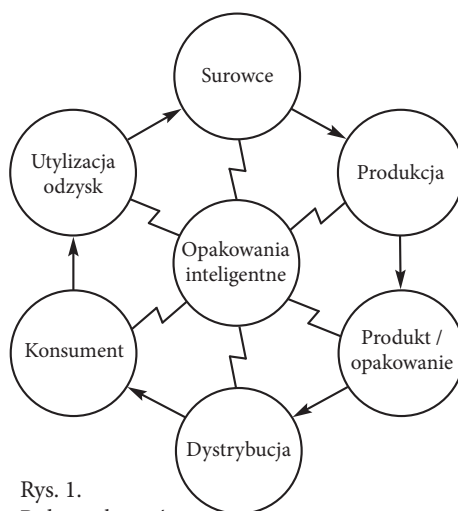


## Opakowania inteligentne

### Wstęp

Podstawowym zadaniem opakowań jest tworzenie granicy pomiędzy produktami a otaczającym je środowiskiem, co pozwala na ograniczenie wpływu czynników środowiskowych na znajdujące się wewnątrz opakowania produkty. Obecnie obowiązuje w Polsce definicja opakowania przedstawiona w Ustawie z 13 czerwca 2013 roku *O gospodarce opakowaniami i odpadami opakowaniowymi*. Często jednak definiuje się opakowania poprzez funkcje, jakie pełnią. Tradycyjnie zalicza się do nich funkcje: ochronne, logistyczne, informacyjne, marketingowe i ekologiczne [Korzeniowski, Skrzypek, Szyszka, 2010]. Zmodyfikowane ujęcie funkcji opakowań zostało zaproponowane w pracy Bix i in. [2008], a w literaturze polskojęzycznej przez Lisińską-Kuśnierz [2010]. Według zaprezentowanych koncepcji opakowania spełniają funkcje: ochronną, wygody (użyteczności) i komunikacji. Wymienione funkcje powinny być spełnione w środowisku fizycznym, ekosferze i środowisku człowieka, przy czym funkcja ochronna obejmuje ochronę produktu przed środowiskiem i środowiska przed produktem, funkcja wygody oznacza wzrost użyteczności produktów, ułatwienia związane z wytwarzaniem, napełnianiem, manipulacjami, zmykaniem, liczeniem, przenoszeniem itp. Funkcja komunikacji obejmuje przekazywanie informacji wszystkimi możliwymi drogami.

Przekazywanie informacji ma na celu: identyfikację, sprzedaż, właściwe użycie oraz ostrzeżenie. Funkcje informacyjne opakowania odpowiadają za dostarczenie wymaganych informacji osobom zajmującym się magazynowaniem, transportem, sprzedażą, a także ostatecznemu użytkownikowi produktu. Informacjami znajdującymi się na opakowaniu są: nazwa produktu, nazwa producenta, kraj pochodzenia, skład produktu, data przydatności, znaki itd. [Korzeniowski, Skrzypek, Szyszka, 2010]. Funkcję informacyjną spełniają również tzw. opakowania inteligentne, które mogą grać ważną rolę w przepływie zarówno materiałów, jak i informacji w łańcuchu dostaw żywności (rysunek 1).



Rys. 1.  
Rola opakowań  
inteligentnych w łańcuchu dostaw  
Źródło: [Lisińska-Kuśnierz, 2010]

Znajdujące się na rysunku 1 koła reprezentują poszczególne etapy łańcucha dostaw żywności, zaczynając od surowców przez produkcję, opakowanie, dystrybucję, użycie produktu i jego utylizację. Opakowanie ułatwia przepływ materiałów (symbolizowany strzałkami na wykresie) pomiędzy poszczególnymi etapami. Dodanie do tradycyjnego opakowania elementów inteligentnych może poprawić przepływ informacji o produkcie we wszystkich etapach łańcucha dostaw. Informacje mogą być dostarczane w postaci wizualnej (np. wskaźniki) lub elektronicznie (np. kody kreskowe, Internet) [Lee, Yam, Piergiovanni, 2008; Lisinska-Kuśnierz 2010].

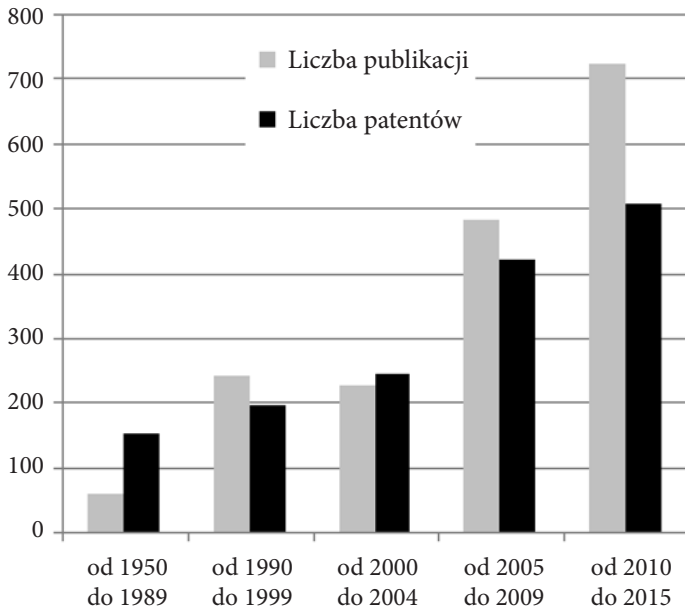
Zgodnie z definicją podaną w Rozporządzeniu Komisji (WE) nr 450/2009 z dnia 29 maja 2009 r. „inteligentne materiały i wyroby oznaczają materiały i wyroby, które monitorują stan opakowanej żywności lub jej otoczenia”. Z definicji wynika, że zadaniem opakowań inteligentnych jest zapewnienie użytkownikowi uzyskania niezawodnych i rzetelnych informacji o warunkach, w jakich jest przechowywana żywność. Dotyczy to również integralności opakowania. Zatem opakowanie inteligentne rozszerza funkcję komunikacyjną tradycyjnych opakowań żywności, przekazując konsumentowi dodatkowe informacje o zmianach wykrytych w opakowaniu lub jego środowisku.

Stosowanie opakowań inteligentnych związane jest z zainteresowaniem wśród konsumentów żywnością wysokiej jakości oraz ich nowymi preferencjami, które wpływają na zmiany w podejściu do pakowania żywności. Rozwój opakowań inteligentnych obserwuje się od około trzydziestu lat. W pierwszej kolejności rozwiązania tego typu pojawiły się w Japonii, następnie w USA, a obecnie w Europie. Prawdopodobnie późniejsze ich wprowadzanie na rynek europejski wynika głównie z obowiązujących regulacji prawnych, które w Europie były znacznie bardziej restrykcyjne. Dlatego intensywniejszy rozwój w tym zakresie w krajach Unii Europejskiej obserwuje się dopiero po wejściu w życie rozporządzenia ramowego Parlamentu Europejskiego i Rady nr 1935 z 2004 roku [Restuccia, 2010]. Na rysunku 2 przedstawiono liczbę publikacji oraz patentów (przyznanych i wniosków patentowych) poświęconych w latach 1950–2015 opakowaniom inteligentnym. Widać wyraźny wzrost zainteresowania tymi zagadnieniami po 2005 roku.

Krajami o największej aktywności pod względem liczby wniosków patentowych i przyznanych patentów są: USA, Japonia, Chiny, Kanada i Australia. W latach 2010–2015 obserwuje się dużą aktywność wynalazców chińskich, którzy do roku 2004 patentowali niewiele rozwiązań z zakresu opakowań inteligentnych. Uzyskane dane w zakresie aktywności publikacyjnej są porównywalne z wynikami przedstawionymi w pracy Vanderroost i in. [2014] uzyskanymi za pomocą bazy Google Scholar.

Wzrost zainteresowania opakowaniami inteligentnymi w Europie znajduje również odzwierciedlenie we wzrastającej liczbie krajowych i europejskich projektów badawczych związanych z ich rozwojem [Vanderroost i in., 2014].

Obecnie funkcje inteligentnych opakowań są realizowane głównie trzema technikami: za pomocą czujników, wskaźników i systemu RFID. Rozwiązania te różnią się od siebie nie tylko konstrukcyjnie, ale także ilością i typem danych, które mogą być wprowadzone, pobierane, jak i przesyłane [Heising i in. 2014].



Rys. 2.  
Liczba publikacji oraz patentów (przyznanych i wniosków patentowych) dotyczących opakowań inteligentnych w latach 1950–2015 (na podstawie bazy Patent Lens i Science Direct)

W tym opracowaniu zostaną przybliżone elementy inteligentne zawarte w grupie opisanej jako wskaźniki. Do zalet wskaźników można zaliczyć: stosunkowo prostą budowę, taniłość, praktycznie brak możliwości jakiegokolwiek manipulacji (w przypadku, kiedy są nieodwracalne). Wadami są: konieczność wykonania podczas pakowania dodatkowych manipulacji związanych z wprowadzeniem ich do opakowania, często stosunkowo krótki czas ich działania – niekiedy działają już w momencie wyprodukowania, dlatego muszą być odpowiednio przechowywane przed zamontowaniem na opakowaniu. Niektóre z tych wad mogą być wyeliminowane, gdy wykorzystuje się wskaźniki, które można drukować.

### Opakowania inteligentne

Opakowania inteligentne dzieli się zwykle w zależności od roli, jaką mają spełniać, na trzy grupy [Mills, 2005]:

- monitorujące zmiany jakości opakowanego produktu,
- poprawiające wygodę użytkownika produktu z opakowaniem,
- chroniące przed zniszczeniem, zagubieniem, kradzieżą itp.

Pierwszą z wymienionych można podzielić na:

- wskaźniki świeżości,
- wskaźniki historii temperatury i czasu jej działania (TTI – *Time Temperature Indicator*),
- wskaźniki obecności gazów (integralności opakowania).

Wymienione wskaźniki umożliwiają monitorowanie warunków w opakowaniu oraz warunków otoczenia na dowolnym etapie łańcucha dostaw żywności oraz w domu konsumenta. Działanie wskaźników świeżości oraz obecności gazów jest

oparte na monitorowaniu warunków wewnątrz opakowania. Wskaźniki TTI montowane są na zewnętrznej stronie opakowania. W tabeli 1 przedstawiono przykłady dostępnych na rynku opakowań inteligentnych.

Tabela 1. Przykłady opakowań inteligentnych dostępnych na rynku

Rodzaj wskaźnika	Nazwa handlowa	Producent	System
Świeżość	Food Sentinel System Food	Sira Technologies Inc.	przeciwciała
	RipSense	Ripesense Ltd.	detekcja aromatów
	Toxin Guard	Toxin Alert Inc.	przeciwciała
TTI	Fresk-Check	Lifelines Inc.	reakcja polimeryzacji
	Monitor Mark	3M Company	dyfuzja
	OnVu i CoolVu	BASF UV	barwnik aktywowany UV
	VITSAB	VITSAB A.B.	enzymatyczna hydrolyza tłuszczów
Otwarcia opakowania	Novas Embedded Label	Insygnia Technologies	zmiana stężenia CO <sub>2</sub>
Obecność tlenu /otwarcie opakowania	Ageless-Eye	Mitsubishi Gas Chemical Co	reakcja redoks
	Tell-Tab Oxygen Indicator	IMPAK	reakcja redoks

### *Wskaźniki świeżości*

Wskaźniki świeżości powinny sygnalizować zmiany jakości opakowanego produktu natychmiast po pojawieniu się czynnika, który świadczy o przebiegu procesów związanych z psuciem się żywności. Przyjmuje się założenie, że idealny wskaźnik powinien informować o nieprawidłowościach powstałych zarówno na etapie produkcji, jak i o zmianach jakości produktu podczas dystrybucji i użytkowania w domu konsumenta. Działanie takich wskaźników opiera się na reakcji zawartych w nich składników z wydzielającymi się w trakcie rozkładu substancjami będącymi wynikiem przemian zachodzących w produkcie. Uwalniane do atmosfery opakowania związki chemiczne, np.: ditlenek węgla, lotne aminy, siarkowodor, kwas octowy, etylen reagują ze wskaźnikiem. W rezultacie następuje zmiana jego barwy, co daje konsumentowi możliwość oceny stanu zapakowanego produktu [Kuswandi, 2012; Pacquit, 2006]. Proponowane obecnie rozwiązania opierają się przede wszystkim na ditlenku węgla, lotnych aminach. Do wykrywania produktów lotnych stosuje się wskaźniki oparte na reakcjach chemicznych, zaś do wykrywania produktów nielotnych – reakcje enzymatyczne [Brody, 2001].

Wskaźniki wykorzystujące ditlenek węgla dzieli się na „mokre” i „suche”. W pierwszym przypadku wskaźnik zawiera roztwór barwnika zmieniającego barwę przy zmianie pH oraz membranę przepuszczalną dla ditlenku węgla. Jeżeli CO<sub>2</sub> znajdzie się w opakowaniu, zmieni stężenie jonów wodorowych i w konsekwencji barwę roztworu [Mills i Skinner, 2010].

Zdecydowanie lepszym rozwiązaniem jest zastosowanie czwartorzędowych soli amoniowych do solubilizacji substancji reagującej na zmiany pH w polimerze hydrofobowym. W takim wskaźniku rolę buforu wodnego pełni wodorotlenek tetraaktyloamoniowy.

Do wskaźników świeżości opartych na detekcji amin i ich pochodnych należy etykieta Fresh Tag (Cox Recorders, USA), zmieniająca zabarwienie w kontakcie z lotnymi aminami nawet w temperaturze -20°C. Etykieta jest proponowana do monitorowania świeżości ryb i ich przetworów [www.meatandpoultryonline.com].

Znanym rozwiązaniem jest wskaźnik Toxin Guard, który za pomocą immobilizowanych przeciwciał pozwala na wykrywanie bakterii patogenicznych. Wskaźnik może być nadrukowany na papierze lub folii, które wykorzystuje się następnie do pakowania żywności [www.toxinalert.com/company.php].

Kolejnym ciekawym wskaźnikiem jest Rip-Sense, dostępny w postaci etykiety (rysunek 3). Jego działanie opiera się na detekcji związków aromatycznych wydzielanych przez dojrzewające owoce. Wraz ze wzrostem stężenia aromatów następuje zmiana barwy etykiety z czerwonej na żółtą [www.ripesense.com].

W pracy Koskela i in. [2015] przedstawiono wskaźnik przeznaczony do monitorowania jakości surowego mięsa brojlerów. Wskaźnik pozwala na wykrycie siarkowodoru, który jest końcowym produktem metabolizmu drobnoustrojów. Wskaźnik otrzymano w wyniku drukowania, a jego działanie opiera się na reakcji octanu miedzi. Czujnik połączony jest z nadrukowanymi: anteną, cewką i kondensatorem, tworzącymi bezprzewodowy, pasywny element. Czujnik nadaje się do produkcji na dużą skalę, co może sprawić, że stanie się na tyle tani, aby mógł być stosowany w jednostkowych opakowaniach żywności.



Rys. 3. Etykieta RipSense  
Źródło: [www.ripesense.com]

### **Wskaźniki TTI**

Wskaźnik TTI to proste i tanie rozwiązanie, które umożliwia ocenę, w jakiej temperaturze i przez jaki okres był przechowywany dany produkt. Wskaźniki TTI działają w oparciu o zmiany zachodzące podczas nieodwracalnych procesów fizykochemicznych, reakcji chemicznych, reakcji enzymatycznych lub mikrobiologicznych. Zmiany te powinny być łatwo dostrzegalne i proste w interpretacji [Kozak, Biegańska, 2012].

Obecnie wskaźniki TTI dzieli się na trzy grupy:

1. wskaźniki rozmrożenia, które pokazują jedynie, czy dany produkt przebywał w temperaturze wyższej niż założona,
2. integratory temperatury i czasu, które pokazują sumarycznie temperaturę i czas jej działania na produkt,
3. indykatory/integratory temperatury i czasu, których działanie jest podobne do funkcjonowania integratorów temperatury i czasu, ale rozpoczyna się dopiero po przekroczeniu założonej temperatury początkowej.

Do pierwszej grupy wskaźników należą ciekłe kryształy i barwniki termochromowe. Ze względu na wrażliwość na czynniki mechaniczne, a także z powodu ceny ciekłe kryształy nie znalazły zastosowania w opakowalnictwie. W porównaniu do nich barwniki termochromowe dają wskazania precyzyjniejsze, są tańsze oraz pozwalają na skorzystanie z większej palety barw [Smithers PIRA, 2013].

Na rysunku 4 przedstawiono przykłady opakowań, w których zostały wykorzystane wskaźniki temperatury. Na pudełkach z produktami mięsnymi przeznaczonymi do odgrzewania w kuchenkach mikrofalowych jest umieszczona grafika przedstawiająca kuchenkę mikrofalową – jest widoczna w temperaturach pokojowych. Po podgrzaniu zanika. Na podobnej zasadzie działa nadruk na butelce Coca-Coli, gdzie w zależności od temperatury schłodzenia pojawia się grafika z kostkami lodu. Również producent piwa Żywiec rozlewał swój produkt do puszek wskazujących na właściwe ochłodzenie produktu [<http://zywiecinfo.pl>].



Rys. 4.  
Przykłady wykorzystania barwników leuko w opakowaniach  
Źródła:  
[[www.colourchange.com](http://www.colourchange.com),  
[www.foodproductiondaily.com](http://www.foodproductiondaily.com)]

Przykładem integratora czasu i temperatury dostarczanego w postaci etykiety jest fotochromowy wskaźnik o nazwie OnVu (rysunek 5). Wskaźnik jest nieodwracalny, przechodzi od zabarwienia niebieskiego do postaci bezbarwnej. Jako koniec okresu jego działania przyjmuje się moment, w którym barwa niebieska na etykiecie jest taka sama jak barwa obramowania. Wskaźnik jest aktywowany promieniowaniem ultrafioletowym. Jego barwa zmienia się wówczas z beżowej na niebieską. Po aktywacji substancja odpowiedzialna za zmiany barwy stopniowo powraca do stanu wyjściowego (staje się bezbarwna) z szybkością zależną od temperatury, a stopień odbarwienia zależy od temperatury i czasu, w którym etykieta przechowywana jest w danych warunkach [Kreyenschmidt, 2010]. Proces odbarwiania należy zaprojektować tak, aby czas, w którym nastąpi odbarwienie wskaźnika, odpowiadał okresowi przechowywania żywności w danych warunkach.



Wskaźnik jest proponowany do monitorowania stanu żywności, której okres przydatności do spożycia nie przekracza 14 dni.

Innym wskaźnikiem TTI, który może być nadrukowany, jest wskaźnik oparty na właściwościach red-oks  $\beta$ -sulfonianu antrachinonu – może on być zredukowany za pomocą wodorosiarczanu sodu. Wyjściowy związek ma barwę beżową, a po zredukowaniu czerwoną. W wyniku reakcji z tlenem  $\beta$ -sulfonian antrachinonu utlenia się i zmienia barwę z czerwonej na beżową. Proponowany wskaźnik zbudowany jest z trzech cienkich warstw: podkładowej, nadrukowanego barwnika i powłoki poliakrylowej. Szybkość zmian koloru można regulować, zmieniając właściwości powłoki poliakrylowej [Galagan, Su, 2008].

Do pierwszych oferowanych na rynku wskaźników należy Monitor Mark firmy 3M, którego działanie opiera się na dyfuzji niebieskiego barwnika wzdłuż pola odczytu. Wskaźniki dostępne są w kilku wersjach zależnie od temperatury początkowej, w której rozpoczynają działanie, oraz od okresu, przez jaki mają działać. Po przekroczeniu żądanej temperatury na wskaźniku pojawia się niebieskie zabarwienie, które przesuwa się z szybkością zależną od temperatury [www.tiptemp.com].

Fresk-Check firmy Lifelines Inc. jest wskaźnikiem TTI opartym na przebiegającej pod wpływem temperatury reakcji polimeryzacji. Monomerem jest bezbarwny związek absorbujący promieniowanie w zakresie UV. Wraz z reakcją polimeryzacji następuje przesunięcie absorpcji do zakresu widzialnego. Gdy zabarwienie pola wskaźnika stanie się ciemniejsze od otaczającego pierścienia, oznacza to, że produkt wewnątrz opakowania nie nadaje się do spożycia [www.lifelinestechology.com].

Często spotykany jest enzymatyczny wskaźnik VITSAB, którego działanie jest oparte na zmianie barwy, związanej ze spadkiem pH, będącym skutkiem enzymatycznej hydrolizy tłuszczu [Blixt, 1974].

### ***Wskaźniki obecności gazów i naruszenia integralności opakowania***

Wskaźniki nieszczelności (otwarcia) opakowania są rozwiązaniami, których działanie opiera się na reagowaniu, gdy zmienia się skład atmosfery opakowania, np. pojawia się nowy składnik. Dzięki temu można zaobserwować, czy opakowanie zostało naruszone, a w niektórych przypadkach – jak długo było otwarte. Takim wskaźnikiem jest etykieta Novas Embedded Label przeznaczona do opakowań mięsa i sera (rysunek 6). Etykieta jest przeznaczona do stosowania z opakowaniami, w których atmosferze po



Rys. 5. Zmiany barwy wskaźnika OnVu

Źródło:

[www.bizerbapolska.pl]



Rys. 6. Etykieta Novas Embedded Label

Źródło:

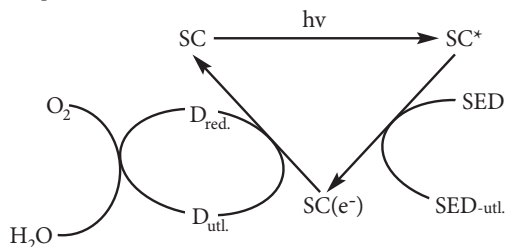
www.foodproductiondaily.com

otwarciu dochodzi do zmiany stężenia  $\text{CO}_2$ . Gdy środek etykiety zmieni barwę na fioletową, oznacza to, że produkt nie powinien być już spożywany [www.foodproductiondaily.com].

Pojawiły się również wskaźniki kolorymetryczne aktywowane promieniowaniem UV. Ich atrakcyjność polega na tym, że można je aktywować już po zapakowaniu produktu. Opisany wskaźnik składa się z: barwnika red-oks (błękit metylenowy), donora elektronów (SED), półprzewodnika pochłaniającego promieniowanie UV (SC) oraz polimeru, którego zadaniem jest scalenie wszystkich składników (rysunek 7). Wskaźnik pokazuje, czy w opakowaniu znajduje się tlen. Może być wykorzystywany do opakowań MAP i próżniowych. Wskaźnik otrzymano w postaci tuszu i jest on nadrukowywany za pomocą drukarki atramentowej na folii poliestrowej [Lawrie, Mills, Hazafy, 2013].

Rys. 7.

Mechanizm działania wskaźnika tlenu  
aktywowanego promieniowaniem UV  
Źródło [Mills, 2005]



### Inne grupy wskaźników

Kolejną ciekawą techniką, którą można wykorzystać do badania stanu opakowanych produktów, jest bezpośrednie połączenie czujników gazów z nadrukowanymi na podłoże chipami RFID. Możliwe jest połączenie znacznika RFID z sensorami zdolnymi monitorować temperaturę, wilgotność, wystawienie produktu na działanie światła itp. Produkty te są już powszechnie dostępne, ale mało elastyczne. Mogą być umieszczone na opakowaniu produktów spożywczych lub wprowadzone do jego wnętrza. Dane rejestrowane przez te znaczniki można zbierać na każdym etapie procesu i przekazywać do odpowiednich systemów informatycznych. Otrzymywanie danych w czasie rzeczywistym umożliwia sprzedawcy zareagowanie na zmiany warunków magazynowania, zanim przechowywane produkty przestaną spełniać wymagania jakościowe. Jednak ceny takich rozwiązań są jeszcze zbyt wysokie w stosunku do cen produktów spożywczych pakowanych w opakowania jednostkowe [Vanderroost i in., 2014; Dada 2008].

### Podsumowanie

Rozwój i stosowanie opakowań inteligentnych będą w dużej mierze zależały od postrzegania korzyści płynących z ich wykorzystania. W chwili obecnej koszty związane z wprowadzeniem elementu inteligentnego do opakowania są wysokie, ale wraz z rozwojem badań oraz rozpowszechnianiem się tych rozwiązań zapewne nastąpi obniżka kosztów. Dodatkową korzyścią może być wydłużenie okresu przechowywania żywności, lepsza kontrola warunków jej przechowywania, a także lepsze postrzeganie danej marki przez konsumentów. Także wprowadzenie nowych technologii otrzymywania elementów inteligentnych, obniżających koszty wytwa-



rzania (np. zastosowanie druku), sprzyjać będzie ich powszechniejszemu wykorzystaniu.

Analizując przyszłość opakowań aktywnych i inteligentnych, należy zwrócić uwagę na ich wzrastającą sprzedaż, której wartość w ostatnich latach rosła średnio o ponad 10% rocznie.

### Bibliografia

1. Bix, L., de la Fuente, J., Sundar, R.P., Lockhart, H., 2008, *Packaging Design and Development*, w: Yam, K.L., *The Willey Encyclopedia of Packaging Technology*, A John Wiley & Sons, Inc., Publication, 859–867.
2. Blixt, K. G., Tornmarck, S. I. A., Juhlin, R., Salenstedt, K. R., Tiru, M., 1974, *Enzymatic substrate composition adsorbed on a carrier*, US Patent 4043871.
3. Brody, A. L., 2001, *What's Active about Intelligent Packaging?*, *Food Technology*, 55(6), 75–78.
4. Dada, A., Thiesse, F., 2008, *Sensor Applications in the Supply Chain: The Example of Quality-Based Issuing of Perishables*, w: Floerkemeier, C., Langheinrich, M., Fleisch, E., Mattern, F., Sarma, S.E., (ed.), *The Internet of Things*, Lecture Notes in Computer Science, Volume 4952, 140–154.
5. Galagan, Y., Su, W.-F., 2008, *Fadable ink for time-temperature control of food freshness: Novel new time-temperature indicator*, *Food Research International*, 41, 653–657.
6. Heising, J. K., Dekker, M., Bartels, P. V., i Van Boekel, M. A., 2014, *Monitoring the quality of perishable foods: opportunities for intelligent packaging*, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(5), 645–654.
7. Korzeniowski, A., Skrzypek, M., Szyszka, G., 2010, *Opakowanie w systemach logistycznych*, ILiM, Poznań.
8. Koskela, J., Sarfraz, J., Ihalainen, P., Määttänen, A., Pulkkinen, P., Tenhu, H., Nieminen, T., Kilpelä, A., Peltonen, J., 2015, *Monitoring the quality of raw poultry by detecting hydrogen sulfide with printed sensors*, *Sensors and Actuators B*, 218, 89–96.
9. Kozak W., Biegańska M., 2012, *Integratory TTI (ang. Time-Temperature Integrators) jako innowacyjny element opakowania*, *Opakowanie*, 9, 88–93.
10. Kreyenschmidt, J., Christiansen, H. A., Hubner, V. R., Petersen, B., 2010, *A novel photochromic time-temperature indicator to support cold chain management*, *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 208–215.
11. Kuswandi, B., Jayus Larasati, T.S., Abdullah, A., Heng, L.Y., 2012, *Real-time monitoring of shrimp spoilage using on-package sticker sensor based on natural dye of curcumin*, *Food Analytical Methods*, 5, 881–889.
12. Lawrie, K., Mills, A., Hazafy, D., 2013, *Simple inkjet-printed, UV-activated oxygen indicator*, *Sensors and Actuators B*, 176, 2013, 1154–1159.
13. Lee, D.S., Yam, K.L., Piergiovanni, L., 2008, *Food Packaging Science and Technology*, CRC Press, Boca Raton – New York.
14. Lisińska-Kuśnierz, M., 2010, *Społeczne aspekty w opakowalnictwie*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków.
15. Mills, A., 2005, *Oxygen indicators and intelligent inks for packaging food*, *Chem. Soc. Rev.*, 34, 1003–1011.
16. Mills, A., Skinner, G. A., 2010, *Water-based colourimetric optical indicators for the detection of carbon dioxide*, *Analyst*. 135 1912–1917.
17. Mills, A., Chang, Q., McMurray, N., 1992, *Equilibrium studies on colorimetric plastic film sensors for carbon dioxide*, *Anal. Chem.*, 64, 1383–1389.

18. Pacquit, A., Lau, K. T., McLaughlin, H., Frisby, J., Quilty, B., Diamond, D., 2006, *Development of a volatile amine sensor for the monitoring of fish spoilage*, *Talanta*, 69, 515–520.
19. Restuccia, D., Spizzirri, U. G., Parisi, O. I., Cirillo G., Curcio, M., Iemma, F., Puoci F., Vinci G., Picci, N., 2010, *New EU regulation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry applications*, *Food Control* 21, 1425–1435.
20. Rozporządzenie Komisji (WE) nr 450/2009 z dnia 29 maja 2009 w sprawie aktywnych i inteligentnych materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością.
21. Smithers PIRA, 2013, *Thermochromic inks and reducing household food waste – Final report – Background study*, [www.wrap.org.uk](http://www.wrap.org.uk).
22. Vanderroost, M., Ragaert, P., Devlieghere, F., De Meulenaer B., 2014, *Intelligent food packaging: The next generation*, *Trends in Food Science & Technology*, 39, 47–62.
23. [www.bizerbapolska.pl](http://www.bizerbapolska.pl)
24. [www.colourchange.com](http://www.colourchange.com)
25. [www.foodproductiondaily.com](http://www.foodproductiondaily.com)
26. [www.lifelinestechonology.com](http://www.lifelinestechonology.com)
27. [www.meatandpoultryonline.com](http://www.meatandpoultryonline.com)
28. [www.ripesense.com](http://www.ripesense.com)
29. [www.tiptemp.com](http://www.tiptemp.com)
30. [www.toxinalert.com/company.php](http://www.toxinalert.com/company.php)
31. <http://zywiecinfo.pl>

## Abstract

### *Intelligent packaging – review*

The article presents a discussion about intelligent packaging for monitoring and providing information about the product, its quality and exposures during transportation, storage, retail and usage. Intelligent packaging is defined as any packaging containing internal or external indicator which changes its properties by external conditions (e.g. temperature) or changes inside the packaging (e.g. Presence of metabolites produced during products' aging). The author presents the principle of operation of indicators along with different examples (quality, temperature and time (TTI), presence of gas). Introduction of new technologies of preparing intelligent elements e.g. by printing, thus lowering cost of manufacturing, will support their more common use.