

MIROSLAW FIK

NIEKTÓRE ASPEKTY STOSOWANIA MODYFIKOWANEJ ATMOSFERY W PRZECHOWALNICTWIE ŻYWNOSCI

Sreszczenie

Wzrost zapotrzebowania na świeże produkty żywnościowe, o małym stopniu przetworzenia i dużej trwałości jest przyczyną rozwoju nowych technik pakowania artykułów spożywczych. W pracy tej omówiono niektóre aspekty stosowania modyfikowanej atmosfery do przedłużania trwałości żywności, zwracając szczególną uwagę na właściwości stosowanych gazów i materiałów opakowaniowych oraz na zagadnienia związane z bezpieczeństwem mikrobiologicznym produktów spożywczych.

Wprowadzenie

W ostatnich latach wzrasta zapotrzebowanie na żywność świeżą, bez konserwantów, o dużej trwałości, gotową do spożycia po ograniczonej obróbce termicznej. W związku z tym pojawiają się nowe techniki pakowania i konserwowania artykułów spożywczych. Okres trwałości żywności jest w dużym stopniu ograniczony między innymi bezpośrednim dostępem tlenu, który sprzyja rozwojowi bakterii tlenowych, przyspiesza utlenianie tłuszczów oraz powoduje zmiany zapachu i barwy. Stąd jednym ze sposobów wydłużania okresu przydatności do spożycia produktów jest ograniczenie tlenu w opakowaniach i zastąpienie powietrza inną mieszaniną gazową. Korzystne jest obniżenie zawartości O_2 do poziomu 0.2–1 %, co osiąga się poprzez pakowanie żywności w zmienionej (kształtowanej) atmosferze. Znane są dwie podstawowe metody, tj. pakowanie w modyfikowanej atmosferze (MA) i pakowanie w kontrolowanej atmosferze (KA). W systemie MA powietrze w opakowaniach zostaje zastąpione mieszaniną gazów o ustalonym składzie w trakcie pakowania i nie przeprowadza się już żadnych korekt składu atmosfery w okresie przechowywania. Natomiast system KA wymaga stałej kontroli ustalonego składu mieszaniny gazowej i konieczności wyrównywania zmian spowodowanych przez oddychanie produktów i zawartych w nich mikroorganizmów oraz przepuszczalność opakowań. Zwiększenie trwałości można uzyskać po-

przez zastosowanie w atmosferze otaczającej produkt absorbentów etylenu i innych gazów lotnych. Przykładem takiego absorbenta jest Ethysorb, który przedłuża przydatność do spożycia łatwo psujących się owoców o ponad 50 % [14]. Przy wyborze techniki pakowania w zmienionej atmosferze należy uwzględnić wiele czynników, w tym przede wszystkim rodzaj i stopień przetworzenia produktu, warunki przechowywania, właściwości stosowanych gazów i rodzaj materiału opakowaniowego. Zazwyczaj żywność nie przetworzoną, w której zachodzą procesy życiowe (np. oddychanie), przechowuje się w kontrolowanej atmosferze, a przetworzoną do postaci gotowej do spożycia po krótkim ogrzaniu (np. chłodzone dania gotowe) najczęściej składa się w modyfikowanej atmosferze.

W przemyśle spożywczym stosuje się dwie metody modyfikowania atmosfery gazowej, tj. pakowanie próżniowe i pakowanie z gazem. W warunkach pakowania próżniowego zawartość tlenu w opakowaniach o niskiej przepuszczalności zmniejsza się do poniżej 1 %, a ilość dwutlenku węgla, wskutek oddychania tkanki i mikroorganizmów podczas przechowywania, zwiększa się do 10–20 % [5]. Bardziej uniwersalną metodą jest pakowanie gazowe, które w przeciwieństwie do próżniowego można stosować również do produktów delikatnych i kruchych.

Technologia MA charakteryzuje się następującymi zaletami:

- znacznie przedłuża trwałość produktów (od 0.5 do 4-krotnie),
- zabezpiecza wysoką jakość przechowywanej żywności,
- zmniejsza straty ekonomiczne, koszty zamrażalniczego składowania i dystrybucji.

Technologia ta wymaga jednak rozmaitego składu mieszaniny gazowej dla każdego rodzaju produktu, a także specjalnego wyposażenia i wyszkolenia, z czym związany jest koszt dodatkowy. W przypadku nieodpowiedniej temperatury przechowywania może również stanowić pewne zagrożenie dla zdrowia konsumentów poprzez możliwy rozwój mikroorganizmów chorobotwórczych, chociaż brak jest dotychczas przekonujących dowodów na to, że stwarza ona większe ryzyko aniżeli pakowanie w powietrzu.

Stosowane gazy

Wybór mieszaniny gazowej do modyfikacji atmosfery uzależniony jest od mikroflory zdolnej do wzrostu na danym produkcie, wrażliwości produktu na tlen i dwutlenek węgla oraz wymagań związanych ze stabilizacją jego barwy (zachowanie oksymyoglobiny w świeżym mięsie i nitrozomyoglobiny w konserwowanych produktach mięsnych). W praktyce przemysłowej zwykle powszechnie stosowane są te gazy, które występują w powietrzu, a więc tlen, dwutlenek węgla i azot, chociaż badano przydatność do tego celu innych gazów, takich jak dwutlenek siarki, podtlenek i tlenek azotu, ozon, hel, wodór, neon, argon i chlor. Jednakże zastosowanie ich ograniczone

jest względami bezpieczeństwa i legislacji, brakiem akceptacji konsumentów, zwiększonymi kosztami oraz niekorzystnym wpływem na właściwości sensoryczne pakowanych produktów [1].

Tlen jest na ogół stymulatorem wzrostu bakterii tlenowych oraz inhibitorem rozwoju drobnoustrojów beztlenowych, chociaż wrażliwość beztlenowców na O_2 jest bardzo zróżnicowana. Jego obecność jest niezmiernie ważna podczas przechowywania mięsa świeżego, ponieważ sprzyja utrzymaniu odpowiedniej ilości mioglobiny w stanie utlenowanym, zabezpieczając w ten sposób jasnoczerwoną barwę tego produktu. W ograniczonych ilościach używa się go także do gazowego pakowania owoców i warzyw, aby uniemożliwić całkowite powstrzymanie ich procesów oddechowych. Jednak dla szeregu produktów nie stosuje się na ogół tlenu w mieszaninach gazowych, gdyż powoduje on niekorzystne zmiany tłuszczów i ujemnie wpływa na barwę. Pomimo to niektórzy badacze zalecają pakowanie pewnych produktów w atmosferze modyfikowanej z dodatkiem 5–10 % O_2 , co ma stanowić zabezpieczenie przed rozwojem beztlenowej mikroflory patogennej, w szczególności *Clostridium botulinum* [7].

W przeciwieństwie do tlenu, azot jest gazem obojętnym w stosunku do żywności, słabo rozpuszczalnym w wodzie i tłuszczach oraz nie ma praktycznie większego znaczenia bakteriostatycznego. W modyfikowanej atmosferze zastępuje on tlen i w zwiększonych stężeniach przyczynia się pośrednio do opóźnienia oksydacyjnego jęłczenia oraz rozwoju mikroflory tlenowej. Dzięki swojej niskiej rozpuszczalności zapobiega obkurczaniu się opakowań i ich przyklejaniu do pakowanych produktów, szczególnie w atmosferach z wysokimi stężeniami CO_2 .

Zasadniczy wpływ na przedłużanie okresu trwałości artykułów spożywczych, przechowywanych w modyfikowanej lub kontrolowanej atmosferze, ma dwutlenek węgla (CO_2). Gaz ten powstrzymuje wzrost bakterii tlenowych, drożdży i pleśni [14]. Dobrze rozpuszcza się w wodzie i tłuszczach, przez co wpływa na obniżenie pH produktu i kurczenie się opakowania. Hamujące działanie CO_2 na drobnoustroje zależy od szeregu czynników, w tym między innymi od jego stężenia i temperatury przechowywania, rodzaju produktu, ilości i rodzaju obecnych w produkcie mikroorganizmów, wieku i fazy ich wzrostu, objętości przestrzeni gazowej, kwasowości i aktywności wodnej, a także szczelności opakowań. Podstawowym zagadnieniem jest dobór optymalnego stężenia dwutlenku węgla, w którym wykazuje on największe działanie hamujące na rozwój mikroorganizmów. Dla powstrzymania wzrostu bakterii tlenowych zwykle skuteczne są ilości tego gazu od 20 do 60 % [14]. Gill i Tan [5] wykazali, że hamujący wpływ CO_2 na drobnoustroje rośnie liniowo wraz ze wzrostem stężenia do 50–60 %, natomiast dalsze zwiększanie jego zawartości w modyfikowanej atmosferze powoduje zaledwie nieznaczny wzrost aktywności antybakteryjnej. Duży wpływ na aktywność CO_2 jako inhibitora reakcji mikrobiologicznych ma temperatura przecho-

wywania i wraz z jej spadkiem aktywność ta rośnie. Dwutlenek węgla jest najbardziej efektywny w hamowaniu rozwoju tlenowej mikroflory zepsucia. Ogólnie bakterie Gram-ujemne, w szczególności z rodzajów *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Alteromonas* i *Acinetobacter*, są bardziej wrażliwe na CO₂ aniżeli Gram-dodatnie [13]. Niektóre drobnoustroje spośród Gram-dodatnich, np. *Brochothrix thermosphacta*, mogą tolerować jego stężenie do 75 %, a bakterie fermentacji mlekowej zdolne są do wzrostu nawet przy 100 % stężeniu CO₂ [1]. Dlatego w żywności pakowanej w modyfikowanej atmosferze ma miejsce selektywne przesunięcie mikroorganizmów w kierunku dominacji mikroflory względnie beztlenowej, głównie Gram-dodatniej z rodzaju *Lactobacillus*. Efektywne oddziaływanie dwutlenku węgla na mikroflorę zmniejsza się podczas przechodzenia bakterii z lagfazy do fazy logarytmicznego wzrostu. Dlatego im wcześniej doprowadzi się CO₂ do produktu, tym efektywniejsze będzie jego antybakteryjne działanie.

Bardzo istotny jest odpowiedni skład mieszanin gazowych do pakowania żywności, ustalenie którego wymaga szczegółowych i systematycznych badań szeregu czynników wpływających na jej trwałość. Zasadnicze znaczenie przy optymalizacji warunków przechowywania produktów żywnościowych w modyfikowanej atmosferze

Tabela 1

Skład atmosfer gazowych stosowanych do przedłużania trwałości niektórych produktów spożywczych i zalecane temperatury przechowywania [14]

Rodzaj produktu	Temperatura przechowywania (°C)	Stężenie gazu (%)		
		Tlen	Dwutlenek węgla	Azot
Mięso świeże	0-2	70	20	10
Mięso wędzone	1-3	0	50	50
Drób	0-2	60-80	20-40	0
Ryby tłuste	0-2	0	60	40
Ryby chude	0-2	30	40	30
Drób świeży	0-2	0	50	50
Kiełbaski świeże	0-2	40	60	0
Ser	1-3	0	60	40
Jabłka	4-6	2	1	97
Pomidory	5-10	4	4	92
Produkty piekarnicze	temperatura pokojowa	0	60	40
Pizza	temperatura pokojowa	0	60	40
Suche zakąski	temperatura pokojowa	0	20-30	70-80

ma zachowanie wysokiej jakości mikrobiologicznej, ale ważne jest także powstrzymanie zmian chemicznych, niekorzystnie wpływających na świeżość, barwę, zapach i teksturę. Pakowanie gazowe umożliwia zwiększenie trwałości żywności, jednakże w większości przypadków jest ono skuteczne tylko w połączeniu z chłodniczym przechowywaniem. Przykłady składów atmosfer oraz zalecanych temperatur składowania dla niektórych produktów spożywczych przedstawiono w tabeli 1. Z zawartych w niej danych wynika, że pakowane gazowo: świeże mięso, ryby, drób i kiełbasy wymagają temperatury przechowywania 0–2°C, mięso wędzone i sery 1–3°C, jabłka 4–6°C, a pomidory 5–10°C. Jedynie zapakowane w środowisku gazowym pieczywo, pizza i produkty suche można składować w temperaturze pokojowej. W przypadku produktów piekarniczych zastosowanie mieszaniny CO₂ i N₂ w stosunku 60 : 40 chroni je przed pleśnieniem i zwiększa ich trwałość do 1–3 miesięcy a nawet dłużej.

Obecnie wiele firm piekarskich w Europie powszechnie stosuje pakowanie gazowe dla zachowania dobrej jakości bułek, ciast, pizzy, bagietek i krojonego chleba. Rozpoczęto również jego zastosowanie do zabezpieczenia past, sera, orzeszków ziemnych i laskowych, sałatek, szeregu dań gotowych i wielu innych produktów. Znaczne sukcesy osiąga się w przechowywalnictwie gazowym owoców i warzyw [2].

Charakterystyka opakowań

Okres trwałości produktów spożywczych w modyfikowanej i kontrolowanej atmosferze w dużym stopniu zależy od właściwego doboru materiału opakowaniowego. Stosowane do tego celu opakowania z tworzyw sztucznych muszą charakteryzować się odpowiednią szczelnością i nieprzepuszczalnością dla tlenu, pary wodnej, lotnych substancji zapachowych, dwutlenku węgla i azotu, a więc powinny zabezpieczać w miarę stały skład atmosfery otaczającej produkt spożywczy. Specjalnej uwagi wymaga utrzymanie stałego składu atmosfery w przypadku produktów, w których zachodzą procesy życiowe, np. oddychanie. Można to uzyskać przez stosowanie opakowań o selektywnej przepuszczalności. Do pakowania mięsa w warunkach próżniowych należy stosować materiały o niskim współczynniku przepuszczalności O₂, który w temp. 23°C powinien wynosić 1 cm³/m² /24 h [9]. Współczynnik ten jest zwykle 3–4 razy większy dla dwutlenku węgla i 3–4 razy mniejszy dla azotu. Różne gazy z różną szybkością przenikają przez te same opakowania, co spowodowane jest zróżnicowanym stopniem ich dyfuzji lub rozpuszczania się w materiale opakowaniowym. Wynika to nie tylko z właściwości stosowanych materiałów i gazów, ale także związane jest z rodzajem produktu i warunkami przechowywania. Znaczny wpływ na przenikanie gazów ma temperatura i wilgotność [10] oraz rodzaj materiału opakowaniowego [9]. Według Eustace [3] przenikalność tlenu przez opakowania nylonowe i z chlorku poliwinylowego (PCV) w temp. 3.5°C wynosi zaledwie 10–15 % tejeż w temp. 25°C i

zwiększa się wraz ze wzrostem wilgotności względnej z 75 do 98 %. Należy w tym miejscu podkreślić, że w atmosferach gazowych szczególnie trudno jest utrzymać odpowiednie stężenie CO_2 . Przenikanie tego gazu, w porównaniu z azotem, przez opakowanie: z dwuchorku poliwinylidenu (PVDC) jest około 8-krotnie szybsze, z chlorku poliwinylowego (PCV) 12-krotnie, a z polietylenu (PE) aż 40-krotnie szybsze.

Przenikalność gazów przez opakowania z tworzyw sztucznych zależy również od aktywności wody pakowanego produktu i samego tworzywa opakowaniowego oraz rośnie wraz z jej wzrostem [11]. Na gazoszczelność opakowań bezpośredni wpływ mają także struktura, wielkość i polarność tworzyw syntetycznych oraz stężenie i gęstość gazu, a ponadto reakcje pomiędzy produktem i opakowaniem, które przyczyniają się do zmian właściwości mechanicznych materiałów opakowaniowych. Właściwości polarne i stężenie decydują o rozpuszczalności substancji gazowych, a wielkość i konfiguracja tworzywa syntetycznego o ich dyfuzji [10]. Zagadnienie to jest jednak bardziej złożone, ponieważ materiały syntetyczne nie składają się wyłącznie z polimerów, od których pochodzi ich nazwa, ale i z innych elementów. Dlatego na przenikalność gazów przez te materiały ma także wpływ stopień polimeryzacji, długość łańcuchów, masa cząsteczkowa, obecność mostków pomiędzy łańcuchami i elementów uplastyczniających.

Do gazowego pakowania produktów spożywczych stosuje się między innymi poliester (nylon), polipropylen, dwuchlorek poliwinylidenu (PVDC), alkohol winylowoetylenowy (EVOH) i polietylen (PE). W praktyce przemysłowej stosunkowo rzadko stosowane są do tego celu pojedyncze polimery, gdyż zwykle nie mają one wszystkich niezbędnych cech folii opakowaniowej (wytrzymałość, nieprzepuszczalność i zgrzewalność) i dlatego przeprowadza się ich laminowanie. Laminaty przydatne do pakowania gazowego produktów nieoddychających to nylon-PE, nylon-PVDC-PE i nylon-EVOH-PE, w których zewnątrz warstwa nylonu zapewnia odpowiednią wytrzymałość, warstwy PVDC i EVOH zapewniają gazoszczelność, a PE umożliwia dobrą zgrzewalność materiału. Otrzymywanie przydatnych laminatów do pakowania produktów oddychających (owoce, warzywa) jest znacznie trudniejsze, gdyż muszą one utrzymywać w opakowaniu z produktem stosunkowo niskie stężenie tlenu i równocześnie uniemożliwiać nadmierny wzrost zawartości CO_2 (>10 %). Zwykle materiał używany do utrzymania takiej równowagi ma niską zawartość PE i chlorku poliwinylowego (PCV) [15].

Skład atmosfery w opakowaniach z tworzyw syntetycznych może być ustalony w czasie pakowania lub regulowany podczas przechowywania przez umieszczenie w opakowaniu odpowiednich związków absorbujących gazy (np. tlen, etylen, para wodna) albo wydzielających je (np. CO_2 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$). Zastosowanie szaszetek z absorbentem i/lub generatorem gazu jest jedną z nowatorskich koncepcji modyfikacji atmosfery.

Sposób ten jest szeroko stosowany w Japonii i wielu krajach zachodnich. Można również stosować aktywne materiały opakowaniowe z zawartością np. związków bakteriobójczych, przeciwutleniaczy, enzymów i innych. Metody te są nietoksyczne, stosunkowo tanie i bezpieczne w użyciu oraz eliminują stosowanie dodatki konserwantów chemicznych do żywności.

Mikrobiologiczne bezpieczeństwo żywności

Większość prowadzonych dotychczas badań z zakresu pakowania żywności w modyfikowanej atmosferze dotyczy zagadnień czysto technicznych. W ostatnich latach znacznie wzrosło natomiast zainteresowanie problematyką mikrobiologicznego bezpieczeństwa produktów spożywczych pakowanych w atmosferach gazowych [1, 14]. Szczególną uwagę zwraca się na możliwość występowania patogennych szczepów *Clostridium botulinum* [4, 8]. Te sporotwórcze laseczki beztlenowe, dość powszechnie występujące w przyrodzie, produkują neurotoksyny i powodują bardzo poważne zachorowania oraz związaną z tym śmiertelność. Największym problemem są proteolityczne typy B i E, dla których dolną granicą wzrostu i produkcji toksyn jest temp. 3.3°C, podczas gdy pozostałe typy serologiczne mogą się rozwijać w temperaturach wyższych od 10°C. Dotychczas nie wykazano, aby spożycie produktów przechowywanych w modyfikowanej atmosferze było przyczyną zachorowań związanych z występowaniem tych bakterii. Jednakże poważny charakter zatruc powodowanych przez te drobnoustroje i chorobotwórczość przy niskich stężeniach toksyn uzasadniają konieczność zachowania szczególnej ostrożności i troski o zdrowie konsumenta. Wyrazem tego jest zakaz w USA stosowania MA do pakowania produktów rybnych z uwagi na częste występowanie *Clostridium botulinum* (typ E) w rybach.

Przy ograniczonym dostępie tlenu mogą rozwijać się na produktach spożywczych w niskich temperaturach chłodniczych także inne bakterie chorobotwórcze, takie jak: *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica* i *Aeromonas hydrophila*. Pierwszy z wymienionych mikroorganizmów jest bardzo rozprzestrzeniony w środowisku, spotyka się go w mleku, mięsie i warzywach. Badania wykazały, że przechowywanie chłodnicze mięsa pakowanego próżniowo i w atmosferze CO₂ zwalnia, lecz nie powstrzymuje wzrostu *L. monocytogenes*, a jej rozwój jest lepszy, gdy w środowisku występuje chociaż niewielka ilość tlenu [12]. Szczególnie ważna jest obserwacja, iż drobnoustroje te rozwijają się na mięsie pakowanym w MA z zawartością tlenu, kiedy wzrost towarzyszącej tlenowej mikroflory zepsucia jest w znacznym stopniu zahamowany, a produkt jest sensorycznie akceptowany przez konsumentów, chociaż faktycznie może być niebezpieczny pod względem mikrobiologicznym. W badaniach kanadyjskich [6] stwierdzono obecność *Listerii monocytogenes* w ponad 50% prób produktów mięsnych pakowanych próżniowo. Również *Yersinia enterocolitica*, jako

względny beztlenowiec Gram-ujemny, jest zdolna do wzrostu na mięsie przechowywanym w temperaturach chłodniczych, ale zwiększone stężenia CO₂ w atmosferach gazowych wyraźnie go ograniczają [5]. Najwięcej zatruć tymi bakteriami występuje po spożyciu produktów mlecznych i mięsa. Z kolei rola *Aeromonas hydrophila* w zatruciach pokarmowych nie została definitywnie ustalona i jest raczej drugoplanowa. Mikroorganizmy te spotyka się na tuskach drobiowych, podrobach, sałatkach i jarzynach. Na mięsie pakowanym z CO₂ nie wykazują one wzrostu w temperaturach chłodniczych, ale możliwy jest ich rozwój na warzywach składowanych w KA.

Inne bakterie chorobotwórcze (*Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus*) nie rozwijają się w temperaturach niższych od 6°C i są na ogół wrażliwe na zawartość dwutlenku węgla w modyfikowanej atmosferze. Przy zachowaniu prawidłowych warunków produkcji i przechowywania żywności w atmosferach gazowych nie powinny one stanowić zagrożenia dla zdrowia konsumenta.

Podsumowanie

Podsumowując powyższe rozważania i często dyskusyjne wyniki badań należy stwierdzić, że dotychczas brak jest wystarczających informacji do przeprowadzenia gruntownej i pełnej oceny mikrobiologicznego bezpieczeństwa żywności składowanej w MA. Potrzebna jest statystyczna analiza ryzyka przy uwzględnieniu wszystkich istotnych parametrów, takich jak temperatura i czas przechowywania, charakter produktu (pH, a_w), rodzaj opakowania itp. Jednocześnie należy podkreślić, że powodzenie pakowania produktów spożywczych w modyfikowanej czy kontrolowanej atmosferze zależy od wielu czynników, a przede wszystkim od ich wysokiej jakości wyjściowej, prawidłowego doboru materiałów opakowaniowych i składu atmosfery gazowej oraz od zapewnienia optymalnych warunków składowania. Metoda pakowania w atmosferze gazowej nie może zastąpić przestrzegania zasad higieny i zachowania łańcucha chłodniczego. Przechowywanie żywności w MA wymaga utrzymania stałej temperatury chłodniczej, nie przekraczającej dla większości produktów 3°C. Nie przestrzeganie tej zasady i przerwanie łańcucha chłodniczego zwiększa ryzyko rozwoju mikroflory patogennej, nawet w obecności CO₂. To samo dotyczy również artykułów spożywczych składowanych w warunkach próżniowych. W praktyce należy się jednak liczyć z pewnym zagrożeniem bezpieczeństwa mikrobiologicznego, zwłaszcza w przypadku produktów, które przed spożyciem nie wymagają obróbki termicznej albo poddawane są tylko lekkiemu podgrzaniu. Obawy te wynikają z faktu, że atmosfera modyfikowana hamując psychrofilne drobnoustroje tlenowe, których rozwój zwykle ostrzega konsumenta o zepsuciu produktu, jednocześnie stwarza dodatkowe niebezpieczeństwo rozwoju beztlenowców lub względnych beztlenowców, w tym mikroflory patogennej. Stąd na producentów żywności spoczywa obowiązek rygorystycznego przestrzegania

zasad higieny na każdym etapie procesu produkcyjnego oraz poszukiwania nowych rozwiązań technologicznych dla zapewnienia jak najwyższej jakości mikrobiologicznej i kulinarnej gotowych wyrobów. Jednocześnie w większym niż dotąd stopniu muszą oni prowadzić edukację i uświadamianie konsumentów o specyfice tych nowoczesnych produktów żywnościowych i konieczności przestrzegania warunków przechowywania chłodniczego oraz okresów przydatności do spożycia.

LITERATURA

- [1] Church P.N.: Developments in modified-atmosphere packaging and related technologies. *Trends in Food Sci. Technol.*, **5**, 1994, 345-352.
- [2] Day A.: A perspective of modified atmosphere packaging of fresh produce in Western Europe. *Food Sci. Technol. Today*, **4**(4), 1990, 215-221.
- [3] Eustace I.J.: Some factors affecting oxygen transmission rates of plastic films for vacuum packaging of meat. *J. Food Technol.*, **16**, 1981, 73-80.
- [4] Farber J.M.: Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology - A review. *J. Food Prot.*, **54**(1), 1991, 58-70.
- [5] Gill C.O., Tan K.H.: Effect of carbon dioxide on growth of meat spoilage bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.*, **39**, 1980, 317-324.
- [6] Grau F.H., Vanderlinde P. B.: Occurrence, numbers and growth of *Listeria monocytogenes* on some vacuum-packaged processed meats. *J. Food Prot.*, **55**(1), 1991, 4-7.
- [7] Hotchkiss J. H.: Modified atmosphere packaging of poultry and related products. In: *Controlled /modified atmosphere/ vacuum packaging of foods* (L. Brody ed.). Food and Nutrition Press Inc., Trumbull, CT 1989.
- [8] Hotchkiss J. H., Banco M. J.: Influence of new packaging technologies on the growth of microorganisms in produce. *J. Food Prot.*, **55**(10), 1992, 815-820.
- [9] Lambden A.E., Chadwick D., Gill C.O.: Oxygen permeability at sub-zero temperatures of plastic films used for vacuum packaging of meat. *J. Food Sci.*, **20**, 1985, 781-783.
- [10] Leiris J.P.: La démarche emballage. *Industries Agricoles et Alimentaires*, **6**, 1993, 417-422.
- [11] Leroy Ch.: Sous-vide: Le défi des températures. *Revue des Industries Agricoles et Alimentaires*, **509**(10-12), 1993, 46-49.
- [12] Manu-Tawiah W., Myers D. J., Olson D. G., Molins R. A.: Survival and growth of *Listeria monocytogenes* and *Yersinia enterocolitica* in pork chops packaged under modified gas atmospheres. *J. Food Sci.*, **58**(3), 1993, 475-479.
- [13] Reddy N. R., Armstrong D. J., Rhodehamel E. J., Kautter D. A.: Shelf-life extension and safety concerns about fresh fishery products packaged under modified atmospheres: a review. *J. Food Safety*, **12**(2), 1992, 87-118.
- [14] Smith J.P., Ramaswamy H.S., Simpson B.K.: Developments in food packaging technology. Part II: Storage aspects. *Trends in Food Sci. Technol.*, **1**(5), 1990, 111-118.
- [15] Zagory D., Kader A.A.: Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technol.*, **42**(9), 1988, 70-77.

SOME ASPECTS OF MODIFIED ATMOSPHERE APPLICATION IN FOOD STORAGE

S u m m a r y

The development of new food packaging techniques is the answer of food technologists to the consumer demand for minimally processed, fresh products of high stability. Therefore, in this review some aspects of modified atmosphere applications for extending of food shelf life has been discussed. Special attention has been paid to the properties of used gases and packaging materials as well as to the problems of microbiological safety of food products. ❖