

IZABELA STEINKA

## WPLYW CZYNNIKÓW MIKROBIOLOGICZNYCH NA MASĘ LAMINATÓW STOSOWANYCH DO PAKOWANIA TWAROGÓW

### THE INFLUENCE OF MICROBIOLOGICAL FACTORS ON THE MASS OF PLASTICS LAMINATES USED FOR PACKAGING OF LACTIC ACID CHEESE

Katedra Towaroznawstwa i Ładunkoznawstwa  
Akademia Morska  
81-225 Gdynia, ul. Morska 81/87  
Kierownik: prof. dr hab. inż. P. Przybyłowski  
izas@am.gdynia.pl

*Przechowywanie twarogów w warunkach chłodniczych może powodować niewielkie zmiany właściwości laminatów stosowanych do pakowania produktów. Zmiany masy tych laminatów są powodowane pęcznieniem materiału opakowaniowego i oddziaływaniem mikroflory powierzchniowej twarogów. Rodzaj, liczba i interakcje między mikroorganizmami obecnymi na powierzchni twarogów wywierają wpływ na wielość i rodzaj obserwowanych zmian masy badanych laminatów.*

**Słowa kluczowe:** tworzywa sztuczne, materiały opakowaniowe, masa, twarogi, mikroflora powierzchniowa

**Key words:** plastics, packaging materials, mass, lactic acid cheese, surface micro-flora

#### WSTĘP

Interakcje opakowań z żywnością związane ze zmianami struktury opakowań interpretowane są w piśmiennictwie jako migracje substancji dodatkowych stosowanych w technologiach wytwarzania polimerów lub migracje następujące w wyniku penetracji produktu żywnościowego do polimeru opakowaniowego.

Opisywane w piśmiennictwie interakcje opakowanie-produkt postrzegane są jako jednokierunkowe i wynikają z wpływu pojedynczego czynnika na opakowania. Szczepy stosowane w praktyce do testowania wrażliwości materiałów opakowaniowych na korozję mikrobiologiczną należące do rodzajów *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Dematium* i *Chaetomium* odzwierciedlają jednokierunkowe interakcje polimery-mikroorganizmy. Wielokierunkowe interakcje między środowiskiem zewnętrznym a opakowaniami opisywali m. in. *Marian* i *wsp* [9], *Ishitani* i *wsp.* [5] *Brody* i *wsp.* [1]. Do interakcji wielokierunkowych zaliczyć można oddziaływania czynników biologicznych i biogennych na polimery opakowaniowe.

Istnieje niewiele danych na temat wyżej wymienionych oddziaływań dotyczących m.in. wpływu mikroflory powierzchniowej produktów żywnościowych i produktów ich metaboli-

zmu na polimery stanowiące opakowania tej żywności. Istniejące natomiast matematyczne prognozy jakości żywności pakowanej hermetycznie w opakowania z tworzyw sztucznych nie uwzględniają zmian opakowań [3, 10].

Oznaczenie stabilności cech określonego materiału opakowaniowego po okresie przechowywania żywności jest istotną informacją dla producenta. Obecność wielogatunkowych populacji w żywności w znacznym stopniu utrudnia prognozowanie trwałości materiałów opakowaniowych i stopnia ich podatności na korozję mikrobiologiczną. Powoduje to również utrudnienie w stabilizowaniu cech przechowywanego produktu.

Celem przedstawionych badań była ocena zmian masy opakowań PA/PE i EVAC/PVDC/EVAC pod wpływem populacji wielogatunkowej mikroorganizmów zasiedlających powierzchnię twarogów w czasie chłodniczego przechowywania tych produktów.

## MATERIAŁ I METODY

Materiał doświadczalny do badań stanowiły kwasowe sery twarogowe pakowane systemem próżniowym i bezpróżniowym oraz laminaty opakowaniowe stosowane do pakowania twarogów, tj. laminat polietylen – poliamid (PA/PE) i laminat EVAC/PVDC/EVAC - Cryovac. Twarogi pochodziły z dwóch wybranych zakładów mleczarskich, różniących się od siebie technologią pakowania produktów. Analizie poddano 16 warów twarogów, co umożliwiło zbadanie 96 próbek produktów. Pakowanie próżniowe twarogów prowadzono poprzez usuwanie 95% powietrza zawartego w opakowaniu. Stosowano podciśnienie rzędu 0,80-1,00 Pa. W twarogach pakowanych w laminaty typu Cryovac zamykanie opakowań było poprzedzone przedmuchiwaniami powierzchni twarogu azotem. Każdą partię twarogu dzielono na trzy części. Pierwszą część - twaróg świeży, przed przechowywaniem traktowano jako próbę kontrolną, pozostałe dwie przechowywano w chłodni o temperaturze  $\pm 6^{\circ}\text{C}$  przez 7 i 14 dni.

Badane opakowania stanowiły laminaty PA/PE o wymiarach 15cm x 25cm, grubości 80  $\mu\text{m}$  o przepuszczalności względem pary wodnej 1,7g/m<sup>2</sup>/d (23<sup>o</sup> C, 75% r.F.), przepuszczalności względem tlenu 56 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>8d\*bar (23<sup>o</sup> C, 75% r.F.), i 168 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>8d\*bar (23<sup>o</sup> C, 75% r.F.), względem CO<sub>2</sub>. Laminaty PA/PE posiadały granatowy nadruk. Do twarogów pakowanych systemem bezpróżniowym stosowano nieprzezroczysty, biały laminat Cryovac wytwarzany metodą koekstruzji przez firmę Grace. W badanych twarogach oznaczano liczbę mikroorganizmów występujących na powierzchni twarogów: enterokoków, drożdży, grzybów strzępkowych, gronkowców koagulazo-ujemnych i koagulazo-dodatnich, pałeczek *Escherichia coli*. W badanych twarogach oznaczano zawartość wody. Wyznaczono również masę laminatów PA/PE i Cryovac zastosowanych do pakowania twarogów.

Liczbę mikroflory z powierzchniowej warstwy twarogu oznaczano przez posiew 1 cm<sup>3</sup> dziesięciokrotnych rozcieńczeń zawiesiny przygotowanej wg Polskich Norm [11, 12]. Do oznaczenia liczby mikroorganizmów obecnych na powierzchni twarogów zastosowano: dla grzybów - podłoże selektywne YGC z chloramfenikolem, psychrotrofów- agar odżywczy, *Staphylococcus aureus*- podłoże Baird-Parker RPF, *Enterococcus sp.*– D-coccosel, *Escherichia coli* -podłoże chromogenne Coli ID, pożywki selektywne firm bioMerieux i Merck. Warunki inkubacji były zgodne z zaleceniami Polskich Norm [13, 14, 15, 16, 17]. Zawartość wody w twarogach oznaczano poprzez suszenie 3 g twarogu z 30 g piasku w temperaturze 102<sup>0</sup>  $\pm$  2<sup>0</sup> C z dokładnością do 0,001 g. [18]. Wynik przedstawiano jako zawartość wody w twarogach w przeliczeniu na 100 g produktu. Oznaczanie masy opakowań wykonywano na podstawie normy PN – 81/C-89032 [19]. Z laminatów PA/PE i Cryovac wycinano dwa kwadraty powierzchni 25 cm<sup>2</sup> i przemywano wodą destylowaną, a następnie osuszano. Masę badanych laminatów oznaczano metodą wagową po 48 godzinnym suszeniu próbek w suszarce próżniowej w podciśnieniu 0,5 atm i temperaturze 60<sup>o</sup> C z dokładnością do 0,0001g. Analizę statystyczną przeprowadzono w oparciu o pakiet w programie komputerowym *Statistica*, wersja 6,0. Wyniki oznaczeń poddano analizie regresji

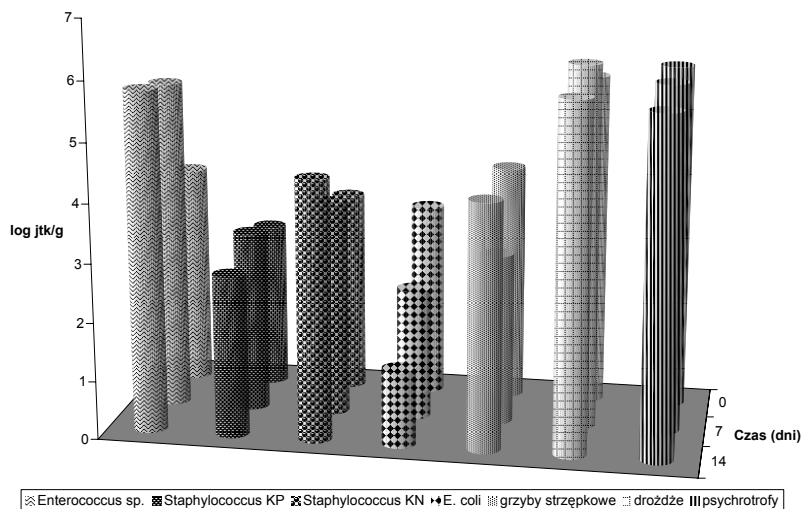
wielokrotnej w celu oceny związków zachodzących między badanymi cechami w zależności od czasu przechowywania twarogów. Wyniki masy opakowań, parametry mikrobiologiczne i fizyczne badanych twarogów poddano analizie wieloczynnikowej w celu ustalenia wpływu poszczególnych parametrów wprowadzonych równań regresji wielokrotnej.

## WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

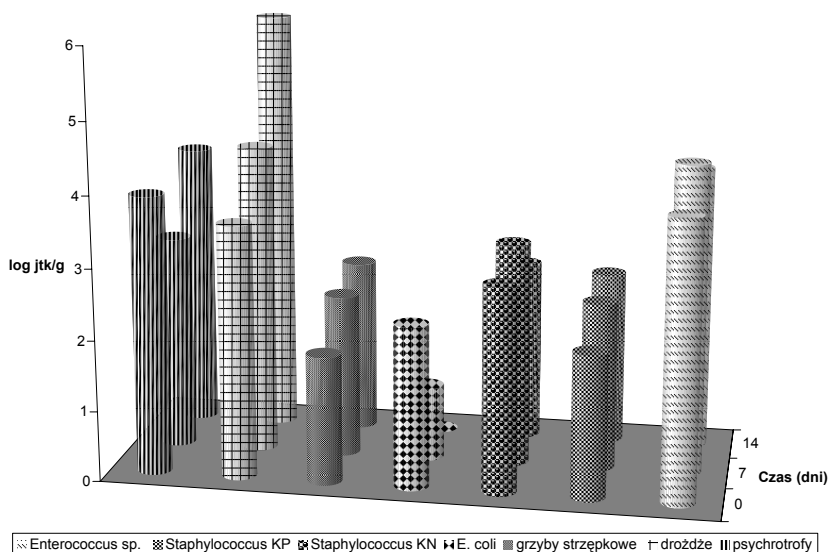
Badania mikrobiologiczne mikroflory powierzchniowej wykazały zróżnicowaną jakość twarogów pakowanych w oba rodzaje opakowań. Poszczególne wielkości populacji bakterii względnie tlenowych oraz grzybów i psychrotrofów przedstawiono na rycinach 1 i 2. Wielkości populacji tych mikroorganizmów przed przechowywaniem w twarogach pakowanych w laminat PA/PE wahały się na poziomie od 1,95-3,27 log cfu/g dla gronkowców koagulazododatnich i 2,14-3,91 log cfu/g dla gronkowców koagulazo-ujemnych. Stwierdzano wysokie wartości początkowego zanieczyszczenia twarogów psychrotrofami dochodzące nawet do 6,69 log cfu/g i drożdżami (4,81-6,17 log cfu/g).

W twarogach pakowanych w PA/PE wielkość populacji grzybów strzępkowych wynosiła średnio 4,05 log cfu/g a enterokoków 3,78. Początkowe poziomy enterokoków i gronkowców w twarogach pakowanych w laminat Cryovac były zbliżone. Średnie wielkości populacji grzybów strzępkowych, drożdży i psychrotrofów były jednak niższe o 1 do 2,5 cykli logarytmicznych w porównaniu ze stopniem zanieczyszczenia twarogów pochodzących z opakowań PA/PE. Stwierdzono zróżnicowane zanieczyszczenia mikrobiologiczne twarogów pakowanych w laminaty PA/PE i Cryovac również po 14 dniach przechowywania tych produktów (Ryc.1 i 2)

W czasie przechowywania twarogów obserwowano nieznaczną zmienność masy opakowań w zależności od czasu przechowywania i systemu pakowania. Stwierdzono wysoką



Ryc. 1. Zmiany liczby mikroflory powierzchniowej twarogów pakowanych w laminaty PA/PE  
 Fig. 1. Changes of surface micro-flora count in lactic acid cheese packed with PA/PE film



Ryc. 2. Zmiany mikroflory powierzchniowej twarogów pakowanych w laminat Cryovac  
 Fig. 2. Changes of surface micro-flora count in lactic acid cheese packed with Cryovac film

korelację liniową między masą laminatów po 7 i 14 dniach przechowywania. Analiza wieloczynnikowa wykazała, że zmiany masy laminatów Cryovac zachodzące po 7 dniach przechowywania twarogów determinowały 68,47% zmienności masy po 14 dniach. Zależność ta w opakowaniach z laminatów PA/PE wynosiła 0,023 wskazując na niski wpływ procesu przechowywania przez 7 dni na zmiany masy obserwowane po 14 dniach (Tab.I).

W czasie przechowywania twarogów obserwowano zróżnicowane w zależności od systemu pakowania zmiany fazy wodnej produktów. Krążenie wody między powierzchnią twarogów i opakowań było determinowane barierowością laminatów względem pary wodnej oraz metabolizmem mikroflory powierzchniowej (Tab.II).

Wartości współczynników korelacji cząstkowej między zmiennymi uzyskane w równaniach regresji wielokrotnej wskazywały na wpływ wody oraz interakcji między obecnymi w produkcie drobnoustrojami na kształtowanie zmian masy laminatów

W twarogach pakowanych w laminat Cryovac zmiany masy były zaledwie w 0,04% determinowane krążeniem wody wewnątrz opakowania, natomiast zmienność populacji mikroorganizmów w 28,13% samodzielnie objaśniała wahania masy opakowania. Stwierdzono przeciętną korelację między zawartością wody w produkcie i masą opakowań z PA/PE w czasie przechowywania oraz brak istotnej korelacji między zmiennością ilości wody wewnątrz opakowania i masą laminatów opakowaniowych typu Cryovac (Tab. I).

Analiza danych potwierdziła istotny wpływ niektórych drobnoustrojów na kształtowanie masy obu rodzajów opakowań w czasie chłodniczego przechowywania twarogów (Tab. III). Uzyskane współczynniki determinacji  $R^2$  dla równań regresji przybierały odpowiednio wartości 0,2618 dla laminatów PA/PE i 0,2311 dla opakowań typu Cryovac. Cytowane war-

Tabela I. Zmiany masy opakowań w czasie przechowywania twarogów  
Changes of packaging mass during storage of lactic acid cheese

Oznaczany parametr	Laminat PA/PE			Laminat EVAC/PVDC/EVAC		
	Czas przechowywania (dni)					
	0	7	14	0	7	14
Masa 25 cm <sup>2</sup> laminatów [g]	0,2129	0,2955	0,2030	0,1669	0,1670	0,1688
	0,1996	0,1978	0,1993	0,1647	0,1604	0,1526
	0,2612	0,2603	0,2574	0,1513	0,1570	0,1578
	0,2066	0,2117	0,2117	0,1523	0,1622	0,1636
	0,2556	0,2611	0,2497	0,1647	0,1594	0,1599
	0,2210	0,2259	0,2219	0,1592	0,1622	0,1648
	0,2009	0,2030	0,2049	0,1560	0,1528	0,1526
	0,2197	0,2181	0,2209	0,1664	0,1670	0,1701
Wartości średnie	0,2221	0,2229	0,2211	0,16018	0,1610	0,1612
Odchylenie standardowe średniej	0,0237	0,0249	0,0216	0,0063	0,0047	0,0067
Równania korelacji w zależności od początkowej masy	$M_{p_{14}}=0,0273+0,1265M_0 +$ $r_7=0,1517 R_7^2=0,0230$			$M_{b_{14}}=-0,0271-0,2728M_0+1,4417M_7$ $r_7=0,8275 R_7^2=0,6847$		
Zmiany masy w zależności od wody	$M=0,702113-0,0001666t-0,006609W$ $r=0,4511$ $r_t=-0,04331$ $r_w=-0,4507 R^2=0,2031$			$M=0,1666761+0,00071t-0,000088W$ $r=0,0811$ $r_t=0,0676$ $r_w=-0,206 R^2=0,0424$		

$r_7$  współczynnik korelacji cząstkowej,  $r_t$ ,  $r_w$  – współczynniki korelacji cząstkowej  $r$  – współczynnik korelacji liniowej,  $R^2$  – współczynnik determinacji

Tabela II. Zawartość wody w twarogach pakowanych w laminaty EVAC/PVDC/EVAC i PA/PE  
Content of water in lactic acid cheese packed with EVAC/PVDC/EVAC and PA/PE

Oznaczany parametr	Laminat PA/PE			Laminat E/VAC/PVDC/E/VAC		
	Czas przechowywania (dni)					
	0	7	14	0	7	14
Zawartość wody g/100g $\bar{x}$	73,0	71,7	72,8	74,2	72,9	73,1
Zakres	72,1	68,5	70,7	73,6	69,4	72,0
	74,2	75,0	74,8	75,0	76,5	75,0
Odchylenie standardowe średniej	0,2659	0,7717	0,4352	0,4267	2,1563	0,9085

tości dotyczyły zależności między rozwojem populacji mikroorganizmów takich jak pałeczki *Escherichia coli*, gronkowce i enterokoki a zmiennością masy opakowań (Tab. III)

Obserwowane po 14 dniach przechowywania zmiany populacji grzybów wskazywały na zróżnicowaną dynamikę wzrostu w zależności od systemu pakowania twarogów. Zmienność

populacji tych mikroorganizmów nie wpływała jednak na zmiany masy laminatów PA/PE (Tab. III). Na podstawie analizy czynnikowej można było określić, że zaledwie 1,79% zmienności masy w czasie przechowywania twarogów w opakowaniach cryovac było wywołowanych rozwojem populacji drożdży w produkcji.

Tabela III. Równania opisujące zmiany masy opakowań w czasie przechowywania twarogów w zależności od czynników fizycznych i mikrobiologicznych  
Equations describing of packing mass during storage of lactic acid cheese depending on physical and microbiological factors

Zależność zmiany masy laminatów od czynników biotycznych i abiotycznych	Laminat PA/PE	Laminat EVAC/PVDC/EVAC
	Postać równań	
Zmiany masy w zależności od czasu przechowywania	$M=0,22261-0,001t$ $r=-0,0202$	$M=0,160277+0,00078t$ $r=0,0785$
Model zmian w zależności od istotnych czynników mikrobiologicznych	$M=0,222077+0,00002EC-0,000005GKP$ $r=0,5117$ $R^2=2618$	$M=0,160052+0,000009EC-0,000005GKP+0,000002G$ $r=0,4808$ $R^2=2311$
Zmiany masy w zależności od populacji enterokoków	$M=0,222-0,002t-1,697e-8E+2,053e-4t^2-3,049e-9tE+1,735e-14E^2$ $r=0,1432$ $R^2=0,0205$	$M=0,222-0,002t-1,697e-8E+2,053e-4t^2-3,049e-9tE+1,735e-14E^2$ $r=0,2629$ $R^2=0,0691$
Zmiany masy w zależności od populacji <i>Escherichia coli</i>	$M=0,221-0,002t-1,047e-5EC+1,291e-4t^2+8,852e-6tEC+1,236e-9(EC)^2$ $r=0,2431$ $R^2=0,0590$	$M=0,158+3,89e-4t+1,694e-5EC-9,548e-6t^2+6,444e-6tEC-8,777e-9(EC)^2$ $r=0,3035$ $R^2=0,0921$
Zmiany masy w zależności od populacji <i>Staphylococcus aureus</i> w czasie przechowywania	$M=0,21+0,004t+1,93e-6GKN-2,27e-4t^2-7255e-7tGKN+3,838e-11(GKN)^2$ $r=-0,3572$ $R^2=0,1275$	$M=0,16+2,422e-4T-1,721-6GKP-3,338e-6t-6,289e-7tGKP+2,983e-9(GKP)^2$ $r=-0,2908$ $R^2=0,0891$
Zmiany masy w zależności od interakcji z mikroflorą powierzchniową ( <i>Staphylococcus aureus</i> koagulazo-dodatnie, <i>Staphylococcus aureus</i> koagulazo-ujemne, <i>Enterococcus</i> , <i>Escherichia coli</i> )	$M=0,235-1,778e-5GKP-2,062e-6GKP+7,511e-10(GKP)^2+2,639e-9GKP*GKU+6,569e-12(GKN)^2$ $R^2=0,2618$	$M=0,16+2,54e-7E-1,995e-4EC-1,551e-12(E)^2+1,719e-9E*EC+4,113e-7E^2$ $R^2=0,2311$

W – woda, M- masa, t -czas przechowywania, G-grzyby strzępkowe, GKP-*Staphylococcus aureus* koagulazo-dodatnie, GKN- *Staphylococcus koagulazo-ujemne*, EC- *Escherichia coli*, E- *Enterococcus* sp., e-  $\log_{10}$ , r - współczynniki korelacji liniowej

Wyznaczone dla poszczególnych rodzajów i grup mikroorganizmów współczynniki korelacji cząstkowej (Tab.III) wskazywały na różnicowany wpływ poszczególnych drobnoustrojów na zmiany masy opakowań.

Na podstawie wyników analizy czynnikowej stwierdzono, że najbardziej istotny wpływ na masę obu rodzajów opakowań wykazywały gronkowce. Zmiennością ich populacji można

było tłumaczyć 12,75 % i 8,9 % wariacji zmian masy opakowań z PA/PE i laminatu Cryovac.

Liczba *Staphylococcus aureus* koagulazo-ujemnych w produktach zapakowanych w laminat PA/PE ulegała zmianie o jeden cykl logarytmiczny po 14 dniach przechowywania. W twarogach pakowanych w Cryovac poziom gronkowców koagulazo-ujemnych w tym czasie pozostawał na niezmiennym poziomie, a koagulazo-dodatnich wykazywała wzrost o 0,4 log cfu/g.

Wyznaczone współczynniki korelacji cząstkowej w obu systemach pakowania przybierały wartości ujemne dla zależności masy od rozwoju populacji gronkowców (Tab. III).

W odróżnieniu od opakowań typu cryovac - lamianty poliamidowo-polietylenowe cechowała słaba korelacja między zmianami masy opakowań a czasem przechowywania produktu w niskiej temperaturze (Tab.III).

Wśród czynników biologicznych odpowiedzialnych za kształtowanie masy opakowań typu Cryovac najistotniejszy wpływ wywierały gronkowce. Wartości współczynników korelacji liniowej dla równań opisujących zależności między rozwojem ich populacji a zmianami masy laminatu Cryovac kształtowały się na poziomie 0,2629 do 0,3035 (Tab. III).

Zmienność masy w przypadku obu rodzajów laminatów wykazywała również zależność od liczebności populacji pałeczek *Escherichia coli* w produktach. Zmiany masy obu rodzajów laminatów mogły być w 5,9% ( $R^2=0,0590$ ) objaśniane wpływem populacji *Escherichia coli* w przypadku PA/PE i w 9,2% ( $R^2=0,0921$ ) w opakowaniach typu cryovac.

W twarogach pakowanych próżniowo w PA/PE wielkość zmian populacji *Escherichia coli* w 14 dniowym okresie przechowywania produktów wynosiła 2 cykle logarytmiczne.

Zmiany masy opakowań w czasie przechowywania twarogów pakowanych w oba rodzaje opakowań w zależności od istotnych statystycznie czynników biologicznych można było opisać za pomocą równań prezentowanych poniżej (1) i (2).

Dla laminatów PA/PE :

$$Y=a+bx_1-cx_2 \quad (1)$$

Dla laminatów Cryovac:

$$Y=a+ bx_1 -cx_2 +dx_3 \quad (2)$$

W których:

$x_1$  - liczba pałeczek *Escherichia coli*,  $x_2$  -liczba gronkowców koagulazo-dodatnich ,

$x_3$  - liczba grzybów strzępkowych

Współczynniki korelacji wyznaczone dla tych równań były zbliżone ( $r= 0,5117, 0,4808$ ) (Tab.III)

Zmiany masy opakowań w zależności od czynników biologicznych w czasie przechowywania produktów można było wyrazić za pomocą równań wielomianowych drugiego rzędu (Tab. III). Równania, których graficznym obrazem są modele powierzchni odpowiedzi wskazywały bowiem na istotny wpływ interakcji między mikroorganizmami i ich udział w kształtowaniu właściwości fizycznych opakowań po przechowywaniu produktów.

## DYSKUSJA WYNIKÓW

Spośród wielu modeli matematycznych opisujących zmiany w strukturze opakowań niewiele podejmuje próbę oceny zależności tych zmian od czynników biologicznych warunkowanych rodzajem stosowanego polimeru. Brak jest więc takich modeli, które byłyby próbą



oceny zależności zmian masy opakowań od jakości mikrobiologicznej produktów i wpływu tych czynników na właściwości opakowań w czasie przechowywania żywności.

Rozkład materiałów opakowaniowych w różnych składowiskach jest procesem wymuszonym, celowym i długotrwałym. W przypadku pakowanej żywności obecność tworzącego się wielogatunkowego biofilmu na powierzchni opakowania wynikająca z kontaktu z produktem żywnościowym może powodować zainicjowanie nieznacznej korozji mikrobiologicznej. W opakowaniach polistyrenowych wzrost mikroflory produktów jest na przykład odpowiedzialny za zmiany sztywności opakowań w czasie przechowywania [7]. Rozwój i metabolizm mikroorganizmów wewnątrz opakowań jest zależny od rodzaju i modyfikacji materiału opakowaniowego. W laminatach PE/ tektura wzrost laseczek tlenowych powoduje efektywne wydzielanie enzymów zdolnych do powolnego rozkładu komponentów laminatu.

Łabużek i wsp. [8] stwierdzili, że możliwy jest słaby wzrost *Aspergillus niger*, *Penicillium funiculosum* i *Trichoderma viridae* po 28 dniach eksponowania folii PE na oddziaływanie grzybów. W wyniku 84 dniowego wzrostu *Aspergillus niger* na powierzchni folii stwierdzono ubytek masy opakowania na poziomie od 0,21% do 0,16 %.

W prezentowanych badaniach nie stwierdzono wpływu grzybów strzępkowych na kształtowanie zmian masy żadnego z opakowań co było prawdopodobnie spowodowane krótkim czasem eksponowania opakowań na oddziaływanie mikroflory powierzchni twarogów.

Obraz mikroskopowy folii PA/PE po 14 dniach przechowywania obserwowany w naszych wcześniejszych badaniach wykazywał nieznaczne zmiany fazy krystalicznej w strukturze materiału [22].

Badania Rutkowskiej i wsp. wykazały, że mogą występować zmiany wytrzymałości opakowań PA/PE na rozciąganie w wyniku 21 dniowego kontaktu z pałeczkami *Lactococcus sp.* o wielkości populacji  $8 \log \text{cfu g}^{-1}$  [20]. Jest to ten poziom populacji bakterii fermentacji mlekowej, który charakteryzować powinien twarog dobrej jakości.

W pierwszym tygodniu przechowywania twarogów obserwowany wzrost masy opakowań PA/PE mógł być wynikiem sorpcji wody przez poliamid. Z danych piśmiennictwa wynika, że liczba grup strukturalnych w poliamidzie odpowiada za podatność na pochłanianie wilgoci [6]. Spadek masy tego laminatu w drugim tygodniu przechowywania produktów jest prawdopodobnie wynikiem interakcji opakowania z mikroflorą powierzchniową twarogów.

W niniejszych badaniach 14 dniowy kontakt badanego twarogu z opakowaniami mógł stanowić przyczynę, dla której mikroflora powierzchniowa była odpowiedzialna za różne dla obu rodzajów opakowań zmiany masy polimerów.

Uzyskane wyniki badań wskazują na istotne znaczenie wielkości populacji i interakcji między populacjami takich mikroorganizmów jak enterokoki, gronkowce polimerów *Escherichia coli* na kształtowaniu właściwości tych opakowań.

Właściwości fizyczne polimerów stanowiących opakowania twarogów po ich przechowywaniu były zależne od rodzaju populacji mikroorganizmów zasiedlających powierzchnie produktów. Bakterie względnie beztlenowe wykazywały znaczący wpływ na stabilność masy opakowań po 14 dniach przechowywania. Wymienione bakterie posiadając zdolność do syntezy pozakomórkowych esteraz, mogły przyczynić się do zmian właściwości badanych laminatów opakowaniowych.

Z piśmiennictwa wynika, że 95% szczepów gronkowców jest zdolna do wydzielania do środowiska aktywnych lipaz [24]. Shryock i wsp. charakteryzując te enzymy sugerują ich wyjątkową aktywność w rozszczepianiu długołańcuchowych nienasyconych kwasów tłuszcz-



czowych [21]. Zdolność do syntetyzowania lipaz wykazują również komórki enterokoków aczkolwiek aktywność tych enzymów Centeno i wsp. określali jako średnią [2].

Niski stopień zmian masy opakowań przez grzyby mógł być powodowany tym, że enzymy syntetyzowane przez te mikroorganizmy należały do grupy fosfolipaz [25]. Biorąc pod uwagę, że w przypadku zmian masy laminatów stwierdzano również udział pałeczek *Escherichia coli* zdolnych do wydzielania esteraz należy przypuszczać, że obserwowane procesy mogły mieć charakter korozji mikrobiologicznej. Zmiany masy wynikały prawdopodobnie nie tylko z aktywności bakteryjnych esteraz ale także z wzmożonej aktywności metabolicznej objawiającej się wydzielaniem kwasów organicznych takich jak kwas octowy, mlekowy, oraz zmian barierowości opakowań względem tlenu i dwutlenku węgla obserwowanych we wcześniejszych badaniach własnych [22].

Uzyskane dane wskazują na potrzebę prowadzenia badań związanych ze zmianami właściwości opakowań w czasie przechowywania w nich żywności charakteryzującej się określonym poziomem bakterii względnie beztlenowych.

W piśmiennictwie zagranicznym wśród modeli uwzględniających interakcje pomiędzy opakowaniem a produktem na uwagę zasługuje jedynie model Han i wsp. [4].

Występowanie oddziaływań między mikroflorą a opakowaniami, ocenianych w niniejszych badaniach powoduje, że istnieje konieczność dalszego poszukiwania odpowiednich modeli matematycznych do opisu zachodzących zmian.

## WNIOSKI

1. Stwierdzono istotny wpływ gronkowców, enterokoków i pałeczek *Escherichia coli* na zmiany masy obu badanych laminatów.
2. Konieczność stosowania równań drugiego rzędu o dwu zmiennych do opisu zmian właściwości fizycznych polimerów wskazują na istotny wpływ interakcji między mikroflorą powierzchniową na masę badanych laminatów.
3. Interakcje między mikroflorą powierzchniową twarogów w mniejszym stopniu wpływały na zmienność masy laminatów Cryovac w porównaniu z oddziaływaniem na opakowania z laminatu PA/PE.

### I. Steinka

#### WPLYW CZYNNIKÓW MIKROBIOLOGICZNYCH NA MASĘ LAMINATÓW STOSOWANYCH DO PAKOWANIA TWAROGÓW

##### Streszczenie

Celem pracy była ocena zmian fizycznych opakowań z laminatów PA/PE i Cryovac EVAC/PVDC/ EVAC stosowanych do pakowania twarogów po przechowywaniu produktów w warunkach chłodniczych. Fluktuacja wody w produkcie, spęcznienie opakowania były powodem zmian masy opakowań. Zmiany masy opakowań mogły być również wywoływane przez interakcje między mikroorganizmami obecnymi w produkcie. Stwierdzono, że gronkowce enterokoki i *Escherichia coli* w największym stopniu przyczyniały się do obserwowanych zmian masy badanych laminatów o składzie PA/PE i Cryovac EVAC/PVDC/ EVAC. Cryovac wykazywał mniejszą podatność na wpływ czynników mikrobiologicz-

nych w porównaniu z laminatem PA/PE. Zmiany najlepiej odzwierciedlały modele powierzchni odpowiedzi opisane za pomocą wielomianów drugiego rzędu.

I. Steinka

## THE INFLUENCE OF MICROBIOLOGICAL FACTORS ON THE MASS OF PLASTICS LAMINATES USED FOR PACKAGING OF LACTIC ACID CHEESE

### Summary

The study aimed at assessing changes of physical properties of package lactic acid cheese and the PA/PE and Cryovac laminates after storage of this products. The fluctuation of water in the product and swelling of packaging caused changes in their mass. The changes in the packaging mass could also result from the interactions between micro-organisms present in product. It was found that *staphylococci*, *enterococci* and *Escherichia coli* were the micro-organisms that had contributed to changes of packaging mass to a highest degree. Changes were described with the help of response surface models.

### PIŚMIENNICTWO

1. Brody A.L., Budny J.A.: Enzymes as Active Packaging Agents Active Food Packaging Bleckie Academic & Professional, London, 1995, 174-192.
2. Centeno J.A., Izco J. M.: Enterococci In Foods Functional and Safety Apects, 2002, ECP FAIR-CT97-3078.
3. Devlieghere F., Debevere j., van Impe.: Dissolved Carbon Dioxide in Water-Phase as a Parametr to Model the Effect of Modified Atmosphere on Micro-Organisms Int. J. Food Microbiol., 1998; 43,105-113.
4. Han J.H., Floros J.: Food Sci. Biotechnol., Antimicrobial Activity Loss Potassium Sorbate Against Baker's Yeast after Heat Process to Develop Antimicrobial Food Packaging Materials 1999, 8,1, 11-14.
5. Ishitani T.: Active Packaging for Food Quality Preservation in Japan, Food Packaging Materials. Chemical Interaction The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1995, 177-188.
6. Jezińska R.: Wpływ metylomaleinianu rycynolo-2oksazoliny na strukturę oraz właściwości mieszanin poliamidu 6 i polietylenu małej gęstości, Polimery, 2004, 49, 9, 623-633.
7. Linssen J.P.H., Janssen J.L.G.M., Reitsma J.C.E., Roozen J.P.: Taste Recognition Tresehold Concentration of Styrene in Foods and Food The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1995, 74-78.
8. Labużek S., Pająk J., Nowak B., Majdiuk E., Karcz J.: Biodegradacja polietylenu modyfikowanego poliestrem „Binole” Polimery, 2002, 47, 4, 256-261.
9. Marin A.B., Acreet E., Hotchkiss J.H.: Gas Chromatography–Olfactometry (GCO) of Orange Juice to Assess the Effects of Plastic Polymers on Aroma Characte J. Agricult. Food Chem. 1992, 40, 650-654.
10. Nicolai B.M., Van Impe J.F., Verlinden B., Martens T., Vandewalle J., De Baerdsmaeker J.: Predictive Modelling of Surface Growth of Lactic Acid Bacteria in Vacuum-Packed Meat Food Microbiol. 1993, 10, 229-238.
11. PN-93/A-86034/02 Mleko i przetwory mleczarskie. Badania mikrobiologiczne. Ogólne zasady badań.
12. PN-93 A 86034/03 Mleko i przetwory mleczarskie. Badania mikrobiologiczne. Przygotowanie próbek i rozcieńczeń.

13. PN-93/A-86034/06 Mleko i przetwory mleczarskie. Badania mikrobiologiczne. Drobnoustroje psychrotrofowe-oznaczanie liczby metodą płytkową w temperaturze 6,5 i 21<sup>o</sup> C.
14. PN-93/A-86034/07 Mleko i przetwory mleczarskie. Badania mikrobiologiczne. Pleśnie i drożdże – oznaczanie liczby metodą płytkową w temperaturze 25<sup>o</sup> C.
15. PN-93/A-86034/09 Mleko i przetwory mleczarskie. Badania mikrobiologiczne. *Escherichia coli* - wykrywanie obecności i oznaczanie najbardziej prawdopodobnej liczby (NPL).
16. PN-93/A-86034/10 Mleko i przetwory mleczarskie. Badania mikrobiologiczne. Enterokoki – wykrywanie obecności, oznaczanie metodą płytkową.
17. PN 93/A-86034/13 Mleko i przetwory mleczarskie. Badania mikrobiologiczne. *Staphylococcus aureus* (gronkowce chorobotwórcze) - wykrywanie obecności, oznaczanie najbardziej prawdopodobnej liczby (NPL), oznaczanie liczby metodą płytkową.
18. PN 73/A-86232 Mleko i przetwory mleczarskie- sery. Metody badań.
19. PN-81/C89032 Tworzywa sztuczne. Oznaczanie chłonności wody.
20. Rutkowska M., Steinka I., Morawska M.: Investigation on properties of materials used for fermented food packaging, *Advanced Analysis Exploring Biological Systems in Food*, Olsztyn, 3-7.09. 2003, 76.
21. Shryock T.R., Kapral F.A.: The production of bactericidal fatty AIDS from glycerides in staphylococcal abscesses, *J. Med. Microbiol.*, 1992, 36, 4, 288-292.
22. Steinka I.: Ocena wpływu czynników biogennych na zmiany struktury i masy laminatów PA/PE, *Materiały Naukowe Konferencji Rozkład i korozja mikrobiologiczna materiałów technicznych*, Łódź, 2000,82.
23. Steinka I.: Ocena wpływu czynników biogennych na zmiany struktury i masy laminatów PA/PE, *Materiały Naukowe Konferencji Rozkład i Korozja Mikrobiologiczna Materiałów Technicznych*, Łódź 2003, 119-123.
24. Tyski S., Ciborowski.P., Hryniewicz W., Jelaszewicz J.: Lipolytic and proteolytic properties of staphylococci, *Zentralbl Bacteriol. Hyg.* 1983, 254 (4), 452-458
25. Yang Y.,L.J.: Virulence factors of *Candida* species, *Microbiol. Immunol. Infect.*, 2003, 36, 223-228.

