

ROLA OPAKOWAŃ INTELIGENTNYCH W SYSTEMACH LOGISTYCZNYCH

THE ROLE OF SMART PACKAGING IN LOGISTIC SYSTEMS

Lukasz NYSZK

lukasz.nyszk@wat.edu.pl

Wojskowa Akademia Techniczna

Wydział Logistyki

Instytut Logistyki

Streszczenie: Opakowanie to wyrób do przechowywania i prezentacji wszelkiego typu towarów. Jego zasadniczym przeznaczeniem jest ochrona przed uszkodzeniem i działaniem czynników zewnętrznych. Aktualnie przedsiębiorstwa uczestniczące w systemach logistycznych (w szczególności z sektora spożywczego) wykorzystują nowy rodzaj opakowań, które rozszerzają zakres ich funkcji. Inteligentne opakowania wchodzi w interakcje z przechowywanym towarem, co też podnosi ich użyteczność. Celem artykułu było przedstawienie roli inteligentnych opakowań w systemach logistycznych. Oprócz teoretycznego przeglądu wskazanej problematyki opracowano model wdrożeniowy opakowań inteligentnych w działalności logistycznej.

Abstract: Packaging is a product for the storage and presentation of all types of goods. Companies participating in logistics systems use a new type of packaging that extends the scope of their functions. Intelligent packaging interacts with the stored goods, which also increases their usability. The purpose of the article was to present the role of intelligent packaging in logistic systems. In addition to the theoretical review of the indicated issues, a smart packaging implementation model was developed in logistics activities.

Słowa kluczowe: inteligentne opakowania, innowacyjne opakowania, aktywne opakowania, system logistyczny
Key words: smart packaging, innovative packaging, active packaging, logistics system

WSTĘP

W ostatnim dziesięcioleciu pojawiło się wiele nowych koncepcji i rozwiązań dotyczących nowoczesnego pakowania wyrobów. Ponadto ostatnio obserwowany dynamiczny rozwój i postęp obrotu zróżnicowanym asortymentem towarów i ich dystrybucji, m.in. takich jak internacjonalizacja rynków i nowe trendy (np. zakupy internetowe), nakładają wysokie wymagania na przemysł opakowań. Ideą tradycyjnych opakowań jest zagwarantowanie produktom np. żywnościowym możliwie długiej trwałości. Natomiast zadaniem i założeniem opakowań inteligentnych jest możliwie maksymalne wydłużenie przydatności do spożycia i zagwarantowanie bezpieczeństwa żywności oraz zachowanie typowych (charakterystycznych) właściwości organoleptycznych danego asortymentu, przy jednoczesnym zachowaniu jak najlepszej, czyli wyjściowej jakości i wartości żywieniowej (Popowicz, Lesiów, 2014, s. 82-85). W literaturze przedmiotu opisano liczne rodzaje materiałów opakowaniowych i technik opakowywania, w tym również tzw. inteligentne (aktywne). Substancje czynne, tj. odpowiedzialne za funkcje aktywne, umieszcza się w pojemniku (np. w małej papierowej saszetce) albo są one wkomponowywane w materiał opakowaniowy. Spośród zagadnień wiążących się z innowacyjnymi opakowaniami żywności

za najważniejsze uważa się opracowanie materiału funkcjonalnego z umieszczoną w jego strukturze substancją czynną, która działa lub jest uwalniana do środowiska opakowania w sposób kontrolowany. Innowacyjne systemy mogą składać się z wielu warstw różnego rodzaju materiałów, takich jak np. tworzywa sztuczne (syntetyczne polimery), papier, karton, powłoki i lakiery (Popowicz, Lesiów, 2014, s. 82-85). Dodatki, czyli substancje czynne i/lub tzw. wzmacniacze świeżości stosowane w aktywnych systemach pakowania, swoim działaniem optymalizują funkcje i właściwości podstawowych składowych systemów pakowania. Wspomniane substancje są zdolne do pochłaniania i/lub emitowania tlenu, dwutlenku węgla, smaków i zapachów oraz regulowania wilgotności względnej atmosfery w opakowaniu. Działanie danego systemu jest dostosowywane do konkretnych produktów żywnościowych, wydłuża ich termin przydatności do spożycia w zależności od tego, w jakim stopniu dane unikatowe/specyficzne mechanizmy psucia się żywności są znane i kontrolowane (Popowicz, Lesiów, 2014, s. 82-85). Celem artykułu jest analiza roli opakowań inteligentnych w systemach logistycznych. Wykorzystanymi metodami badawczymi były analiza i krytyka piśmiennictwa, metoda dokumentacyjna, projektowanie (modelowanie) procesów i wnioskowanie.

1. OPAKOWANIA INTELIGENTNE - DEFINICJA, PRZYKŁADY

Istotną różnicą między opakowaniami tradycyjnymi a inteligentnymi jest ochrona zapakowanego produktu - bariera, jaką do tej pory było opakowanie, przekształciła się w aktywną, umożliwiając tym samym kontrolę jakości towaru. Główną zasadą działania opakowań aktywnych jest ich współdziałanie z zapakowanym produktem (Dobrucka, 2012, s. 52-54; Ellouze, Augustin, 2010, s. 119-129).

Koncepcja opakowań inteligentnych opiera się na zmianie warunków wewnątrz opakowania i tym samym na przedłużeniu trwałości produktów. Zmiana właściwości organoleptycznych czy poprawa bezpieczeństwa produktu jednocześnie zapewnia utrzymanie dobrej jego jakości podczas przechowywania (Popowicz, Lesiów, 2014, s. 82-85; Han, 2005; Kozak, Cierpiszewski, 2010, s. 36-39; Makąła, 2010, s. 23-25).

Do opakowań innowacyjnych zaliczyć można pochłaniacze (tabela 1).

Tabela 1. Przykłady zastosowań różnych pochłaniaczy

Rodzaj pochłaniacza	Związki	Zastosowanie
Pochłaniacze tlenu	Związki żelazowe, kwas askorbinowy, sole metali, oksydazy glukozowe	Ser, pieczywo, słodycze, orzechy, mleko w proszku, kawa, herbata, fasola, zboże, mięso
Pochłaniacze wilgotności	Żel silikonowy, glicerol	Pieczywo, mięso, ryby, drób, warzywa i owoce
Pochłaniacze CO ₂	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 celulozowe, poliamid	Produkty łatwo ulegające utlenianiu, np. tłuszcze w produktach rybnych, soki owocowe

Zródło: (Popowicz, Lesiów, 2014, s. 82-85).

Rolą pochłaniacza jest trwale usunięcie szkodliwych gazów, co jest równoznaczne z zabezpieczeniem produktu przed zepsuciem. Między pochłaniaczem a produktem nie następuje bezpośrednia migracja, a jedynie poprawa warunków wewnątrz opakowania, co przedłuża czas trwałości produktu. Pierwsze miejsce zajmują pochłaniacze tlenowe, ale lista dodatków z każdym rokiem stale się powiększa (Popowicz, Lesiów, 2014, s. 82-85; Neethirajan, Javas, Sadistap, 2010, s. 115-121).

Pochłaniacze tlenu są również opakowaniami aktywnymi. Do grupy tej zalicza się opakowania zawierające związki wiążące tlen na drodze fizycznej - absorbery, jak również związki blokujące dostęp tlenu - inceptory. Zasadniczym problemem pakowania żywności są gazy oraz tlen w pustej przestrzeni między zawartością opakowania przed jego zamknięciem. Problemem jest również przenikanie tlenu do wnętrza opakowań przez mikropory opakowania z polimerów syntetycznych (Cichoń, Lesiów, 2012, s. 122-130; Yam, Takhistow, Miltz, 2005, s. 1-10).

W celu zagwarantowania trwałości żywności opakowanej z wykorzystaniem innowacyjnych technologii wysoce pożądane jest utrzymanie jak najmniejszej ilości gazów w pustej przestrzeni

opakowania. Dla zapewnienia możliwie długoterminowego przechowywania oraz wyjściowej świeżości ważne jest również zminimalizowanie zawartości tlenu, który może reagować z zawartością opakowania (Nowacka, Niemczuk, 2012, s. 64-68). Niepożądana obecność tlenu w atmosferze opakowania może być wynikiem niewystarczającego usunięcia tlenu podczas procesu pakowania, a także jego obecności w żywności, albo przenikania tlenu przez opakowanie względnie wprowadzenia powietrza w wyniku niedostatecznego uszczelnienia zamknięcia lub jest skutkiem mikroperforacji materiału opakowaniowego. Wysoka zawartość tlenu obniża wartość odżywczą żywności i skraca jej przydatność do spożycia. Przyspiesza on także procesy rozkładu wielu produktów żywnościowych, m.in.: mięsa, wędlin, przypraw, powoduje degradację witamin i jęłczenie olejów i/lub tłuszczów stałych (masło, smalec), orzechów oraz produktów tłuszczowych, a także wspomaga wzrost mikroorganizmów (Popowicz, Lesiów, 2014, s. 82-85). Dzięki zastosowaniu absorberów tlenu możliwa staje się kontrola jego pozostałości wewnątrz opakowania, co zapobiega pogorszeniu jakości zapakowanych produktów. Podczas dłuższego przechowywania soku pomarańczowego możliwie jak najszybsze usunięcie tlenu z opakowania jest jednym z ważniejszych czynników gwarantujących utrzymanie wysokiego stężenia kwasu askorbinowego. Ciemnienie soku pomarańczowego i/lub warzyw jest także powiązane z obecnością tlenu (Shin, Braun, Lee, 2010, s. 183-190). W kulinarnym mięsie obecność tlenu powoduje utlenienie mioglobiny, która zapewnia jego charakterystyczną czerwoną barwę. Jest to ważne, konsumenci bowiem, kupując mięso, zwracają uwagę przede wszystkim na takie jego cechy, jak barwa oraz wygląd, struktura i przetłuszczenie. Ponadto zbyt wysokie stężenie tlenu powoduje utlenianie lipidów. Trwałość mięsa wzrasta wraz z malejącym stężeniem tlenu, ponieważ zapobiega to rozwojowi grzybów i proliferacji bakterii tlenowych (Popowicz, Lesiów, 2014, s. 82-85).

Wyróżnia się następujące zalety pochłaniaczy tlenu (Popowicz, Lesiów, 2014, s. 82-85):

- zapobiegają utlenianiu się (jęłczeniu) tłuszczów, olejów i w konsekwencji pojawianiu się przykrego zapachu i smaku, utracie i/lub zmianie charakterystycznej dla żywności barwy, znaczącemu zmniejszeniu się zawartości wrażliwych na działanie tlenu składników pokarmowych (np. witamin: A, C, E, nienasyconych kwasów tłuszczowych itp.),
- zapobiegają wzrostowi (prolifracji) drobnoustrojów tlenowych,
- redukują i/lub eliminują potrzebę stosowania środków konserwujących i przeciwutleniaczy,

- są skuteczną i ekonomiczną alternatywą dla pakowania w atmosferze modyfikowanej i/lub pakowania próżniowego,
- spowalniają niekorzystne i niepożądane procesy metabolizmu żywności.

Wyróżnia się następujące mechanizmy działania pochłaniaczy tlenu (Popowicz, Lesiów, 2014, s. 82-85):

- utlenianie żelaza i soli żelaza – jest to współcześnie najczęściej wykorzystywany i najefektywniejszy mechanizm, oparty na reakcji utleniania żelaza i opisany równaniem reakcji: $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_3$,
- utlenianie kwasu askorbinowego i nienasyconych kwasów tłuszczowych (kwas oleinowy, kwas linolowy),
- utlenianie enzymatyczne (oksydaza glukozy/katalaza, oksydaza alkoholowa)
- oksydaza glukozy jest oksydoreduktazą, która przenosi dwa atomy wodoru z grupy glukozy (CHOH) do tlenu z utworzeniem glukono- δ -laktonu i nadtlenu wodoru.

Rynkowe zastosowania pochłaniaczy tlenu można podzielić na (Popowicz, Lesiów, 2014, s. 82-85):

- niezależne systemy, np. torebki, paski lub etykiety, które są przytwierdzone do wnętrza opakowania i są jego integralną składową, będącą jednocześnie odrębnym elementem. Są one najczęściej stosowanymi rozwiązaniami. Przykładami niezależnych pochłaniaczy tlenu są Ageless®, ATCO®, FreshPax®, Fresh- Max®, FreshCard®, Freshilizer® oraz O-BUSTER;
- systemy zintegrowane z opakowaniem, niedostrzegalne wizualnie, jako odrębne elementy. Żelazo, kwas askorbinowy i składniki o niskiej masie cząsteczkowej są wkomponowane w opakowanie i/lub pokrywane polimerami. Taka integracja minimalizuje odrzucenie przez klienta opakowania wyposażonego w system pochłaniania tlenu, jak również zmniejsza ryzyko przypadkowego pęknięcia saszetki i konsumpcji jej zawartości. Przykładami pochłaniaczy tlenu zintegrowanych z opakowaniem są SHELFPLUS® O2, Oxyguard™, Oxbar™, CryovacOS, valOR Activ100, valOR ActivBloc100, Amosorb series, ZERO2, Bioka Oxygen Scavenging Film Laminate oraz ActiTUF®.

Stosunkowo duża grupa produktów żywnościowych wymaga kontroli zawartości wody, zarówno w postaci cieczy, jak i pary. Obecność wydzielających się płynów z produktów mięsnych (sok mięśniowy) i rybnych (sok tkankowy) znacznie zmniejsza ich konsumpcyjną atrakcyjność sensoryczną. Duża ilość wody wewnątrz opakowania sprzyja proliferacji populacji drobnoustrojów, powoduje mięknięcie suchych i chrupkich produktów, takich jak np.

makaron, ciasteczka, biszkopty, i powoduje twardnienie oraz zbrylanie się mleka w proszku i/lub liofilizowanej kawy. Żeby zapobiegać wzrostowi drobnoustrojów na podłożu bogatym w składniki odżywcze w płynach ustrojowych pochodzących z produktów spożywczych, w strukturę specjalnych wkładek wprowadza się kwasy organiczne i środki powierzchniowo czynne. Zapakowane produkty, w których w wolnej przestrzeni wewnątrz opakowania jest wysoka wilgotność względna, są podatne na wahania temperatury w czasie transportu lub przechowywania. Sprzyja to kondensacji pary wodnej. Dla tego rodzaju żywności stosuje się więc dodatki, których zadaniem jest zmniejszenie napięcia międzyfazowego między kondensatem wody a folią opakowania (Trzcńska, 2007, s. 4-7).

Mechanizm działania oparty jest na procesie absorpcji. Proponowanych jest kilka rozwiązań. Rynkowe zastosowania regulatorów wilgotności podzielono na dwie kategorie (Popowicz, Lesiów, 2014, s. 82-85):

- absorbery cieczy (wkładki, arkusze) zawierające dwie lub więcej warstw utworzonych z polimerów syntetycznych, w których strukturę wprowadzono higroskopijne substancje mające pochłaniać ciecz z mięsa i/lub ryb. Celem jest nadanie opakowanym towarom żywnościowym korzystnych cech sensorycznych oraz zapobieganie rozwojowi drobnoustrojów;
- regulatory wilgotności względnej (saszetki lub etykiety) zawierające środki odwadniające; są one używane do regulowania wilgotności w wielu rodzajach produktów, m.in. w serach, mięsie, orzechach, przyprawach.

Wybór rodzaju regulatora wilgotności zależy od: wielkości i masy żywności, jej początkowej aktywności wody, transferu pary wodnej przez opakowanie, temperatury i wilgotności względnej podczas przechowywania, wrażliwości produktu na wilgoć (parę wodna) oraz długości "życia" na rynku.

2. ZNACZENIE OPAKOWAŃ INTELIGENTNYM W SYSTEMACH LOGISTYCZNYCH

Logistyka jest terminem, który w literaturze przedmiotu doczekał się wielu definicji. Miały na to wpływ różne podejścia o charakterze metodycznym i instrumentalnym, różne źródła pochodzenia, jak również czerpanie z różnych dziedzin nauki, które zadecydowały o ostatecznym kształcie, funkcjach i zadaniach jej stawianych. Pojęciem tym, wywodzącym się z wojskowości, w odniesieniu do sfery działalności gospodarczej posłużono się po raz pierwszy w literaturze w Stanach Zjednoczonych w 1955 roku, kiedy ukazała się publikacja zatytułowana „*Note on the Formulation of the Theory of Logistics*” (Pfohl, 2001, s. 10).

Istota logistyki sprowadza się do integracji zarządzania działaniami umożliwiającymi przepływ, jak również integrowanie zarządzania z tradycyjnymi obszarami produkcji, finansów i marketingu, które są potrzebne i niezbędne do zaspokojenia popytu (Gołębska, 2010, s. 18). Warunkiem koniecznym tworzenia łańcucha dostaw jest tzw. łańcuch logistyczny, czyli sieć powiązań, przepływów (zamówienie i należności od klienta do dostawcy, produkty od dostawcy do klienta oraz wzajemny przepływ informacji), współpracy i współzależności kolejnych uczestników, takich jak: dostawcy, producenci, pośrednicy (hurtownicy, detaliści) oraz klienci, którzy stanowią ogniwa łańcucha.

Aspekt koncepcyjno-funkcjonalny traktuje logistykę jako koncepcję zarządzania przepływami dóbr i informacji w znaczeniu zbioru metod i funkcji planowania, sterowania, organizowania i kontroli, opartych na zintegrowanym i systemowym ujmowaniu tych przepływów, aspekt przedmiotowo-strukturalny - jako zintegrowany proces przepływów towarowych i informacyjnych w przedsiębiorstwie, a także między przedsiębiorstwami oraz określony kompleks przedsięwzięć i rozwiązań strukturalnych związany z integracją i realizacją tych przepływów, a aspekt efektywnościowy jako pewną orientację i determinantę wzrostu efektywności, zorientowaną na oferowanie klientom określonego poziomu i jakości obsługi logistycznej, przy równoczesnej racjonalizacji struktury kosztów logistycznych i wzroście ogólnej efektywności gospodarowania w przedsiębiorstwie (Gołębska, 2010, s. 18).

Do głównych podsystemów logistycznych zarówno na poziomie przedsiębiorstwa jak i gospodarki, wyodrębnionych w oparciu o kryterium podziału funkcjonalnego, należą (Gołębska, 2010, s. 18):

- logistyka zaopatrzenia – obejmująca zarządzanie dostawami materiałów do produkcji, półproduktów i towarów do dalszej odsprzedaży,
- logistyka produkcji – na którą składają się planowanie, organizacja i kontrola produkcji,
- logistyka dystrybucji – obejmująca zarządzanie, czyli planowanie, kształtowanie i kontrolę przepływów dóbr od przedsiębiorstwa poprzez sieć pośredników do klienta finalnego,
- logistyka transportu – związana z zastosowaniem koncepcji i narzędzi logistycznych w transporcie materiałów i ludzi,
- logistyka marketingowa – obejmująca jednocześnie podsystem logistyki zaopatrzenia i dystrybucji, ale optymalizowana z punktu widzenia wartości dodanej dla klienta,
- logistyka odzysku.

Wszystkie wymienione podsystemy logistyki wzajemnie się przenikają i współpracują razem tworząc system logistyczny kraju (lub związków państw) na poziomie

makroekonomicznym, regionów na poziomie mezoekonomicznym lub przedsiębiorstw na poziomie mikroekonomicznym. Wejścia do podsystemu recyklingu to między innymi (Gołębska, 2010, s. 18):

- punkty sprzedaży hurtowej i detalicznej (sklepy, hurtownie, markety),
- punkty dystrybucji ładunków (terminale przeładunkowe, centra logistyczne, obszary magazynowe itp.),
- obiekty konsumpcji zbiorowej (szpitale, kliniki, domy opieki, stołówki, szkoły, jednostki wojskowe, itp.),
- obiekty konsumpcji indywidualnej (gospodarstwa domowe),
- obiekty podsystemu produkcji i usług (fabryki, firmy usługowe, itp.),
- pozyskanie dóbr naturalnych (kopalnie, gospodarstwa rolne, gospodarstwa hodowlane, przedsiębiorstwa rybackie, firmy przemysłu drzewnego),
- przejścia graniczne na wejściu do LSP dla wszystkich importowanych odpadów.

Opakowania zajmują ważną pozycję w systemach logistycznych, ponieważ około 90% wszystkich wyrobów wytwarzanych w świecie wymaga stosowania odpowiednich zabezpieczeń. Opakowania są powiązane z techniką i organizacją składowania, transportu i przeładunków, wpływają na wykorzystanie przestrzeni magazynów i środków transportu, mechanizację prac przeładunkowych oraz zabezpieczają zapakowane wyroby przed zmianami jakościowymi i ubytkami ilościowymi. Opakowania zaliczyć można do istotnych czynników oddziałujących na proces unowocześnienia produkcji szeroko rozumianych dóbr konsumpcyjnych, poprawy ich jakości i estetyki oraz usprawnienia łańcuchów dostaw w drodze od producenta do konsumenta. Do uwarunkowań stymulujących wzrost zakresu i skali stosowania opakowań należy przede wszystkim zaliczyć (Korzeniowski, 2009, s. 186-188):

- wzrost produkcji globalnej przemysłu,
- wzrost liczby i asortymentu wyrobów w wyniku postępu technicznego, wiążący się ściśle z procesem pakowania wytwarzanych wyrobów,
- rozwijająca się automatyzacja porcjowania, paczkowania i pakowania gotowych wyrobów,
- dążenie do mechanizacji pracochłonnych czynności przemieszczania wyrobów w całym łańcuchu transportowo-magazynowym od producenta do odbiorcy,
- wprowadzenie nowych metod sprzedaży (sklepy samoobsługowe, super markety) oraz występujące tendencje do dalszej intensyfikacji tej formy sprzedaży,
- dążenie do zmniejszenia strat ilościowych i jakościowych wyrobów w obrocie towarowym,

- możliwość oddziaływania poprzez formę opakowania na kształtowanie popytu szczególnie w odniesieniu do wyrobów w opakowaniach jednostkowych.

Ścisłe powiązanie roli opakowań z wymienionymi problemami spowodowało, że zainteresowanie rozwojem produkcji opakowań występuje nie tylko ze strony nabywcy opakowanego wyrobu, ale także ze strony (Korzeniowski, 2009, s. 186-188):

- bezpośrednich użytkowników opakowań, a więc przemysłów zbywających swe wyroby w opakowaniach,
- jednostek handlu, często również paczkujących towary, a przede wszystkim zainteresowanych usprawnieniem obrotu hurtowego i sprzedaży detalicznej,
- ze strony przewoźników pakowanych wyrobów, odpowiedzialnych za sprawny przebieg transportu krajowego, międzynarodowego, między miastowego bądź lokalnego, a nawet wewnątrzzakładowego.

Sprawą opakowań zainteresowane są ponadto: jednostki nadzorujące stan zdrowotny społeczeństwa, instytucje określające warunki higieny i bezpieczeństwa pracy, organizacje wypłacające odszkodowania z tytułu strat ponoszonych na skutek niewłaściwego opakowania ubezpieczonych towarów. Wyczerpująca definicja opakowania powinna zawierać charakterystykę najbardziej istotnych jego cech, do których zalicza się (Korzeniowski, 2009, s. 186-188):

- ochronę wyrobu w czasie magazynowania, transportu i użytkowania, a w niektórych przypadkach ochronę otoczenia przed ewentualnymi szkodliwymi wpływami wyrobu (np. w odniesieniu do transportu wielu wyrobów obowiązują specjalne przepisy wydane przez PKP),
- ułatwienie produkowania, przemieszczania, sprzedaży i użytkowania wyrobów,
- informacje o wyrobie, a przede wszystkim o jego przydatności konsumpcyjnej,
- odpowiednie zaprezentowanie wyrobu (oddziaływanie psychologiczne na konsumenta dzięki swoim walorom estetycznym),
- walory ekonomiczne.

Wśród wielorakich funkcji, które spełniają opakowania, najważniejsze to (Korzeniowski, 2009, s. 186-188):

- ochrona wyrobu przed destrukcyjnym wpływem czynników mechanicznych, klimatycznych oraz biologicznych (owady, gryzonie) w czasie transportu, składowania i przeładunków,
- odpowiednie zabezpieczenie przeciwwstrząsowe i antykorozyjne wyrobów,

- ułatwienie operacji związanych z procesami transportu, składowania i przemieszczania,
- maksymalne ograniczenie wymiarów opakowania i jego masy,
- racjonalne, oszczędne zużycie materiałów, szczególnie materiałów deficytowych oraz stosowanie materiałów ekologicznych, uzyskanie możliwie niskiego kosztu opakowania,
- nadanie opakowaniu ostatecznego wyglądu zewnętrznego.

Wymagania, które muszą spełnić opakowania związane są z pełnionymi przez nie funkcjami. Opakowanie spełnia swoje podstawowe funkcje jeśli wypełnione są sprecyzowane wymagania. Dotyczące one cech, które są związane z usatysfakcjonowaniem potencjalnego konsumenta. Wtedy potencjalny konsument staje się rzeczywistym konsumentem (Jałowiec, 2011, s. 137-138).

Główne wymagania, które są stawiane opakowaniami można podzielić na: wymagania techniczne, wymagania promocyjne, wymagania ekologiczne i wymagania ekonomiczne.

Wymagania techniczne są związane przede wszystkim ze spełnieniem przez opakowanie funkcji ochronnej. Podstawowe zadanie opakowania polega na zabezpieczeniu zawartości przez okres jego użytkowania. Aby tak się stało, należy zastosować odpowiedni materiał opakowaniowy i właściwą formę konstrukcyjną, które zabezpieczą produkt przed działaniem różnych niesprzyjających czynników oraz ochronią środowisko przed możliwymi szkodliwymi skutkami działania produktu. Wymagania techniczne są również powiązane z właściwościami użytkowymi opakowań. Dotyczą one przystosowania kształtu, wielkości, wymiarów i rodzaju konstrukcji do określonego sposobu użytkowania opakowania. Przykładem takich właściwości mogą być opakowania leków, które swoją konstrukcją zabezpieczają przed otwarciem ich przez dzieci, a które dorosła osoba z łatwością może otworzyć. Kolejnym aspektem związanym z wymaganiami technicznymi jest mechanizacja procesów pakowania. Współcześnie maszyny pakujące są do tego stopnia wydajne, że niekiedy używa się opakowań droższych, które jednak bardziej odpowiednie do pakowania niż konwencjonalne i tańsze opakowania. Produkty w opakowaniach muszą zostać dostosowane do systemów dystrybucji i sprzedaży. Opakowania jednostkowe, zbiorcze oraz transportowe powinny spełnić wymogi standaryzacji koordynacji wymiarowej z innymi składnikami tych systemów. Chodzi tu o dostosowanie gabarytów opakowań jednostkowych do wymiarów opakowań transportowych oraz dostosowanie gabarytów opakowań transportowych do wymiarów palet i kontenerów w środkach transportu (Lisińska-Kuśnierz, Ucherek, 2003, s. 13-15).

Opakowanie powinno przyciągać uwagę klienta i musi być dla niego atrakcyjne. Dlatego wraz z rozwojem gospodarki rynkowej wymagania promocyjne opakowań zyskały dużą rolę. Są one związane z funkcją promocyjną i marketingową. Wymagania promocyjne dotyczą trzech obszarów: informacyjności, funkcjonalności i estetyczności. Na atrakcyjność opakowania wpływa między innymi jego kolorystyka, kształt, grafika, liternictwo funkcjonalność czy rodzaj materiału z którego jest ono wytworzone. Duże znaczenie w spełnieniu wymagań promocyjnych ma proces projektowania, ponieważ w jego czasie są podejmowane decyzje na temat wymienionych powyżej cech. Wymagania promocyjne są istotne z tego powodu, że na podstawie atrakcyjności opakowania klient wyobraża sobie podobną jakość zapakowanego produktu, co wpływa na decyzję o jego zakupie.

Wymagania w aspekcie ekologicznym dotyczą wytwarzania opakowań i ich składu surowcowego, przydatności do różnych form utylizacji, zawartości metali ciężkich oraz tworzenia opakowań wielokrotnego użycia. Wymagania te są związane z doбором cech, które doprowadzą do tego, że opakowanie będzie zdatne w cały cykl jego życia do zaspokojenia ekologicznych potrzeb użytkownika. W wymaganiach ekologicznych dąży się przede wszystkim do unikania opakowań bądź minimalizacji ich masy i rozmiarów, stosowania materiałów opakowaniowych podatnych na recykling i używania opakowań wielokrotnego użytku.

Wymagania ekonomiczne są związane z kosztami pakowania produktów i efektywnością systemów pakowania. Koszty pakowania są spore i wynoszą około 15% wartości produktów. Składają się na nie: koszty materiałów opakowaniowych, koszty robocizny, koszty magazynowania, koszty amortyzacji i eksploatacji maszyn pakujących, koszty amortyzacji i eksploatacji pomieszczeń, w których pakuje się produkty oraz koszty utylizacji zużytych opakowań. Wszystkie te wydatki wpływają na całkowity koszt opakowania. Przedsiębiorstwa dążą do obniżenia tych kosztów, co może skutkować poprawieniem sytuacji finansowej. Należy zatem systematycznie przeprowadzać analizy kosztów i wyciągać z nich odpowiednie wnioski (Karpień, Skrzypek, 1997, s. 140-142).

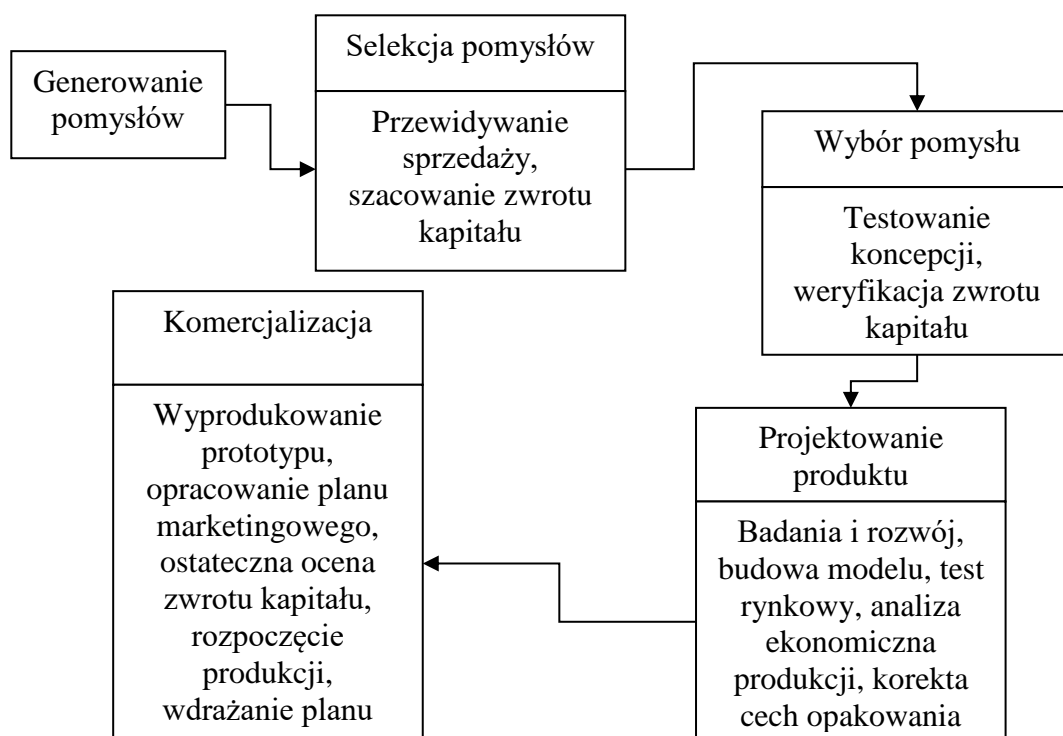
3. MODEL KONCEPTUALNY PROJEKTOWANIA I WDRAŻANIA INTELIĞENTNYCH OPAKOWAŃ

Projektowanie inteligentnych opakowań jest działaniem złożonym. Założeniem całego przedsięwzięcia jest zaspokojenie nowej potrzeby odbiorców w sposób doskonalszy niż rozwiązania już istniejące. Jest to całkowicie nowe, oryginalne, usprawnione, zmodyfikowane rozwiązanie, które cechuje się znaczącymi zmianami techniczno-

technologicznymi oraz konkurencyjnością, również zdolnością do zaspokajania dotychczasowych albo nowych potrzeb nabywców.

Dlatego tego inteligentne opakowanie związane jest innowacją, która może być absolutna (oryginalna) - czyli nowość w skali światowej oraz innowacja wtórna (naśladowcza) polegająca na upowszechnieniu produktów już znanych w innych rejonach geograficznych.

Jest to proces składający się z logicznie uporządkowanych etapów, wśród których wyróżnia się: generowanie pomysłów, selekcję, wybór pomysłu, projektowanie rozwoju opakowania oraz komercjalizację. Ideowy schemat procesu rozwoju inteligentnego opakowania prezentuje rysunek 2.



Rys. 1. Ideowy schemat procesu rozwoju inteligentnego opakowania

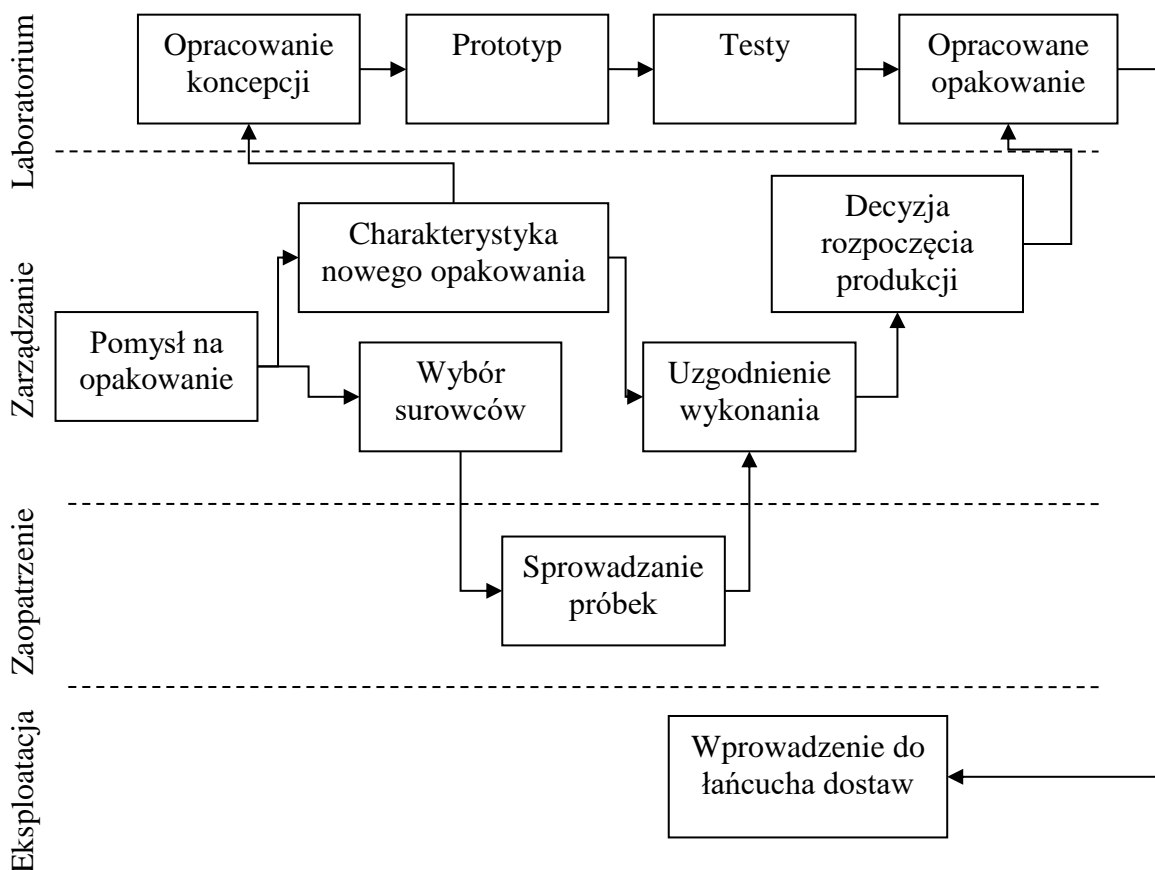
Źródło: Opracowanie własne.

W trakcie projektowania inteligentnych opakowań należy uwzględnić osiem czynników projektowania:

1. zadanie projektowe.
2. podmiot projektujący.
3. narzędzia projektowania.
4. proces projektowania.
5. wytwór projektowania (projekt).
6. podmiot realizujący projekt.

7. proces wytwarzania.
8. przedmiot projektowany.

Zadanie projektowe powinno być tak sformułowane, aby stworzyć podmiotowi projektującemu warunki niezbędne do podjęcia procesu projektowania. Na tej podstawie możliwe jest stworzenie algorytmu wprowadzania inteligentnego opakowania na rynek, test rynku odbywa się w fazie koncepcyjnej - między opracowaniem prototypu i ostatecznego opakowania (rysunek 2).



Rys. 2. Algorytm wprowadzania inteligentnych opakowań na rynek

Źródło: Opracowanie własne.

Odnosząc się do projektowania procesu decyzyjnego dotyczącego rozwoju innowacyjnego opakowania, warto nadmienić, że generowanie pomysłów jest procesem złożonym dla organizacji. Występuje bardzo ilość technik pozyskiwania pomysłów. Zależnie od złożoności, koncepcje można czerpać z wewnętrznych zasobów przedsiębiorstwa jak i z zewnątrz przedsiębiorstwa. W dalszej fazie następuje opracowanie prototypu, jego testy i po akceptacji, praktyczne wykorzystanie w łańcuchach dostaw.

4. PODSUMOWANIE

Reasumując należy wskazać, że opakowania inteligentne są przede wszystkim przyszłościowym kierunkiem rozwoju opakowań (przede wszystkim dla żywności). Ponadto w najbliższych latach należy spodziewać się ich komercyjnej ekspansji na polskim rynku. Na taką sytuację prawdopodobnie będą miały wpływ także stale doskonalone technologie ich produkcji, ponadto wiedza nagromadzona wraz z upływem czasu zarazem przez producentów, jak i konsumentów o mechanizmach funkcjonowania tych opakowań oraz skuteczności ich działania w związane z zapewnieniem bezpieczeństwa żywności. Opakowania inteligentne w głównej mierze pełnią rolę monitoringowo-informacyjną. Wynika to z wykorzystania odpowiednich technologii i reakcjach fizyczno-chemicznych, pozwalają zweryfikować warunki panujące wokół żywności i powiadamiają o nich konsumentów najczęściej za pomocą barwnych oraz interaktywnych wskaźników. Zatem inteligentne opakowania mogą być czułe na zmiany temperatury, chemiczne reakcje w produkcji, również sygnalizować nieszczelność opakowania czy też niebezpiecznie przyrastającą populację mikroorganizmów (w przypadku gdy reagują z ich metabolitami).

LITERATURA

Publikacje książkowe jednego autora:

1. Blaik, P. (2010). *Logistyka. Koncepcja zintegrowanego zarządzania*. Warszawa: PWE.
2. Han J. (2005). *Innovations in Food Packaging*. Amsterad: Elsevier Ltd.
3. Pfohl, Ch. (2001). *Systemy logistyczne*. Poznań: Instytut Logistyki i Magazynowania.
4. Misińska-Kuśnierz, M. Ucherek, M. (2003). *Współczesne opakowania*. Kraków: PTTŻ.
5. Karpiel, Ł. Skrzypek, M. (1997). *Towaroznawstwo ogólne*. Kraków: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej.

Publikacje książkowe redagowane:

1. Gołemska, E. (red.). (2010). *Kompendium wiedzy o logistyce*. Warszawa Wyd. PWN.
2. Jałowiec, T. (2011). *Towaroznawstwo dla logistyki. Wybrane problemy*. Warszawa: Difin.

Rozdziały w publikacjach książkowych zbiorowych:

1. Cichoń, M. Lesiów T. (2012). Innowacyjne opakowania inteligentne w przemyśle spożywczy. W: J. Żuchowski (red.), R. Zieliński (red.), *Rola inno-*

wacyjności w kształtowaniu jakości. Radom: Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji + PIB.

2. Korzeniowski, A. (2009). Opakowania w systemach logistycznych. W: D. Kisperska-Moroń (red.), S. Krzyżaniak (red.), *Logistyka*. Poznań: Biblioteka Logistyka.

Artykuły w czasopiśmie:

1. Popowicz, R., Lesiów T. (2014). Zasada działania innowacyjnych opakowań aktywnych w przemyśle żywnościowym. Artykuł przeglądowy, *Nauki Inżynieryjne i Technologiczne*, nr (1/12), 82-85.
2. Ellouze, M. Augustin, J.C. (2010). Applicability of biological time temperature integrators as quality and safety indicators for meat products. *International Journal of Food Microbiology*, no.138, 119-129.
3. Dobrucka, R., Nowa era opakowań, „Przemysł Farmaceutyczny” 2012, no. 2, s. 52-54.
4. Kozak, W. Cierpiszewski, R. (2010). Opakowania inteligentne, *Przemysł Spożywczy*, nr 3, 36-39.
5. Makała, H. (2010). Trendy na rynku opakowań do żywności. Opakowania aktywne i inteligentne. *Opakowanie*, nr 11, 23-25.
6. Neethirajan, S. Jayas D. Sadistap S. (2010). Carbon dioxide (CO₂) sensors for the agri-food industry – a review. *Food Bioprocess Technology*, no. 2, 115-121.
7. Nowacka, M. Niemczuk, D. (2012). Nowoczesne materiały i wyroby przeznaczone do kontaktu z żywnością oraz ich wpływ na bezpieczeństwo żywności. *Opakowanie*, nr 6, 64-68.
8. Shin, J. Braun, P.V. Lee, W. (2010). Fast response photonic crystal pH sensor based on template photo-polymerized hydrogel inverse opal. *Sensors and Actuators B*, no. 150, 183-190.
9. Trzcńska, M. (2007). Opakowania aktywne i inteligentne – w badaniach i w praktyce przemysłu spożywczego. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*, no. 7, 4-7.
10. Yam, K. Takhistow, P. Miltz, J. (2005). Intelligent Packaging: Concepts and Applications. *Journal of Food Science*, no. 70, 1-10.