

Nowoczesne opakowania żywności – zastosowanie w przetwórstwie mleka

Streszczenie

W ostatnich latach obserwuje się szybki rozwój nowych rodzajów opakowań produktów żywnościowych. Spowodowane jest to rozwojem wiedzy dotyczącej ochrony środowiska naturalnego, wyczerpywaniem się światowych zapasów ropy naftowej, która jest surowcem do produkcji tworzyw sztucznych, a także rosnącymi wymaganiami konsumentów, dotyczącymi zapotrzebowania na żywność świeżą, minimalnie przetworzoną, nie zawierającą substancji konserwujących. Czynniki te przyczyniły się do powstawania m.in. opakowań nowoczesnych, takich jak opakowania aktywne czy inteligentne. Opakowania aktywne, w przeciwieństwie do opakowań tradycyjnych, charakteryzują się możliwością optymalizacji warunków panujących wewnątrz opakowania produktu spożywczego, tym samym przedłużając jego trwałość. Natomiast opakowania inteligentne mogą monitorować oraz dostarczać informacji np. o jakości, bezpieczeństwie i warunkach przechowywania zapakowanego produktu spożywczego. W niniejszej pracy przedstawiono charakterystykę opakowań aktywnych i inteligentnych, a także omówiono możliwości ich wykorzystania w przetwórstwie mleka.

Słowa kluczowe: opakowania aktywne, opakowanie inteligentne, przetwórstwo mleka, sery twarogowe

Modern food packaging – application in milk processing

Summary

In recent years, the rapid development of new types of packaging of food product is observed. It is caused by development of the knowledge about the protection of the natural environment, running out of world reserves of petroleum which is a raw material for the production of plastics, as well as the growing consumer demands concerning the need for fresh, minimally processed food, without preservatives. These factors contributed to the formation of for e.g. modern packaging, such as active or intelligent packaging. Active packagings, in contrast to traditional packaging are characterized by a possibility to optimize conditions inside the packaging of the food product, thereby extending its shelf life. While the intelligent packaging can monitor and provide information, e.g. about the quality, safety and storage conditions of packaged food product. In this paper, there is presented characteristics of active and intelligent packaging, and also discussed the possibilities of their use in the processing of milk.

Key words: active packaging, intelligent packaging, milk processing, acid curd cheeses

Wprowadzenie

Postęp w technologii żywności, biotechnologii, towaroznawstwie i materiałoznawstwie pozwolił na opracowanie nowych materiałów opakowaniowych i konstrukcji opakowań (Korzeniowski i Czaja, 2003). W rozwoju opakowań w Polsce i na świecie można zauważyć dwa wyraźne trendy. Pierwszy z nich, nazywany ekologicznym, związany jest z wytwarzaniem materiałów opakowaniowych na bazie naturalnych i syntetycznych związków, przyjaznych dla środowiska (Korzeniowski i Czaja, 2004). Drugi trend związany jest z ochroną produktu i informacyjną funkcją opakowania. Obserwuje się także intensywny rozwój opakowań funkcjonalnych, wynikający ze wzrastających wymagań konsumentów dotyczących zapotrzebowania na żywność świeżą, minimalnie przetworzoną, bez dodatku substancji konserwujących i o dobrych właściwościach odżywczych (Pawlicka i in., 2013). Opakowania te nazywane są aktywnymi lub inteligentnymi w zależności od tego, jakie zadania spełniają (Korzeniowski i Czaja,

2004). Wprowadzanie nowych technologii w zakresie opakowań produktów żywnościowych znajduje odzwierciedlenie także w zmianie koncepcji opakowań mleczarskich.

Opakowania aktywne

Opakowania aktywne (AP – z ang. *Active Packaging*) zawierają dodatki lub tak zwane wzmacniacze świeżości (z ang. *Freshness Enhancers*), które uczestnicząc w procesie pakowania żywności poprawiają funkcję ochronną tradycyjnych opakowań. Zmieniają one warunki otoczenia produktów spożywczych w celu przedłużenia ich trwałości lub poprawy cech sensorycznych, zachowując przy tym ich jakość na właściwym poziomie (Kozak i Cierpiszewski, 2010b; Dobrucka, 2013a).

Najczęściej wykorzystywane w opakowaniach aktywnych są pochłaniacze tlenu (z ang. *Oxygen Scavengers*) (Kozak i Cierpiszewski, 2010b). Obecność tlenu w opakowaniu może powodować wzrost drobnoustrojów oraz pleśni i zwiększenie intensywności zachodzących reakcji chemicznych w produk-

tach żywnościowych. Utlenianie składników żywności powoduje niekorzystne zmiany organoleptyczne, a także niszczenie składników odżywczych. Poprzez redukcję ilości tlenu w opakowaniu, okres przydatności do spożycia zapakowanej żywności zostaje przedłużony (Pawlicka i in., 2013). Najpopularniejsze pochłaniacze tego gazu swoje działanie opierają na utlenianiu związków żelaza. Istnieją również pochłaniacze tlenu, w których substancją pochłaniającą tlen jest kwas askorbinowy lub w których wykorzystywane są związki siarki, boru, alkohole, węglowodory nienasycone, kwasy tłuszczowe, enzymy i przeciwutleniacze. Osobną grupę stanowią nowoczesne kompozyty polimerowe, oparte m.in. na poliestrach, poliamidach i kauczukach syntetycznych. Prowadzone są także badania nad pochłaniaczami tlenu aktywowanymi za pomocą energii promienistej (Kozak i Cierpiszewski, 2010b).

Do opakowań aktywnych należą także takie, które uwalniają lub pochłaniają ditlenek węgla. Związek ten obecny wewnątrz opakowanego produktu żywnościowego hamuje rozwój mikroorganizmów (Pawlicka i in., 2013). Należy jednak pamiętać, że ditlenek węgla w nadmiernej ilości może stracić swoje działanie bakteriostatyczne i niekorzystnie wpływać na zapakowany produkt. W związku z tym czasami konieczne jest stosowanie opakowań pochłaniających nadmierne ilości tego gazu. Funkcją pochłaniaczy ditlenku węgla mogą spełniać pochłaniacze tlenu oparte na tlenkach żelaza oraz zastosowanie tlenku lub wodorotlenku wapnia. Kolejnym przykładem opakowań aktywnych są regulatory wilgotności (osuszacze w postaci saszetek wypełnionych żelazem krzemionkowym, zeolitami, włóknami celulozy i chlorkiem sodu). Zapewniają one poziom wilgotności niekorzystny dla rozwoju pleśni, choć nie rozwiązują problemu utraty wody przez zapakowany produkt (Kozak i Cierpiszewski, 2010b). Bardziej zaawansowane technologicznie są tzw. owinięcia, zdolne do kontrolowania wilgotności względnej w opakowaniu. Coraz częściej stosuje się również pochłaniacze wilgoci w postaci wielowarstwowego materiału wytworzonego z papieru, poliakrylanu sodu, węgla drzewnego i kopolimeru etylenu z octanem winylu, a także osuszacze oparte na spreparowanym żelazie krzemionkowym, który nie pochłania wilgoci w sposób ciągły, lecz usuwa nadmiar wody po osiągnięciu przez zapakowany produkt tzw. punktu rosy (Kozak i Cierpiszewski, 2010b).

Opakowania aktywne dostępne na rynku mogą także zawierać pochłaniacze etylenu. Etylen jest naturalnym hormonem roślin odgrywającym istotną rolę w procesie dojrzewania warzyw i owoców. Aktywnymi składnikami w pochłaniaczach etylenu są najczęściej węgiel aktywny, nadmanganian potasu naniesiony na żel silikonowy, bentonit oraz krzemionka (Pawlicka i in., 2013). Pochłaniacze etylenu mają formę saszetek, rzadziej tub wykonanych z materiału przepuszczającego etylen, wypełnionych porowatymi materiałami, np. glinkami, wermikulitami, żelazami krzemionkowymi nasączonymi nadmanganianem potasu. Najnowsze pochłaniacze etylenu są oparte na di- i trifenach wbudowanych w hydrofobowe materiały jak np. poliwęglan, polistyren, polietylen i polipropylen (Kozak i Cierpiszewski, 2010b). W grupie opakowań aktywnych należy także wymienić opakowania antymikrobiologiczne, których głównym zadaniem jest ograniczenie, opóźnienie lub zahamowanie rozwoju mikroorganizmów, w tym również mikroorganizmów chorobotwórczych (Pawlicka i in., 2013). W opakowaniach tych najczęściej stosuje się chemiczne czynniki antymikrobiologiczne takie jak kwasy organiczne lub ich

bezwodniki (np. kwas propionowy, benzoesowy, sorbowy, hydroksybursztynowy, octowy) i sole (np. sorbinian wapnia), siarczki, siarczyny i alkohole (np. etanol). Rzadziej wykorzystywane są niektóre białka, peptydy, enzymy (np. lizozym, oksydaza glukozowa), ekstrakty roślinne (np. z grejpfruta), przyprawy i olejki eteryczne oraz związki srebra (Kozak i Cierpiszewski, 2010b; Pawlicka i in., 2013).

Opakowania inteligentne

Opakowania inteligentne (z ang. *Intelligent Packaging*) swoją funkcję pełnią poprzez prezentowanie i przekazywanie informacji o bezpieczeństwie i jakości żywności oraz warunkach przechowywania. Inteligentne systemy pakowania służą także do wykrywania, śledzenia, rejestrowania i przekazywania informacji o produkcie podczas jego dystrybucji, co w znacznym stopniu ułatwia podjęcie decyzji dotyczących prawidłowego okresu przechowywania produktu spożywczego, poprawy jakości oraz zwiększenia jego bezpieczeństwa. Dzięki ich zastosowaniu można stwierdzić, w którym momencie produkt nie nadaje się już do spożycia, np. w wyniku przechowywania w nieodpowiednich warunkach. Występują one najczęściej w postaci wskaźników, umieszczanych na zewnętrznej stronie materiału opakowaniowego i oddzielonych od żywności barierą funkcjonalną tzn. warstwą uniemożliwiającą migrację substancji spoza bariery do żywności w ilościach przekraczających 0,01 mg/kg żywności (Pawlicka i in., 2013). Wskaźniki jakości pozwalają na monitorowanie warunków, w jakich dane opakowanie oraz zapakowany w nim produkt znajdowały się podczas przechowywania, transportu, sprzedaży detalicznej i przechowywania w domu konsumenta. Sygnalizują one zmiany jakości produktu np. bezpośrednio po zmianie składu atmosfery wewnątrz opakowania. Idealne wskaźniki powinny także informować o nieprawidłowościach powstałych podczas produkcji jak i w dalszych etapach dystrybucji i użytkowania (Kozak i Cierpiszewski, 2010a). Pomocne w dokonaniu zakupu mogą okazać się również wskaźniki czasu i temperatury (TTI – z ang. *Time-Temperature Indicators*). Wykorzystują one zmiany we właściwościach fizycznych lub fizykochemicznych substancji, zachodzące pod wpływem temperatury i czasu. Wskaźniki TTI zmieniają swoje właściwości w sposób nieodwracalny, dzięki czemu dostarczają dowodów na przekroczenie maksymalnej dopuszczalnej temperatury przechowywania albo informacji o całkowitej ilości energii (ciepła) pochłoniętej przez wskaźnik, a w konsekwencji zapakowany produkt. Przykładem takiego wskaźnika może być detektor naniesiony na samoprzylepne etykiety. Ma on kształt małego koła otoczonego okręgiem w kolorze odniesienia. Zabarwienie powierzchni koła pogłębia się w miarę starzenia się produktu. Gdy stanie się ono ciemniejsze od otaczającego pierścienia oznacza to, że zapakowany produkt nie nadaje się do spożycia (Kozak i Cierpiszewski, 2010a).

Następnym rodzajem coraz częściej wykorzystywanych wskaźników są detektory obecności gazów. Zazwyczaj informują one o obecności tlenu, rzadziej pary wodnej, ditlenku węgla, etanolu lub siarkowodoru (Czajkowska, 2005). Służą one do kontroli atmosfery opakowania oraz jego szczelności, w przypadku pakowania w atmosferze beztlenowej. Działanie takich wskaźników oparte jest na reakcjach utleniania barwnika połączonych ze zmianą jego barwy. We wskaźnikach wykorzystujących reakcje oksydacji i redukcji, oprócz barwnika znajduje się także substancja redukująca oraz związek

zasadowy. Detektory te występują najczęściej w formie tabletek, które w warunkach beztlenowych mają różową barwę, a w obecności tlenu – niebieską. Reakcja z tlenem przebiega bardzo szybko, jednak jest ona odwracalna (Kozak i Cierpiszewski, 2010a). Najnowszą grupę inteligentnych materiałów stanowią elektroniczne systemy służące do bezprzewodowego zbierania danych za pomocą fal radiowych (RFID Tags – z ang. *Radio Frequency Identification Tags*). Technologia ta umożliwia określenie dokładnej lokalizacji produktu oraz

śledzenie jego drogi podczas przechowywania i dystrybucji. System RFID zabezpiecza także zapakowany produkt żywnościowy przed kradzieżą w sklepach, a także może zbierać większą ilość informacji dotyczących m.in. temperatury, wilgoci, wartości odżywczych oraz stanu mikrobiologicznego żywności. System ten występuje w formie etykiet lub naklejek umieszczanych na zbiorczych opakowaniach żywności (Pawlicka i in., 2013). Przykłady najpopularniejszych wskaźników i ich zastosowanie przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Przykłady wskaźników i ich zastosowania (Korzeniowski i Czaja, 2003)

Table 1. Examples of indicators and their applications (Korzeniowski and Czaja, 2003)

| Lp. No. | Rodzaj wskaźnika Indicator type | Zastosowanie Application |
|---------|---|---|
| 1. | Wskaźniki tlenowe – barwniki redox lub wskaźniki pH; Oxygen indicators – redox dyes or pH indicators | Artykuły spożywcze; Groceries |
| 2. | Wskaźniki wilgotności; Humidity indicators | Transport i przechowywanie; Transport and storage |
| 3. | Wskaźniki temperatury – ciecz; Temperature indicators - liquid | Ochrona przed niskimi temperaturami; Protection from low temperatures |
| 4. | Wskaźniki czasowo-temperaturowe; Time-temperatures indicators | Przechowywanie, transport chłodniczy i zamrażalniczy; Storage/cooling and freezing transport |
| 5. | Wskaźniki otwarcia – specjalne taśmy; Opening indicators – special tapes | Opakowania tekturowe; Cardboard packagings |
| 6. | Wskaźniki prawidłowej temperatury do spożycia – farba termo chromowa; Correct temperature for consumption indicators – thermochromic paint | Browarstwo; Brewing |
| 7. | Wskaźniki transportowe – samoprzylepna naklejka; Transport indicators – self-adhesive sticker | Produkty delikatne; Delicate products |

Zastosowanie opakowań aktywnych i inteligentnych w przetwórstwie mleka

Opakowania aktywne mające zastosowanie w przetwórstwie mleka to m.in. pochłaniacze tlenu w formie saszetek, które spowalniają, ograniczają lub eliminują wzrost pleśni w serach dojrzewających, ograniczają oksydację tłuszczu w odtłuszczonym mleku w proszku i utratę witaminy C oraz zapobiegają zmianom smaku w serach dojrzewających. Takie opakowania nie nadają się do zastosowania w pakowaniu produktów płynnych, a także mogą okazać się nieskuteczne przy pakowaniu twarogów, ponieważ aby zapewnić prawidłowe działanie pochłaniaczy tlenu ogólna liczba drobnoustrojów w produkcie nie powinna przekraczać 10^5 jtk/g. Natomiast liczba drobnoustrojów obecnych w twarogach przekracza tę wartość, z uwagi na znaczną liczbę bakterii kwaszących (Kosiorowska i Lesiów, 2005; Ziółkowski, 2011). Pochłaniacze tlenu tj. askorbinian i cysteina mogą być wykorzystywane w opakowaniach jogurtów z dodatkiem probiotyków, ponieważ tlen jest istotnym czynnikiem toksycznym w stosunku do bakterii probiotycznych, występujących w tych produktach. Pozytywnie wpływają one na redukcję tlenu w opakowaniu oraz zwiększenie liczby bakterii probiotycznych. Niestety wadą tego rozwiązania jest redukcja tlenu do poziomu, który hamuje aktywność bakterii *Streptococcus thermophilus*, niezbędnej w produkcji jogurtów. Ma to szkodliwy wpływ na teksturę oraz wartości odżywcze jogurtu, dlatego też zdania na temat słuszności stosowania tej metody są podzielone (Dobrucka, 2013b). Zastosowanie nowoczesnych sposobów pakowania w mleczarstwie przejawia się także poprzez wprowadzanie absorbentów wilgoci do opakowań mleka w proszku oraz pochłania-

czy ditlenku węgla w przypadku serów podpuszczkowych dojrzewających, które w czasie przechowywania wydzielają różne ilości tego gazu, co zabezpiecza opakowanie przed pęcznieniem lub rozerwaniem. Aktywne opakowania stosowane w mleczarstwie to także antybakteryjne folie, zawierające kwas sorbowy, sorbinian potasu lub imazalil. Folie te zapobiegają rozwojowi pleśni na powierzchni serów dojrzewających, serów topionych i sera Mozzarella (Kosiorowska i Lesiów, 2005).

Innymi rodzajami opakowań aktywnych są folie antyzlepiające, stosowane przy pakowaniu sera plasterkowanego w celu zmniejszenia skłonności przylepiania się plasterków do powierzchni opakowania, jak również opakowania absorbujące światło lub ograniczające jego dostęp, chroniące m.in. mleko przed niekorzystnym działaniem energii świetlnej (Kosiorowska i Lesiów, 2005). Aktywne opakowania są również alternatywą dla tradycyjnych metod produkcji mleka nie zawierającego laktozy, która może powodować zatrucia pokarmowe u osób z jej nietolerancją. Takie opakowanie wytworzone z polietylenu o niskiej gęstości (PE-LD) w połączeniu z poliimidioeterem (PEI) i glutaraldehydem (GL) z wbudowanym unieruchomionym enzymem laktazą nie wpływa na pogorszenie jakości mikrobiologicznej przechowywanego mleka oraz nie powoduje niekorzystnych zmian jego cech sensorycznych, natomiast może obniżyć zawartość laktozy w produkcie w czasie przechowywania (Wong i Goddard, 2014).

Kontrola procesu utleniania jest podstawowym kryterium przedłużenia trwałości mleka i jego przetworów. Związki przeciwutleniające mogą być dodane do polimerów używanych w produkcji opakowań, aby uniemożliwić ich degrada-

cję w czasie przetwarzania (Karaman i in., 2015). W celu ograniczenia przenikania tlenu do wnętrza opakowanego produktu stosowane są m.in. wielowarstwowe folie wytworzone z polietylenu o dużej gęstości (PE-HD) z dodatkiem ditlenku tytanu, folii EVOH (z ang. *Ethylene Vinyl Alcohol Copolymer*) oraz warstwy z PE-LD zawierającej związku antyoksydacyjne takie jak butyloowany hydroksyanizol (BHA), butyloowany hydroksytoluen (BHT) oraz α -tokoferol. Takie rozwiązania stosowane m.in. do pakowania mleka w proszku, zapewniają doskonałą ochronę produktu przed utlenianiem, a dodatek α -tokoferolu chroni witaminę A przed degradacją (Granda-Restrepo i in., 2009a; Granda-Restrepo i in., 2009b; Karaman i in., 2015). Badania prowadzone przez Soto i in. (2011) potwierdzają, że naturalne środki konserwujące takie jak α -tokoferol mogą być skuteczną alternatywą dla syntetycznych substancji konserwujących, ponieważ pozwalają na zachowanie wysokiej jakości sensorycznej mleka w proszku. Obcojęzyczna literatura dostarcza wiele informacji na temat możliwości zastosowania opakowań aktywnych w pakowaniu serów. Marcuzzo i in. (2013) badając wpływ różnych materiałów opakowaniowych na trwałość krótko dojrzewającego miękkiego sera Stracchino wykazali, że aktywne opakowanie wytworzone z PE-HD z dodatkiem węglanu wapnia i sorbinianu potasu ma hamujący wpływ na mikrobiologiczne zepsucie produktu oraz wzrost drożdży bez wpływu na jego cechy sensoryczne i właściwości chemiczne. Pozwala także na utrzymanie żelowej struktury, charakterystycznej dla tego rodzaju sera, przez 21 dni, podczas gdy przy pakowaniu w tradycyjnie używany materiał, jakim jest laminat papieru i polietylenu, zmiana tekstury sera następuje po 14 dniach przechowywania. Balaguer i in. (2013) donoszą natomiast, że aktywna folia opakowaniowa wytworzona z gliadyny z dodatkiem aldehydu cyjamonowego hamuje wzrost grzybów *Penicillium expansum* i *Aspergillus niger* w serze topionym, a także przedłuża jego okres przydatności do spożycia. Innymi olejkami eterycznymi, które mogą mieć zastosowanie w opakowaniach produktów mleczarskich, ze względu na swoje antymikrobiologiczne właściwości są linalol, kárwakrol oraz tymol (Haghighi-Manesh i Azizi, 2017). W badaniach Kuorwel i in. (2011) udowodniono hamujący wpływ powyższych olejków umieszczonych w foliach na bazie skrobi w stosunku do *Saccharomyces cerevisiae* w próbkach serach Cheddar oraz *in vitro*. Innym sposobem na przedłużenie trwałości produktów mleczarskich może być zastosowanie opakowań z dodatkiem nizyny. Nizyna jest naturalnym polipeptydem wytwarzanym przez *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, charakteryzujący się szerokim spektrum aktywności przeciwko Gram-dodatnim oraz Gram-ujemnym bakteriom, a w szczególności przeciw *Listeria monocytogenes*, *Brochothrix thermosphacta*, *Micrococcus flavus*, *Lactobacillus helveticus* i *Pediococcus pentosaceus* (Haghighi-Manesh i Azizi, 2017). Alrabadi (2012) badał wpływ aktywnej folii opakowaniowej wytworzonej z PE-LD z dodatkiem nizyny i stwierdził, że materiał ten inhibituje wzrost bakterii *Bacillus cereus* na powierzchni sera topionego, dzięki czemu poprawia jego jakość mikrobiologiczną i przedłuża trwałość. W badaniach prowadzonych przez Únalan i in. (2013) potwierdzono możliwość zastosowania aktywnych folii opakowaniowych na bazie zeiny i naturalnego wosku roślinnego (karnauba) z dodatkiem lizozymu lub lizozymu z katechiną i kwasem galusowym w pakowaniu świeżego sera Kashar. Folie opa-

kowaniowe z dodatkiem lizozymu działają inhibitująco na wzrost bakterii *Listeria monocytogenes* w produkcji, natomiast te z dodatkiem katechiny i kwasu galusowego chronią ser przed zmianami oksydacyjnymi tłuszczów. Do pakowania sera Cheddar można zastosować jadalną folię opakowaniową wytworzoną z kazeiny lub z koncentratu białek serwatkowych z dodatkiem glicerolu bądź sorbitolu. Folia na bazie kazeiny wykazuje lepsze właściwości barierowe niż folia na bazie koncentratu białek serwatkowych, natomiast obie folie w porównaniu do opakowania z PE-LD lepiej chronią ser przed utratą świeżości i nie pogarszają jego cech sensorycznych (Wagh i in., 2014). Natomiast połączenie modyfikowanej atmosfery (MAP) z aktywną, jadalną folią opakowaniową na bazie alginianu sodu i sorbinianu potasu przedłuża trwałość sera Mozzarella oraz poprawia jego jakość, dzięki zapobieganiu nadmiernemu odwodnieniu powierzchni produktu. Zaletami takiego opakowania są też lekkość i atrakcyjność wizualna (Mastromatteo i in., 2014). W opakowaniach aktywnych mogących mieć zastosowanie w pakowaniu serów podpuszczkowych i pleśniowych stosuje się również chitozan, natamycynę oraz ekstrakt kakaowy, ze względu na ich właściwości antybakteryjne (Haghighi-Manesh i Azizi, 2017).

Opakowania inteligentne, które również mogą mieć zastosowanie w technologii mleczarskiej to m.in. wskaźniki czasowo-temperaturowe składające się z polimeru umieszczonego wewnątrz małego koła otoczonego zadrukowanym pierścieniem. W zależności od temperatury wskaźnik ten zmienia intensywność barwy. Ciemniejsza barwa polimeru w części centralnej, w porównaniu do zewnętrznego pierścienia informuje konsumenta o zepsuciu produktu. Wskaźniki takie stosuje się m.in. na opakowaniach mleka UHT. Działanie innego wskaźnika, używanego np. podczas przechowywania lodów, polega na sygnalizowaniu, poprzez zabarwienie się na czerwono, momentu, w którym produkt znajduje się w warunkach temperatury wyższej niż jest to zalecane. W USA wskaźniki czasu i temperatury stosowane są na opakowaniach mleka, śmietany, mleka skondensowanego i jogurtów. Stosowane są również wskaźniki zawartości ditlenku węgla w opakowaniach sera Cheddar i jogurtów oraz wskaźniki zawartości azotu i ditlenku węgla w opakowaniach serów plasterkowanych, tartych oraz serów miękkich (Kosiorowska i Lesiów, 2005).

Podsumowanie

Nowoczesne opakowania znajdują się w fazie ciągłego rozwoju. Jak do tej pory nie są one stosowane na szeroką skalę w przetwórstwie mleka, jednak coraz częściej w literaturze obcojęzycznej pojawiają się badania stwierdzające możliwość zastosowania nowoczesnych opakowań w tej gałęzi przemysłu spożywczego. Szczególnie dużo prac poświęconych jest potencjalnemu wykorzystaniu takich opakowań w procesie pakowania serów. Korzyści powstające z użycia nowoczesnych opakowań w procesie pakowania mleka i jego przetworów wynikają przede wszystkim z doskonałej ochrony ich cech sensorycznych, a także z przedłużenia trwałości tych produktów podczas przechowywania, dzięki zapewnieniu bezpieczeństwa mikrobiologicznego i ograniczeniu przenikania tlenu do wnętrza opakowania. Komercyjne zastosowanie tych opakowań w przemyśle mleczarskim pozwoliłoby na zmniejszenie wykorzystania środków

konserwujących, a także przyczyniłoby się do obniżenia masy opakowania oraz jego ceny. Dzięki regulacjom prawnym pozwalającym stosować nowoczesne opakowania do żywności można spodziewać się dalszego rozwoju badań nad nowoczesnymi opakowaniami, odpowiednimi do pakowania mleka i jego przetworów, a w konsekwencji do wzrostu ich zastosowania.

Bibliografia

- Arabadi, N.I. (2012). Shelf Life Extension of Cheddar Processed Cheese Using Polyethylene Coating Films of Nisin against *Bacillus cereus*. *Journal of Biological Sciences*, 7(12), 406-410. DOI:[10.3923/jbs.2012.406.410](https://doi.org/10.3923/jbs.2012.406.410).
- Balaguer, M.P., Lopez-Carballo, G., Catala, R., Gavara, R., Hernandez-Munoz, P. (2013). Antifungal properties of gliadin films incorporating cinnamaldehyde and application in active food packaging of bread and cheese spread foodstuffs. *International Journal of Food Microbiology*, 3(166), 369-377. doi:[10.1016/j.ijfoodmicro.2013.08.012](https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.08.012).
- Czajkowska, D. (2005). Inteligentne i aktywne opakowania do żywności. *Przemysł Spożywczy*, 8(59), 88-92.
- Dobrucka, R. (2013a). The future of active and intelligent packaging industry. *LogForum*, 3(9), 103-110.
- Dobrucka, R. (2013b). Application of active packaging systems in probiotic foods. *LogForum*, 3(9), 167-175.
- Granda-Restrepo, D., Peralta, E., Troncoso-Rojas, R., Soto-Valdez, H. (2009a). Release of antioxidants from co-extruded active packaging developed for whole milk powder. *International Dairy Journal*, 8(19), 481-488. doi:<https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.01.002>.
- Granda-Restrepo, D., Soto-Valdez, H., Peralta, E., Troncoso-Rojas, R., Vallejo-Cordoba, B., Gamez-Meza, N., Graciano-Verdugo, A.Z. (2009b). Migration of α -tocopherol from an active multilayer film into whole milk powder. *Food Research International*, 10(42), 1396-1402. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.07.007>.
- Haghighi-Manesh S., Azizi M.H. (2017). Active packaging systems with emphasis on its applications in dairy products. *Journal of Food Process Engineering*, 5(40), e12542. DOI:<https://doi.org/10.1111/jfpe.12542>.
- Karaman, A.D., Özer, B., Pascall, M.A., Alvarez, V. (2015). Recent Advances in Dairy Packaging. *Food Reviews International*, 31, 295-318. doi:<http://dx.doi.org/10.1080/87559129.2015.1015138>.
- Korzeniowski, A., Czaja, N. (2003). Propozycje wykorzystania materiałów biodegradowalnych do produkcji opakowań aktywnych i inteligentnych. *Opakowanie*, 6(48), 18-21.
- Korzeniowski, A., Czaja, N. (2004). Tendencje rozwoju opakowań produktów żywnościowych. *Przemysł Spożywczy*, 8(58), 106-109.
- Kosiorowska, M., Lesiów, T. (2005). Opakowania aktywne i inteligentne w przemyśle mleczarskim. *Przegląd Mleczarski*, 7(54), 18-22.
- Kozak, W., Cierpiszewski, R. (2010a). Opakowania inteligentne. *Przemysł Spożywczy*, 3(64), 36-38.
- Kozak, W., Cierpiszewski, R. (2010b). Opakowania aktywne. *Przemysł Spożywczy*, 10(64), 54-57.
- Kuorwel, K.K., Cran, M.J., Sonneveld, K., Miltz, J., Bigger, S.W. (2011). Antimicrobial Activity of Biodegradable Polysaccharide and Protein-Based Films Containing Active Agents. *Journal of Food Science*, 76(3), R90-R102. doi:[10.1111/j.1750-3841.2011.02102.x](https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02102.x).
- Marcuzzo, E., Peressini, D., Sensidoni, A. (2013). Shelf life of short ripened soft cheese stored under various packaging conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 6(37), 1094-1102. doi:[10.1111/j.1745-4549.2012.00810.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2012.00810.x).
- Mastromatteo, M., Conte, A., Faccia, M., Del Nobile, M.A., Zambrini, A.V. (2014). Combined effect of active coating and modified atmosphere packaging on prolonging the shelf life of low-moisture Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 1(97), 36-45. doi:<https://doi.org/10.3168/jds.2013-6999>.
- Pawlicka, M., Wojciechowska-Mazurek, M., Postupolski, J. (2013). Aktywne i inteligentne materiały w nowoczesnych opakowaniach żywności. *Przemysł Spożywczy*, 8(66), 80-84.
- Soto, H., Peralta, E., Cano, D., Martinez, O., Granda, D. (2011). Antioxidant active packaging effect whole milk powder sensorial quality and production of volatile compounds. *Vitae*, 18(2), 115-123.
- Ünal, I.U., Arcan, I., Korel, F., Yemenicioğlu, A. (2013). Application of active zein-based films with controlled release properties to control *Listeria monocytogenes* growth and lipid oxidation in fresh Kashar cheese. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10(20), 208-214. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.08.004>.
- Wagh, Y.R., Pushpadass, H.A., Emerald, F.M.E., Nath, B.S. (2014). Preparation and characterization of milk protein films and their application for packaging of Cheddar cheese. *Journal of Food Science and Technology*, 12(51), 3767-3775. doi:<https://doi.org/10.1007/s13197-012-0916-4>.
- Wong, D.E., Goddard, J.M. (2014). Short communication: Effect of active food packaging materials on fluid milk quality and shelf life. *Journal of Dairy Science*, 1(97), 166-172. doi:<https://doi.org/10.3168/jds.2013-7214>.
- Ziółkowski, T. (2011). Opakowania aktywne i możliwości ich zastosowania w procesie pakowania twarogów. *Przegląd Mleczarski*, 11(60), 48-50.

Paulina Tuma

Zakład Technologii Mleczarskiej i Przechowalnictwa Żywności,
Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
ul. Papieża Pawła VI 3, 71-459 Szczecin
tel. (91)44-96-501,
e-mail: paulina.tuma@zut.edu.pl