

**Barbara Sykut, Konrad Kowalik, Paweł Drożdziel**

Politechnika Lubelska  
e-mail: b.sykut@pollub.pl

---

## WSPÓŁCZESNE OPAKOWANIA DLA PRZEMYSŁU ŻYWNOŚCIOWEGO

---

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono opakowania, które pozwalają utrzymać jakość pakowanego produktu, a także są łatwe pod względem technologii ich produkcji. Postęp w tym zakresie jest coraz większy i dotyczy opakowań aktywnych i inteligentnych. Zastosowanie takich opakowań powoduje m.in. przedłużenie przydatności artykułów spożywczych do spożycia oraz może wpływać na ich marketingową atrakcyjność. Stymuluje to doskonalenie chemicznych, fizycznych i mechanicznych właściwości materiałów opakowaniowych stosowanych do produkcji opakowań, w tym przede wszystkim opakowań nowej generacji. Współczesne opakowania nie tylko chronią produkt przed czynnikami zewnętrznymi, ale mają również wiele innych zadań.

**Słowa kluczowe:** opakowanie, opakowania aktywne i inteligentne, materiały opakowaniowe.

### 1. Wstęp

Opakowania w detalicznym obrocie żywnością spełniają istotną funkcję, m.in. w wymiernym i znaczącym stopniu decydują o jej jakości i trwałości.

Opakowania żywności muszą spełniać wiele wymagań, m.in. takich jak: wydłużenie czasu przechowywania, ochrona przed promieniowaniem UV, posiadanie właściwości antyelektrostatycznych, a przede wszystkim powinny być funkcjonalne [www.opakowania.pl]. Współcześnie na rynku dominują opakowania tradycyjne. Jednak coraz częściej stosowane są również nowe materiały opakowaniowe, nowe konstrukcje opakowań i technologie pakowania.

Ze względu na różnorodność funkcji pełnionych przez opakowanie, a także wielorakość postaci, w jakich występują, precyzyjne zdefiniowanie współczesnego opakowania jest trudne. Stąd też powszechnie stosuje się definiowanie opisowe, określające niezbędne wymagania odnośnie do: funkcji danego opakowania, zastosowanych materiałów opakowaniowych, użytkowej konstrukcji itp. Przed współczesnymi opakowaniami stawia się wiele wymagań. Opakowania powinny charakteryzować się następującymi cechami:

- 1) ochroną produktu podczas magazynowania, transportu i użytkowania oraz ochroną otoczenia przed szkodliwymi wpływami produktu,

2) umożliwianiem i ułatwianiem: produkcji, hurtowego i detalicznego obrotu handlowego i użytkowania produktów,

3) informowaniem m.in. o: składzie surowcowym produktu, jego kaloryczności, sposobie przygotowania do spożycia oraz dacie upływu przydatności do spożycia,

4) opakowanie produktu powinno być graficznie i kolorystycznie atrakcyjne, tzn. wzbudzać zainteresowanie potencjalnego konsumenta [Otleś, Yalcin 2008; www.opakowania.pl].

W kształtowaniu dobrej jakości produktów żywnościowych wysoce znaczący udział mają opakowania aktywne i inteligentne. Ostatnio obserwuje się coraz to większe nimi zainteresowanie. Współcześnie dostrzega się na rynku obecność, co prawda ciągle jeszcze na niezbyt dużą skalę, grupy takich nowoczesnych opakowań [Opakowania... 2009]. Zarówno w Polsce, jak i w większości krajów Unii Europejskiej zastosowanie takich opakowań jest jednak nadal mało popularne. Podobna sytuacja ma miejsce m.in. w Australii i Nowej Zelandii. Prowadzane są jednak intensywne badania nad tego typu opakowaniami. Jest wielce prawdopodobne, że już w niedalekiej przyszłości zostaną one zarejestrowane w państwach Unii Europejskiej i staną się powszechnie stosowane. Przyczyni się to do wydłużenia przydatności produktów żywnościowych do spożycia oraz do zwiększenia ich atrakcyjności [Drzewińska 2010; www.opakowania.pl].

## 2. Opakowania aktywne

Według PN-EN 13193:2002 opakowanie aktywne, zwane również interaktywnym, jest definiowane jako „opakowanie, w którym zastosowano substancje adsorbujące tlen lub dwutlenek węgla, albo etylen lub parę wodną, względnie generujące dwutlenek węgla lub zawierające materiały umożliwiające miejscowy wzrost temperatury podczas ogrzewania” [www.opakowania.pl].

Opakowania aktywne (AP – *Active Packaging*) zrywają z tradycyjną zasadą, że opakowanie i zapakowany produkt nie powinny na siebie oddziaływać, a przynajmniej oddziaływania te powinny być niewielkie [Drzewińska 2010; Kondratowicz, Kościelak 2005; www.opakowania.pl]. Okazało się, że w pewnych przypadkach oddziaływanie pomiędzy opakowaniem a opakowanym produktem nie musi mieć negatywnych skutków, wręcz przeciwnie – może być bardzo korzystne [Kozak, Cierpiszewski; www.portalspozywczy.pl]. Oczywiście, te interakcje muszą być zaplanowane, a nie przypadkowe, aby można było kontrolować ich intensywność i przebieg, a w konsekwencji wpływ na zapakowany produkt. Opakowania aktywne stanowią liczną grupę pod względem zarówno ich przeznaczenia, jak i wykorzystywanych rozwiązań.

Ze względu na sposób funkcjonowania dużą rodzinę opakowań aktywnych dzieli się na dwie główne grupy. Pierwsza z nich to grupa pochłaniaczy (tab. 1).

Pochłaniacze mają za zadanie na stałe usunąć szkodliwe gazy. Jest to równoznaczne z zabezpieczeniem produktu przed jego zepsuciem. Między pochłaniaczem

**Tabela 1.** Przykłady zastosowań różnych pochłaniaczy

Rodzaj pochłaniacza	Związki	Zastosowanie
Pochłaniacze tlenu ( <i>oxygen scavenger</i> )	Związki żelazowe, kwas askorbinowy, sole metali, oksydazy glukozowe	Ser, pieczywo, słodczyce, orzechy, mleko w proszku, kawa, herbata, fasola, zboże, mięso
Pochłaniacze wody	Żel silikonowy, glicerol	Pieczywo, mięso, ryby, drób, warzywa i owoce
Pochłaniacze CO <sub>2</sub>	Wodorotlenek wapnia, sodu lub potasu	Palona kawa
Pochłaniacze etylenu	Tlenek glinu, aktywny węgiel, nadmanganian potasu	Owoce (jabłka, morele, banany, awokado) i warzywa (marchew, ziemniaki, pomidory, ogórki)
Pochłaniacze związków zapachowych	Kwas cytrynowy, estry celulozy, poliamid	Produkty łatwo ulegające utlenianiu, np. tłuszcze w produktach rybnych, soki owocowe

Źródło: Opakowania środków spożywczych – najnowsze rozwiązania – jakość i bezpieczeństwo – Rozporządzenie Komisji (WE) nr 450/2009 z dnia 29 maja 2009 r. w sprawie aktywnych i inteligentnych materiałów i wyrobów do kontaktu z żywnością.

a produktem nie następuje bezpośrednia migracja, a jedynie pożądane, korzystne zmodyfikowanie warunków wewnątrz opakowania, co znacznie przedłuża trwałość produktu. Oprócz pochłaniaczy tlenu należy wymienić absorbery zapachów (amin i aldehydów) oraz pochłaniacze etylenu. Równie istotne są regulatory zawartości wody, substancje absorbujące dwutlenek węgla, absorbery światła lub substancje zabezpieczające barwę opakowanego produktu [Drzewińska 2010; Kondratowicz, Kościelak 2005; *Opakowania...2009*; Otles, Yalcin 2008; [www.portalspozywczy.pl](http://www.portalspozywczy.pl)].

Podczas stopniowego usuwania tlenu z atmosfery opakowania powstaje podciśnienie, w wyniku którego może nastąpić wgniecenie ścianki opakowania. W takich opakowaniach stosuje się substancje, które podczas zmniejszania ilości tlenu wydzielają ekwiwalentne ilości dwutlenku węgla [Drzewińska 2010; Kozak, Cierpiński 2010b; Otles, Yalcin 2008; [www.portalspozywczy.pl](http://www.portalspozywczy.pl)].

Zastosowanie pochłaniaczy etylenu jest szczególnie istotne przy przechowywaniu owoców i warzyw, z których jedne emitują etylen samoistnie (np. jabłka), a inne w jego obecności szybciej dojrzewają, a co za tym idzie – szybciej ulegają gnilnemu rozkładowi (np. banany) [[www.opakowania.pl](http://www.opakowania.pl)].

Drugą grupą opakowań aktywnych są tzw. emiterzy. Takie opakowania zawierają substancje zdolne do migracji wewnątrz opakowania i opóźniania niekorzystnych procesów. Ich zastosowanie umożliwia m.in. regulowanie zawartości wody w atmosferze opakowania, tj. wilgotności względnej (opakowania warzyw), namnażania się niepożądanych mikroorganizmów oraz zapobieganie zepsuciom bakteryjnym (środki przeciwbakteryjne). Wśród emiterów najliczniej reprezentowane są środki przeciwbakteryjne. Ich działanie może być dwojakie: jedne z nich migrują

na powierzchnię produktu i tworzą na nim barierę ochronną, inne mają działanie antybakteryjne bez migracji do wnętrza produktu [Bente 2002; Brody i in. 2008]. Coraz częściej stosowane są folie opakowaniowe, nasycone środkami antybakteryjnymi. Podczas przechowywania suszonych artykułów żywnościowych i produktów piekarniczych etanol jest jednym ze znanych i powszechnie stosowanych środków antybakteryjnych, który zapobiega porostowi pleśni i namnażaniu się patogennych drobnoustrojów. Jest on często stosowany zamiast tradycyjnych dodatków do żywności. Wydzielanie etanolu polega na umieszczeniu w opakowaniu saszetki z alkoholem zaabsorbowanym na odpowiednim nośniku. Nośnik wchłania wodę z produktu, uwalniając etanol. Opakowania zawierające etanol, ze względu na specyficzne predyspozycje niektórych konsumentów (względy wyznaniowe bądź nadużywanie alkoholu), muszą być odpowiednio oznakowane [www.portalspozywczy.pl].

### 3. Opakowania inteligentne

Opakowania inteligentne (*intelligent packaging*), nazywane też: sprytnymi, eleganckimi, mądrymi (*smart packaging*), to opakowania, w których dodatkowy element, cecha materiału opakowaniowego lub efekt interakcji między materiałem opakowaniowym a produktem pozwalają na kontrolowanie stanu bezpieczeństwa produktu w czasie przechowywania i na przekazanie tej informacji konsumentowi. Z reguły zawierają wtopione w materiał opakowaniowy, elektroniczne mikroczujniki chemicznych zmian przechowalniczych w produkcie lub barwne wskaźniki, sygnalizujące nieszczelność opakowania, zwiększenie się populacji drobnoustrojów (przez reagowanie z ich metabolitami) oraz czas i temperaturę przechowywania. Opakowania tego typu zawierają także unieruchomione enzymy (np. rozkładające cholesterol, wiążące tlen) lub substancje zapachowe uwalniane w czasie przechowywania albo obróbki żywności wygodnej [Drzewińska 2010; Korzeniowski i in. 2000; Kozak, Cierpiszewski 2010a; Otles, Yalcin 2008; www.opakowania.pl].

Opakowania inteligentne możemy podzielić na :

- umożliwiające zachowanie wyjściowej jakości produktu,
- ułatwiające przygotowanie potraw do spożycia oraz zapewniające wygodę użytkownika,
- chroniące przed zniszczeniem.

Najmniej znane i użytkowane są opakowania, które umożliwiają monitorowanie jakości zawartych w nich produktów. Takie opakowania dzieli się na:

- wskaźniki temperatury i czasu,
- wskaźniki jakości,
- wskaźniki obecności gazów [Kozak, Cierpiszewski 2010a].

Najpopularniejsze są wskaźniki: czasu i temperatury (TTI – *Time Temperature Indicators*), świeżości oraz obecności tlenu [Opakowania... 2009].

Wskaźniki czasu i temperatury TTI (rys. 1) wykorzystywane są najczęściej w logistyce. Informują o różnicach między temperaturą optymalną a tą, jaka jest w danej chwili.



Rys. 1. Wskaźnik OnVu

Źródło: [Opakowania... 2009].

Zasada działania wskaźników czasu i temperatury opiera się albo na chemicznej reakcji polimeryzacji, albo na enzymatycznej hydrolizie tłuszczów lub na efekcie fizycznej dyfuzji roztworu o chemicznie zmienionej barwie. W większości przypadków TTI umieszczone są na zewnętrznej stronie opakowania i nie mają one kontaktu z żywnością. Indykator TTI rejestruje temperaturę podczas np. detalicznego obrotu handlowego lub w trakcie magazynowania. Zmiana temperatury powyżej zaprogramowanej i po upływie określonego czasu jest rejestrowana jako zmiana barwy na indykatorze. Przykładem działania indykatora TTI może być np. informacja o niezamierzonym rozmrożeniu się produktu podczas przechowywania.

Wskaźniki świeżości stosuje się do detekcji takich związków, jak np.: dwutlenek węgla, diacetyl, aminy, etanol. Opracowano m.in. technikę określania świeżości za pomocą samoprzylepnej etykiety nowej generacji z odpowiednim oprogramowaniem w zależności od charakterystyki monitorowanych produktów. Opracowano unikatową technikę określania świeżości produktów o nazwie TRACEO® (rys. 2.) Jej działanie polega na zabarwieniu się i jednoczesnym zmatowieniu, gdy produkt traci przydatność do spożycia, przy czym zmiana barwy następuje w sposób ciągły.



Rys. 2. Widok etykiety TRACEO® nałożonej na kod kreskowy

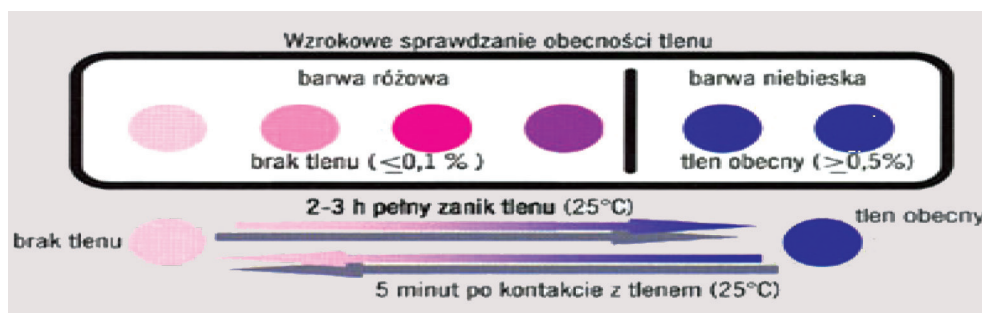
Źródło: [Rozporządzenie Komisji (WE) nr 450/2009].



**Rys. 3.** Widok etykiety TRACEO® nałożonej na kod: z lewej strony produkt świeży, prawej strony etykieta stała się nieprzezroczysta po upływie terminu przydatności do spożycia

Źródło: [Rozporządzenie Komisji (WE) nr 450/2009].

Indykatory są również stosowane do monitorowania temperatury w transporcie i podczas magazynowania. Umieszcza się je także w opakowaniach zbiorczych, co skutkuje zmniejszaniem strat podczas transportu i stwarza możliwość identyfikacji ogniwa w łańcuchu chłodniczym, w którym zaszły niepożądane odchylenia od zaprogramowanych parametrów temperatury i wilgotności względnej podczas magazynowania.



**Rys. 4.** Optyczny wskaźnik obecności lub braku tlenu w opakowaniu, tzw. *ageless eye*

Źródło: [Cichoń, Miśniakiewicz 2000].

W opakowaniach inteligentnych stosowanych przez przemysł żywnościowy niemal powszechnie używane są wskaźniki tlenowe. Informują one o parametrach atmosfery wewnątrz opakowania i o jego szczelności [Cichoń, Miśniakiewicz 2000; Kondratowicz, Kościelak 2005; Kozak, Cierpiszewski 2010a; *Opakowania...*2009]. Dla opakowań inteligentnych powszechnie jest stosowana etykieta informująca o za-

wartości tlenu wewnątrz opakowania, tj. *ageless eye* (niestarzejące się oko) (rys. 4). W odniesieniu do tej etykiety, w obecności tlenu, zachodzi reakcja oksydacyjno-redukcyjna (*redox*) i wskaźnik wskazuje odpowiednio zaprogramowany wynik. Duża zawartość tlenu wskazuje na możliwą nieuszczelność opakowania lub na nadmierne zanieczyszczenie bakteryjne. Polega to na zmianie barwy wraz ze zmianą stężenia tlenu w opakowaniu [Cichoń, Miśniakiewicz 2000; Czaja 2004; Drzewińska 2010; Korzeniowski 2000; Kozak, Cierpiszewski 2010a; *Opakowania...*2009; Otleś, Yalcin 2008].

#### 4. Podsumowanie

Aktywne i inteligentne opakowania rozwiązują niektóre problemy związane z obrotem i przechowywaniem żywności, w tym m.in. takie, jak: inhibowanie proliferacji mikroorganizmów, oraz zmniejszają lub wykluczają intensywność przebiegu reakcji enzymatycznych, których pochodną jest wysoce znaczące zmniejszenie strat powodowanych przez rozkład gnilny nowoczesnie opakowanej żywności oraz kształtowanie dobrej jej jakości. Istnieje wiele technik pakowania żywności z wykorzystaniem opakowań aktywnych, głównie z użyciem pochłaniaczy tlenu, który powoduje procesy utleniania chemicznych składników żywności, w tym szczególnie triacylogliceroli.

Opakowania inteligentne i aktywne stosowane są od niedawna i przysparzają znaczących korzyści ekonomicznych. Mimo iż powszechnie nadal jeszcze stosowane są tradycyjne technologie opakowania żywności, to niewątpliwie przyszłość jej opakowywania należeć będzie do innowacyjności reprezentowanej przez opakowania aktywne i inteligentne, charakterystyczne dla XXI wieku. Aktywna metoda ingerowania w jakość opakowywanych produktów żywnościowych przez nowoczesne ich opakowywanie jest istotnie korzystniejsza i skuteczniejsza w porównaniu z tradycyjnym pakowaniem pasywnym.

Zakłada się, że badania podstawowe związane z materiałami opakowaniowymi, w tym odnoszące się do ograniczania migracji składników opakowania do żywności oraz zogniskowane na ocenie stopnia ochrony produktu, stanowią punkt wyjścia do dalszych badań. Liczne prace prowadzone nad opakowaniami aktywnymi i inteligentnymi świadczą o znaczeniu tego typu opakowań, zwłaszcza dla produktów żywnościowych będących w obrocie detalicznym oraz podczas ich przechowywania.

#### Literatura

- Bente F. i in., *Active and Intelligent Food Packaging*, Nordic Council of Ministers, Copenhagen 2000.  
Brody A.L., Bugusu B., Han J.H., Sand C.K., McHugh T.H., *Innovative food packaging solutions*, „Journal Of Food Science” 2008, 73, 8.  
Cichoń Z., Miśniakiewicz M., *Analiza tendencji w opakownictwie żywności uwarunkowanych zmieniającymi się wymaganiami rynkowymi*, „Opakowanie” 2000, 10.

- Czaja N., *Inteligentne opakowania*, „Packaging Polska” 2004, 1.
- Drzewińska E., *Opakowania aktywne i inteligentne*, „Przegląd Papierniczy” 2010, 8.
- Kondratowicz J., Kościelak E., *Nowe tendencje w systemach pakowania żywności przechowywanej w niskich temperaturach. Część II. Chłodnictwo*, tom XL 8/2005.
- Korzeniowski A., Foltynowicz Z., Kubera H., *Trendy rozwoju opakowań*, „Przemysł Spożywczy” 2000, 4.
- Kozak W., Cierpiszewski R., *Opakowania aktywne*, „Przemysł Spożywczy” 2010b.
- Kozak W., Cierpiszewski R., *Opakowania inteligentne*, „Przemysł Spożywczy” 2010a.
- Opakowania środków spożywczych – najnowsze rozwiązania – jakość i bezpieczeństwo*, Rozporządzenie Komisji (WE) nr 450/2009 z dnia 29 maja 2009 r. w sprawie aktywnych i inteligentnych materiałów i wyrobów do kontaktu z żywnością.
- Otles S., Yalcin B., *Intelligent food packaging*, „LogForum” 2008, 4, 4, 3.
- [www.opakowania.pl](http://www.opakowania.pl)
- [www.portalspozywczy.pl](http://www.portalspozywczy.pl)

## MODERN PACKAGING FOR FOOD INDUSTRY

**Summary:** The aim of this paper is to present contemporary progress in the development of the packing materials, construction of packages, packing technology as well as the recent innovation applied in the packaging of plant and animal origin food products both unprocessed and processed of such a great variety of the ready-to-eat dishes i.e. so called convenience food products. Progress in the area of packaging and materials used is permanently increasing and concerns, among other solutions, active and intelligent packaging. The use of such material and the relevant technology are also contributing to the increase of their attractiveness. This targets are stimulating improvements and inventions of the better properties of packaging materials and packaging. They tend towards better stability of food using new packaging generation. Modern packaging not only protects from external factors, but also fulfills many other tasks. Both producers and consumers place high demands on the emergence of new packaging.

**Keywords:** packaging, active and intelligent packaging.