznego: kukurydzę, trzcinę cukrową czy buraki. Aktualnym liderem w produkcji Bio-PP jest Braskem.

### Bio-PET

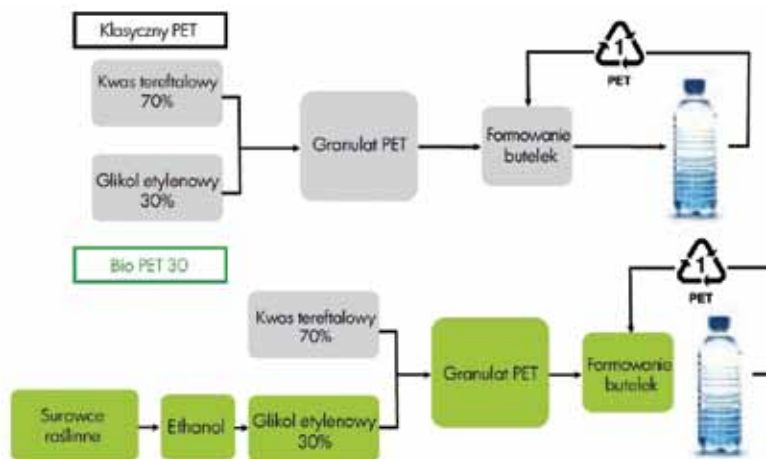
Butelki PET zwane PlantBottle (rys. 4) produkowane są z kwasu tereftalowego (rys. 4) produkowane są z kwasu tereftalowego



Rys. 4. Logo PlantBottle. Źródło: www.greenpacks.org

lowego (70% masy) i glikolu etylenowego (30% masy). Kwas tereftalowy jest produktem pochodzenia petrochemicznego, natomiast glikol etylenowy powstaje z etanolu (pozyskiwanego w procesie fermentacji

dzie (dasani, coca-cola, diet coca-cola, coca-cola zero, sprite, fresca, barqs), Japonii (sokenbicha, iLOHAS), Brazylii i Meksyku (coca-cola) oraz Norwegii i Szwecji (bonaqua).



Rys. 5. Proces produkcji dwóch rodzajów butelek PET: klasycznej oraz PlantBottle<sup>5</sup>

surowców roślinnych). Bio-PET mogą być poddawane procesowi recyklingu, dlatego ich zbiórka może odbywać się razem z klasycznymi butelkami PET.

Na rysunku 5 przedstawiono schemat procesu wytwarzania butelki PlantBottle.

Trwają prace nad wprowadzeniem na rynek butelek PET w 100% wyprodukowanych z biomasy. Mogą być one produkowane z trawy, kory i kukurydzy. Alternatywę dla butelek PET stanowi tworzywo oparte w 100% na surowcach roślinnych – PEF (ang. poly-ethylene-furanoate), charakteryzujące się wyższą barierowością dla CO<sub>2</sub> i O<sub>2</sub>, szczególnie cenione w branży opakowań żywności.

PlantBottle dostępna jest w dziewięciu krajach: Danii i Chile (coca-cola, coca-cola light i coca-cola zero), Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej (dasani, coca-cola, glaceau vitaminwater, sokenbicha), Kana-

### Źródła

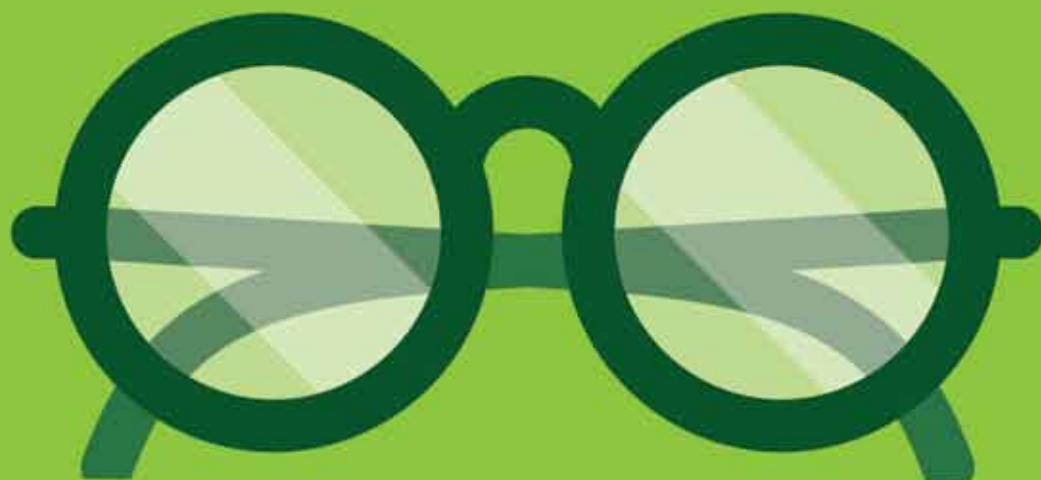
1. *Plastics – The Facts 2012, An analysis of European plastics production, demand and waste data for 2011.* PlasticsEurope. Bruksela 2013.
2. Narayan R., Doi Y., Fukada K.: *Impact of Government Policies, Regulations and Standards Activities on an Emerging Biodegradable Plastics Industry, Biodegradable Plastics and Polymers.* Nowy Jork 1994.
3. Assman K.: *Metody badań tworzyw biodegradowalnych w procesie kompostowania [W:] Odpady i opakowania – nowe regulacje i obowiązki. Praktyczny poradnik dla wytwórców i odbiorców odpadów i opakowań*, tom 1. Poznań 2012.
4. Korzeniowski A., Ankiel-Homa M., Czaja-Jagielska N.: *Innowacje w opakownictwie.* Poznań 2011.
5. Van Dongen C., Dvorak R., Kosior E.: *Design Guide for PET Bottle Recyclability.* Bruksela 2011.

dr inż. Karolina Assman

Katedra Towaroznawstwa i Ekologii Produktów Przemysłowych, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu



**JESTEŚ KREATOREM?  
ZOSTAŃ  
EKOINNOWATOREM!**



**WYSTAWCOM ORAZ UCZESTNIKOM  
DZIĘKUJEMY ZA UDZIAŁ  
W SALONIE EKOINNOWACJI,  
KTÓRY ODBYŁ SIĘ W RAMACH  
MIĘDZYNARODOWYCH TARGÓW OCHRONY ŚRODOWISKA  
POLEKO 2014**

Podsumowanie wydarzenia, fotorelacja oraz prezentacje znajdują się na stronie  
[http://ekoinnowator.ue.poznan.pl/salon\\_ekoinnowacji\\_konferencja.php](http://ekoinnowator.ue.poznan.pl/salon_ekoinnowacji_konferencja.php).

Dofinansowano ze środków  
Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej



# STUDENTKO! STUDENCIE! ABSOLWENTKO! ABSOLWENCIE!

Interesujesz się ekologią i innowacjami? Masz poniżej 35 lat, a w głowie pomysł na ekoinnowacyjny produkt lub usługę, rozwiązanie technologiczne lub organizacyjne? A może jesteś autorem pracy dyplomowej dotyczącej ekoinnowacji?

**Jeśli tak, to:**

- ZAPROJEKTUJ INNOWACYJNY I PRZYJAZNY ŚRODOWISKU PRODUKT, USŁUGĘ LUB ROZWIĄZANIE I WEŹ UDZIAŁ W KONKURSIE „**OD KREACJI DO EKOINNOWACJI**”
- STWÓRZ FILM PROMUJĄCY EKOINNOWACJE I WYŚLIJ GO NA KONKURS „**EKOINNOWACJE W KADRZE**”
- ZGŁOŚ DO KONKURSU SWOJĄ PRACĘ LICENCJACKĄ, INŻYNIERSKĄ LUB MAGISTERSKĄ POŚWIĘCONĄ EKOINNOWACJOM I WEŹ UDZIAŁ W KONKURSIE „**EKOINNOWACJE NIE TYLKO NA PAPIERZE**”

Do konkursów można zgłaszać się już od **20 czerwca 2014 roku!**  
Do wygrania tablety, czytniki e-booków i aparaty fotograficzne!

Pokazy pierwszych prac konkursowych już na Salonie Ekoinnowacji (październik **2014**)  
Rozstrzygnięcie konkursów nastąpi podczas Konferencji podsumowującej (wrzesień **2015**)

Konkursy są elementem ogólnopolskiej kampanii informacyjno-edukacyjnej  
„**JESTEŚ KREATOREM? ZOSTAŃ EKOINNOWATOREM!**”

FORMULARZE ZGŁOSZENIOWE DOSTĘPNE NA STRONIE INTERNETOWEJ PROJEKTU W ZAKŁADCE „KONKURSY”



## WIĘCEJ INFORMACJI NA STRONIE PROJEKTU ORAZ FB:

[ekoinnowator.ue.poznan.pl](http://ekoinnowator.ue.poznan.pl)  
[facebook.com/Ekoinnowator](https://facebook.com/Ekoinnowator)

## KONTAKT:

[ekoinnowator@fnc.ue.poznan.pl](mailto:ekoinnowator@fnc.ue.poznan.pl)  
tel. +48 785 557 169  
tel. +48 785 554 278



Projekt dofinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

