

HELENA PANFIL-KUNCEWICZ, ANDRZEJ KUNCEWICZ, ARTUR PUŁAWSKI

WPLYW OPAKOWANIA NA TRWAŁOŚĆ MLEKA SPOŻYWCZEGO

Streszczenie

Jednym z ważniejszych czynników warunkujących bezpieczeństwo i trwałość mleka spożywczego jest jego opakowanie. Obecnie do pakowania mleka stosuje się opakowania z tworzyw sztucznych oraz laminaty z tworzyw, kartonu i folii aluminiowej. Najlepszą trwałość mleka spożywczego zapewniają wielowarstwowe, laminowane opakowania kartonowe. Osiągnięcie podobnych efektów w przypadku pakowania mleka w opakowania z tworzyw sztucznych wymaga zastosowania materiałów barierowych dla tlenu i światła np. z dodatkiem barwników lub substancji pochłaniających UV. Wybór tworzywa opakowaniowego do pakowania mleka powinien przede wszystkim zapewnić jak najlepszą ochronę produktu z równoczesnym uwzględnieniem aspektów ekologicznych zastosowanych opakowań.

Słowa kluczowe: mleko pasteryzowane, tworzywa opakowaniowe, trwałość mleka

Wstęp

Mleko spożywcze należy do szczególnych produktów mleczarskich ze względu na swoje znaczenie i popularność w diecie człowieka, a głównie w diecie dzieci i ludzi starszych. Ponadto mleko spożywcze stanowi atrakcyjny produkt w strategii marketingowej producenta z uwagi na stosunkowo prostą technologię produkcji i wykorzystanie wszystkich składników surowca. Na przestrzeni lat jakość mleka spożywczego uległa znacznej poprawie, co należy łączyć z poprawą jakości surowca, udoskonaleniem procesu technologicznego wyrobu tego produktu oraz wdrożeniem nowoczesnych opakowań i metod pakowania [10, 15].

Do pakowania mleka spożywczego stosuje się dwie technologie: pakowanie aseptyczne (mleko UHT, mleko pasteryzowane) oraz pakowanie w podwyższonym standardzie higienicznym (mleko pasteryzowane) [5, 6, 11]. Pakowanie aseptyczne polega na oddzielnej sterylizacji opakowania oraz oddzielnym, najczęściej termicznym, utrwaleniu produktu, a następnie w sterylnej przestrzeni napełnieniu jałowych opakowań

Prof. dr hab. H. Panfil-Kuncewicz, A. Puławski, Katedra Mleczarstwa i Zarządzania Jakością, prof. dr hab. A. Kuncewicz, Katedra Towaroznawstwa i Badań Żywności, Wydz. Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. M. Oczapowskiego 7, 10-719 Olsztyn

sterylizowanym lub pasteryzowanym mlekiem i hermetycznym zamknięciu opakowania [5]. Do pakowania w podwyższonym standardzie higienicznym wykorzystuje się wybrane elementy pakowania aseptycznego np. wyjąłowanie opakowań lub napełnianie ich i zamykanie w atmosferze sterylnego powietrza [7, 9]. Zastosowanie obu zabiegów zbliża pakowanie do metody aseptycznej. Obecnie wymienione metody pakowania można już zaliczyć do klasycznych, a ich szczegółowe opisy oraz ich wpływ na trwałość mleka były już wielokrotnie prezentowane w literaturze krajowej i zagranicznej.

Obok nowych technik i technologii stosowanych w pakowaniu mleka zmieniły się materiały oraz formy konstrukcyjne opakowań mleka spożywczego. Zarówno w Europie, jak i w naszym kraju zdecydowanie zmniejszyła się ilość mleka pakowanego w tradycyjne opakowania szklane (butelki) na korzyść opakowań wielowarstwowych z różnych tworzyw (tworzywa sztuczne, karton, aluminium) oraz opakowań wyłącznie z tworzyw sztucznych.

Asortyment oferowanych przez producentów tworzyw opakowaniowych jest bardzo szeroki, a ich właściwości i możliwość oddziaływania na zapakowany produkt zróżnicowane [4]. Niniejsze opracowanie poświęcone jest ocenie wpływu opakowań z różnych tworzyw, które są lub mogą być stosowane do pakowania mleka, na trwałość tego produktu.

Wpływ światła i tlenu na właściwości mleka

Zmiany, jakie następują w mleku spożywczym od momentu jego wyprodukowania do chwili spożycia przez konsumenta istotnie zależą od rodzaju opakowania tego produktu, co wiąże się między innymi z przepuszczalnością przez materiał opakowaniowy światła i tlenu [3, 8, 12, 13, 14].

Reakcje fotochemiczne w żywności dzielą się na dwie grupy:

- bezpośrednie, kiedy następuje degradacja substancji pochłaniającej promieniowanie,
- fotosensybilizowane, kiedy fotosensybilizator pochłania foton, przechodzi w stan wzbudzony, a następnie oddaje energię. Powstający w wyniku tego tlen singletowy jest silnym utleniaczem.

Reakcje fotochemiczne są katalizowane przez śladowe ilości jonów Fe i Cu. Wiadome jest, że składniki mleka są bardzo czułe na ekspozycję światła, szczególnie o długości fali poniżej 500 nm. Powoduje ono destrukcję witamin, głównie witaminy A i ryboflawiny, oraz indukuje utlenianie białek i tłuszczów. Zmiany te w połączeniu z przemianami, jakie następują w składnikach mleka pod działaniem enzymów lipolitycznych i proteolitycznych przyczyniają się do powstania nieprzyjemnego smaku i zapachu w przechowywanym mleku. Wymienione reakcje prowadzą też do obniżenia wartości odżywczej i biologicznej mleka. Ich intensywność zależy również od obecności

ści tlenu, który może powodować wiele niekorzystnych zmian w obrębie cech jakościowych na skutek reakcje utleniania: tłuszczu, witaminy E, kwasu L-askorbinowego, β -karotenu, niektórych aminokwasów, barwników, udziału w reakcjach enzymatycznego brązowienia, umożliwia rozwój mikroflory tlenowej. Dostęp tlenu może być ograniczony przez zmniejszenie wolnej przestrzeni nad zapakowanym produktem, ograniczenie wstrząsania opakowań z mlekiem podczas transportu i manipulacji w obrocie towarowym, a przede wszystkim przez zastosowanie opakowań nieprzepuszczalnych dla tego gazu. Materiały opakowaniowe przeznaczone do pakowania mleka spożywczego powinny charakteryzować się możliwie jak największą barierowością zarówno dla tlenu, jak i dla światła.

Wśród wad smaku mleka spożywczego najbardziej powszechne są posmaki wywołane działaniem światła i tlenu. Są one spowodowane dwiema różnymi przyczynami. Posmak słoneczny może rozwijać się w mleku podczas pierwszych 2 - 3 dni przechowywania i spowodowany jest rozpadem aminokwasów siarkowych w białkach serwatkowych. Drugi to posmak metaliczny lub kartonowy, który może rozwijać się później, nie ulatnia się i jest przypisywany oksydacji tłuszczów.

Badania nad wyodrębnieniem związków chemicznych decydujących o niepożądanym smaku i zapachu mleka spożywczego są przedmiotem intensywnych badań. Izolacji i identyfikacji tych związków dokonuje się za pomocą destylacji próżniowej i ich oznaczania techniką chromatografii gazowej lub wysokosprawnej chromatografii cieczowej. W ostatnim czasie do oznaczania związków lotnych w produktach spożywczych wykorzystuje się głównie chromatografy gazowe wyposażone w przystawkę „head space” pozwalającą na oznaczanie związków lotnych uwalnianych bezpośrednio z próbki i kierowanych do kolumny analitycznej [16, 17].

W wyniku tych badań ustalono między innymi, że opakowania mogą bezpośrednio zapobiegać powstawaniu wadliwego smaku i zapachu mleka, indukowanego przez światło i tlen poprzez ochronę produktu przed tymi czynnikami.

Przydatność różnych tworzyw opakowaniowych do pakowania mleka spożywczego

Reakcje utleniania katalizowane przez światło mogą z różną intensywnością zachodzić w mleku spożywczym pakowanym w różne opakowania, nie wyłączając klasycznych opakowań szklanych. Przenikanie światła, jak również tlenu, w przypadku opakowań z tworzyw sztucznych jest szczególnie zróżnicowane, a niekiedy bardzo duże.

Karatapanis i wsp. [3] oznaczyli profil związków lotnych wyodrębnionych z mleka pasteryzowanego (3,5 % tł., 75 °C/15 s), pakowanego aseptycznie w różne opakowania, poddanego ekspozycji na światło fluorescencyjne (światłówki) i przechowywanego w temp. 4 °C przez 7 - 15 dni. Badania miały na celu ocenę wielkości zmian

oksydacyjnych wywołanych oddziaływaniem światła. W mleku pakownym w butelki szklane przezroczyste o grubości ścianki 800 μm bezpośrednio po pasteryzacji stwierdzono 19 związków lotnych. Były to: węglowodory (7), ketony (4), estry (3), alkohole (2), aldehydy (2), związki siarkowe (1). Już po pierwszym dniu przechowywania w mleku pojawiły się związki świadczące o fotooksydacji, a ich ilość systematycznie rosła do 7. dnia przechowywania. Podobny profil związków lotnych stwierdzono w takim samym mleku poddanym takiej samej ekspozycji na działanie światła, lecz pakowanym w przezroczyste i barwione na biało (TiO_2) butelki z polietylenotereftalanu (PET). Na podstawie badań autorzy stwierdzili, że przyczyną powstawania tych związków w mleku pakowanym w wymienione rodzaje opakowań jest fotooksydacja.

Odmienne profile związków lotnych stwierdzono w tych samych warunkach badań w próbkach mleka pakowanego w materiały nieprzepuszczające światła. I tak, w mleku pakowanym w butelki z 3-warstwowego polietylenu wysokiej gęstości (HDPE + 2 % TiO_2 /HDPE + 4 % czerni węglowej/HDPE + 2 % TiO_2) o grubości 550 - 600 μm wykryto 33 składniki, w mleku pakowanym w butelki z polietylenu o dużej gęstości i barwione (HDPE + 2 % TiO_2) – 32 związki i w kartonach 3-warstwowych (PE/karton/PE) (20/395/35 μm) – 36 związków lotnych. W mleku pakowanym w materiały nieprzepuszczalne dla światła stwierdzono znacznie niższy poziom utlenienia aniżeli w mleku z opakowań przezroczystych. W próbkach opakowanych w materiał barierowy dla światła nie stwierdzono obecności disiarczku dimetylu – głównego związku występującego w mleku pakowanym w tworzywa przezroczyste [3].

Rezultaty uzyskane przy oznaczaniu w mleku związków lotnych były na ogół zgodne z wynikami badań sensorycznych. Ogólne pogorszenie smaku i zapachu mleka następowało szybciej w opakowaniach przepuszczających światło aniżeli w opakowaniach wysokobarierowych dla promieniowania świetlnego. W mleku w opakowaniach przepuszczalnych dla światła dominowały związki takie, jak: pentanal, heksanal, heptanal, disiarczek dimetylu, których tworzenie indukowane jest światłem. Gromadzenie tych właśnie związków w wysokim stopniu korelowało z obniżeniem oceny punktowej smaku i zapachu mleka. W mleku w opakowaniach barierowych dla światła wystąpił znaczny wzrost koncentracji etanolu, siarczku dimetylu, octanu etylenu, a w końcu okresu przechowywania estrów metylowych i etylowych. Również w tym mleku postępujący wzrost stężenia związków karbonylowych powodował niekorzystne zmiany smaku i zapachu mleka, ale zmiany te były wolniejsze [3].

W przedstawionych badaniach nie stwierdzono wyraźnego wpływu przepuszczalności tworzywa dla tlenu na stopień oksydacji tłuszczu, chociaż ta właściwość materiałów opakowaniowych często jest podawana jako decydująca o trwałości produktu. Między innymi wyniki badań wskazujące na udział tlenu w psuciu się mleka spożywanego podczas przechowywania spowodowały zainteresowanie producentów tego

wyrobu możliwością wykorzystanie opakowań z polietyleno-tereftalanu tzw. PET. Opakowania z tego tworzywa, stosowane do napojów nasyconych dwutlenkiem węgla i olejów, są także polecane do pakowania mleka. PET charakteryzuje się dobrą wytrzymałością mechaniczną i łatwością formowania. Opakowania wykonane z tego materiału, wyposażone w zamknięcia nakrętkowe nowej generacji, są łatwe do otwierania i zamykania, co zapobiega skażeniu produktu w przypadku, kiedy zużyta zostaje tylko część zawartości opakowania. Najważniejszą zaletą tego tworzywa w przypadku pakowania mleka zdaje się być jego wysoka barierowość dla tlenu, kilkadziesiąt razy większa aniżeli polietylenu. Butelki PET mogą być przezroczyste lub białe nieprzezroczyste, co ogranicza wpływ światła na mleko. Cladman i wsp. [1] badali m.in. wpływ tego tworzywa na zmiany fizykochemiczne i okres przydatności do spożycia pasteryzowanego mleka pełnego i mleka 2-procentowego, pakowanego w opakowania PET i przechowywanego w warunkach, w jakich to mleko przechowywane jest w sklepach, w oświetlonych szafach chłodniczych. Oprócz zwykłych opakowań z przezroczystego PET w doświadczeniach zastosowano ten materiał wraz z dodatkami ograniczającymi przenikanie światła (dodatek barwników, pochłaniaczy UV, oklejanie etykietą) oraz, w celu porównania, opakowania z polietylenu wysokiej i niskiej gęstości (LDPE i HDPE). Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że spośród wszystkich stosowanych w doświadczeniu opakowań, butelki PET z wbudowanym pochłaniaczem promieni UV były najbardziej przydatne do pakowania mleka. Straty witamin A i zakres oksydacji tłuszczu mleka w tych opakowaniach był najniższy w porównaniu ze zmianami w próbkach mleka pochodzących z innych opakowań. Ponadto stwierdzono, że do przechowywania mleka dobrej jakości mogą być stosowane butelki PET oklejane folią, co ogranicza dostęp światła do mleka. Ten rodzaj butelek pokrytych zadrukowaną folią z napisami i rysunkami wykonanymi farbami pochłaniającymi światło może być szczególnie atrakcyjny dla dzieci i młodzieży, zwiększając tym samym spożycie mleka.

Przydatność opakowań z polietyleno-tereftalanu (PET) i polietylenu wysokiej gęstości (HDPE) oceniali Zygoura i wsp. [19]. Mleko pakowano do następujących opakowań: trzywarstwowa, barwiona butelka z HDPE (HDPE + 2 % TiO_2 / HDPE + 4 % czerni węglowej/; HDPE + 2 % TiO_2) o grubości 550 - 600 μm ; jednowarstwowa barwiona butelka z HDPE (HDPE + 2 % TiO_2) 550 - 600 μm ; bezbarwna butelka PET grubości 300 - 350 μm ; barwiona butelka PET (PET + 2% TiO_2) 300 - 350 μm ; karton laminowany. Butelki, jak i opakowania kartonowe, miały tę samą objętość. Próbkę kontrolną pakowano w kartony laminowane polietylenem. W tak pakowanym, przechowywanym chłodniczo, pasteryzowanym mleku oznaczano między innymi przepuszczalność tlenu, oksydację tłuszczu, zawartość witaminy A oraz ryboflawiny, związków bardzo łatwo ulegających degradacji pod wpływem światła. Wszystkie badane materiały opakowaniowe odznaczały się dobrą barierowością dla tlenu. Namniej-

szą przepuszczalnością tlenu charakteryzowała się barwiona butelka PET o grubości ścianki 300 - 350 μm (0,7 ml/opakowanie x dzień x atm) i kolejno: bezbarwna butelka PET o grubości ścianki 300 - 350 μm (0,8 ml/opakowanie x dzień x atm), 3-warstwowa, barwiona butelka HDPE o grubości ścianki 550 - 600 μm (1,9 ml/opakowanie x dzień x atm), następnie jednowarstwowa barwiona butelka HDPE o grubości ścianki 550 - 600 μm (2,0 ml/opakowanie x dzień x atm) [19]. Opakowania te zapewniały w różnym stopniu ochronę przed oksydacją lipidów oraz chroniły ryboflawinę w mleku [19].

Opakowania wyprodukowane z barwionego (2% TiO_2) HDPE o grubości ścianki 550 - 600 μm efektywnie chroniły witaminę A i ryboflawinę w mleku. Zawartość witaminy A podczas 7-dniowego przechowywania mleka zmniejszyła się statystycznie nieistotnie od 0,57 $\mu\text{g/ml}$ w próbkach bezpośrednio po opakowaniu do 0,52 $\mu\text{g/ml}$ w mleku po 7 dniach przechowywania chłodniczego. Barwione butelki PET o grubości ścianki 300 - 350 μm zapewniały tylko częściową ochronę witaminy A (0,57 $\mu\text{g/ml}$ bezpośrednio po pakowaniu i 0,40 $\mu\text{g/ml}$ po 7 dniach przechowywania). Przezroczyste butelki PET nie stwarzały istotnej ochrony witamin: A i ryboflawiny. Straty witaminy A w mleku pakowanym w bezbarwne butelki PET po 7 dniach przechowywania wynosiły nawet 50 %. Najmniejsze straty ryboflawiny stwierdzono w mleku pakowanym w barwione butelki HDPE (zmiany podczas przechowywania statystycznie nieistotne), a następnie w barwione butelki PET. Bezbarwne butelki PET nie stanowiły istotnej ochrony ryboflawiny w badanym mleku. Straty zawartości tej witaminy sięgały ponad 50 % po siedmiu dniach przechowywania mleka [19].

Popularne do niedawna opakowania mleka spożywczego pasteryzowanego w formie woreczków i butelek z przezroczystego polietylenu małej gęstości charakteryzują się dużą przepuszczalnością tlenu. Z tego względu zastępowane są przez inne, droższe, lecz bardziej barierowe tworzywa, jak np. polietylen wysokiej gęstości (HDPE). Konkurencyjne w stosunku do tych ostatnich mogą być barwione jedno- lub wielowarstwowe butelki HDPE o dużo mniejszej grubości ścianek aniżeli np. butelki PET.

Badania Vassili i wsp. [18] dotyczyły oceny chemicznej, mikrobiologicznej i sensorycznej stabilności mleka pełnego opakowanego w różne opakowania z polietylenu i przechowywane w warunkach zbliżonych do panujących na rynku tego produktu. Użyte w badaniach opakowania to woreczki z przezroczystego, jak i barwionego TiO_2 oraz czernią węglową LDPE. Próbki kontrolne pakowano w tradycyjne wielowarstwowe kartony. Mleko w opakowaniach poddawano przez 7 dni w temp. 4 °C działaniu światła o mocy około 825 lux emitowanego przez świetlówki (tzw. "światło zimne"). Wyniki analiz wykazały, że w badanym okresie zmiany fizykochemiczne, mikrobiologiczne i sensoryczne mleka we wszystkich opakowaniach były niewielkie i zbliżone do siebie. Istotne zmiany i różnice pomiędzy mlekiem z różnych opakowań

stwierdzono jedynie w odniesieniu do witaminy A i ryboflawiny. Zarówno w jednowarstwowych opakowaniach przezroczystych, jak i w przezroczystych wielowarstwowych koekstrudatach stopień degradacji witaminy A wynosił od 51 do 73 %, a ryboflawiny od 34 do 45 %. W opakowaniach barwionych (TiO_2 i czernią węglową) straty zawartości wymienionych witamin były znacznie mniejsze i wynosiły odpowiednio od 15 do 18 % i od 19 do 21 %. W próbkach kontrolnych straty witaminy A i ryboflawiny wynosiły kolejno 15 i 19 %. Stwierdzono, że zarówno światło, jak i tlen wpływają destrukcyjnie na witaminy. Nawet barierowe materiały takie, jak koekstrudat LDPE/PA/LDPE oraz polietylen nieprzezroczysty (z dodatkiem TiO_2) nie chroniły mleka przed utratą witamin. Autorzy uważają, że opakowania z koekstrudatów barwione TiO_2 lub czernią węglową o grubości ścianek nie mniejszej aniżeli 110 μm mogą być dobrymi i tanimi opakowaniami mleka pasteryzowanego.

Wydaje się, że obecnie najlepszymi (pod względem barierowości) opakowaniami do mleka spożywczego są wielowarstwowe opakowania kartonowe. Zależnie od przeznaczenia składają się one z 3 do 7 warstw. Od rodzaju i liczby warstw zależy barierowość opakowania dla światła i tlenu. Warstwą istotnie zwiększającą barierowość opakowań kartonowych jest wbudowana w opakowanie warstwa folii aluminiowej (lub folii metalizowanej aluminium) albo też warstwa alkoholu winylowego (EVOH) lub jego polimerów (EVDL, EVAC). Opakowania kartonowe 3-warstwowe bez warstwy barierowej są zwykle przeznaczone do pakowania mleka pasteryzowanego, a opakowania o większej liczbie warstw z udziałem warstwy barierowej do pakowania mleka spożywczego UHT lub mleka o przedłużonej trwałości (3 do 5 tygodni).

Simon i Hansen [13] oceniali wpływ różnego rodzaju wielowarstwowych opakowań kartonowych na długość okresu przydatności do spożycia i cechy sensoryczne mleka pasteryzowanego (76,4 °C, 25 s). Badaniom poddano mleko pakowane w następujące rodzaje laminatów: PE/karton/PE; LDPE/karton/LDPE; LDPE/karton/LDPE/EVOH/LDPE i PE/karton/aluminium/PE. Stwierdzono, że mleko przechowywane w kartonach z warstwą barierową charakteryzowały się większą trwałością aniżeli mleko pakowane do kartonów 3-warstwowych bez warstwy barierowej. Niekorzystne zmiany smaku i zapachu oraz zmiany oksydacyjne tłuszczu w tym mleku były znacznie wolniejsze aniżeli w pozostałych opakowaniach. Autorzy nadmieniają jednak, że ze względu na przechowywanie mleka pasteryzowanego przez 10 - 15 dni w chłodni (bez dostępu światła), zmiany oksydacyjne wywołane światłem nie mają istotnego wpływu na cechy sensoryczne produktu i jego wartość odżywczą. Stąd wniosek, że mleko pasteryzowane może być pakowane do opakowań kartonowych bez wkładki barierowej. Pogląd ten jest jednak kontrowersyjny. Nie bierze on pod uwagę warunków, w jakich pozostaje mleko w czasie dystrybucji i sprzedaży.

Podsumowanie

Wyniki przytoczonych badań wskazują, że pogorszenie cech jakościowych mleka spożywczego podczas jego przechowywania przebiega najwolniej w tych produktach, które opakowane są w materiały o wysokiej barierowości dla tlenu i światła tj. w wielowarstwowe opakowania kartonowe z folią aluminiową lub opakowania z folii metalizowanej.

Rezultaty badań mleka pasteryzowanego, pakowanego w materiały z tworzyw sztucznych z dodatkami ograniczającymi przenikanie światła i tlenu do produktu, wskazują, że również takie opakowania mogą być stosowane do pakowania mleka spożywczego. Opakowania te, spełniając podstawowe wymogi ochrony produktu przed działaniem czynników zewnętrznych, cechują się mniejszą masą, podatnością tworzenia nowych form opakowań, a zastosowanie zadrukowanej barwnej folii pokrywającej te pojemniki podnosi ich atrakcyjny wygląd, co nie jest bez znaczenia w handlu. Mniejsza masa opakowań z wybranych tworzyw sztucznych pozwala na określone oszczędności kosztów związanych z dystrybucją produktu i zagospodarowaniem odpadów opakowaniowych.

Rodzaj tworzywa opakowaniowego nie wpływa na trwałość mikrobiologiczną mleka spożywczego. Bardzo ważna jest natomiast czystość mikrobiologiczna materiałów opakowaniowych, które nie powinny być źródłem zanieczyszczenia mikrobiologicznego mleka spożywczego. Podkreślić należy, że bez względu na charakterystykę tworzywa, wyposażenie opakowań mleka w zamknięcia nowej generacji bardzo dobrze chroni produkt przed reinfekcją, kiedy po pierwszym otwarciu w opakowaniu pozostaje jeszcze jego część.

Reasumując, należy stwierdzić, że przy wyborze tworzywa opakowaniowego do pakowania mleka spożywczego należy kierować się przede wszystkim jego funkcją ochronną, jednak z uwzględnieniem aspektów dystrybucji i możliwości utylizacji tych opakowań.

Literatura

- [1] Cladman W., Scheffer S., Goodrich N., Griffiths M.W.: Shelf-life of milk packaged in plastic containers with and without treatment to reduce light transmission. *Int. Dairy J.*, 1998, **8**, 629-636.
- [2] Ericson M.: Chemical and microbial stability of fluid milk in response to packaging and dispensing. *Int. J. Dairy Technol.*, 1997, **50**, 107-111.
- [3] Karatapanis A.E., Badeka A.V., Riganakos K.A., Savvaids I.N., Kontominas M.G.: Changes in flavour volatiles of whole pasteurized milk as affected by packaging material and storage time. *Int. Dairy J.*, 2006, **18**, 750-761.
- [4] Kuzia A.: Opakowania z tworzyw sztucznych. W: *Opakowania żywności – pod red. B. Czerniawskiego i J. Michniewicza. Agro Food Technology, Czeladź, 1998, ss. 214-271.*

- [5] Panfil-Kuncewicz H., Kuncewicz A.: Aseptyczne pakowanie żywności. *Przem. Spoż.*, 1998, **8**, 10-13.
- [6] Panfil-Kuncewicz H., Kuncewicz A., Juśkiewicz M.: Influence of storage conditions on changes in the FAT fraction of UHT milk. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 2005, **14/15**, **4**, 341-348.
- [7] Panfil-Kuncewicz H., Ziemia M., Rosiński P.: Możliwość poprawy trwałości jogurtu pakowanego w atmosferze czystego powietrza. *Przeł. Mlecz.*, 1998 **12**, 418-420.
- [8] Panfil-Kuncewicz H., Kuncewicz A., Groblewska A.: Wpływ światła na trwałość mleka i produktów mleczarskich. *Przeł. Mlecz.*, 1997, **6**, 160-162.
- [9] Panfil-Kuncewicz H., Kuncewicz A., Staniewska K.: Pakowanie napojów mlecznych w podwyższonym standardzie higienicznym. *Przeł. Mlecz.* 2004, **7**, 4-9.
- [10] Panfil-Kuncewicz H.: Znaczenie i funkcje opakowań produktów spożywczych w dystrybucji i marketingu. *Przem Spoż.*, 1998, **8**, 18-20.
- [11] Panfil-Kuncewicz H.: Trwałość jogurtów pakowanych w atmosferze czystego powietrza. *Przem. Spoż.*, 1998, **11**, 19-21.
- [12] Papachristou Ch., Badeka A.: Evaluation of polyethylene terephthalate as a packaging material for premium quality whole pasteurized milk in Greece. *Eur. Food Res. Technol.*, 2006, **224**, 237-247.
- [13] Simon M., Hansen A. P.: Effect of various dairy packaging materials on the shelf life and flavor of pasteurized milk. *J. Dairy Sci.*, 2001, **84**, 767-773.
- [14] Skibsted L.H.: Light-induced changes in dairy products. *Int. Dairy Fed.*, 2000, **346**, 4-9.
- [15] Śmietana Z., Krajewska E., Bohdziewicz K.: Mleko pasteryzowane – jak przedłużyć okres przydatności. *Przeł. Mlecz.*, 2004, **4**, 4-9.
- [16] Toso B., Procida G., Stefanon B.: Determination of volatile compounds in cow's milk using head-space GC/MS. *J. Dairy Res.*, 2002, **69**, 569-577.
- [17] Urbach G., Milne T.: The concentration of volatiles in pasteurized milk as a function of storage time and storage temperature. A possible indicator of keeping quality *Aust. J. Dairy Technol.*, 1987, **42**, 53-58.
- [18] Vassila E., Badeka A., Kondyli E., Savvaidis I., Kontominas G.: Chemical and microbiological changes in fluid milk as affected by packaging conditions. *Int. Dairy J.*, 2002, **12**, 715-722.
- [19] Zygoura P., Moysiadi T., Badeka A., Kondyli E., Savvaidis I., Kontominas M.G.: Shelf life of pasteurized milk in Greece: Effect of packaging material. *Food Chem.*, 2004, **87**, 1-9.

EFFECT OF PACKAGING ON DURABILITY OF PASTEURIZED MILK

Summary

One of the more important factors determining safety and durability of milk is its packaging. Presently, containers of plastics and laminates made of plastics, paperboard, and aluminum foil are used as packages for milk. Multilayered paperboard packages guarantee the best quality of milk. In order to achieve a similar effect when using containers of plastics, it is necessary to apply oxygen- and light-barrier materials, for example with the addition of dyes or of UV absorbing substances. A selected packaging material for milk containers should ensure that milk is properly protected by its packaging and that ecological aspects of the selected packaging are taken into consideration.

Key words: pasteurized milk, packaging materials, durability of milk ☒