

HELENA PANFIL-KUNCEWICZ, ANNA LIS, MONIKA MAJEWSKA

## WPLYW OPAKOWAŃ AKTYWNYCH NA TRWAŁOŚĆ MIKROBIOLOGICZNĄ I CECHY SENSORYCZNE SERÓW TWAROGOWYCH

### Streszczenie

W pracy zastosowano absorbery tlenu (AP – *active packaging*) do pakowania serów twarogowych. Materiał porównawczy stanowiły sery pakowane w MAP (*modified atmosphere packaging*) i sery kontrolne pakowane w powietrzu. Zapakowane próbki przechowywano przez 7, 14 i 21 dni w warunkach chłodniczych. W opakowaniach twarogów świeżych i przechowywanych oznaczono skład atmosfery, a próbki serów poddano analizie mikrobiologicznej i ocenie sensorycznej. Oznaczono liczbę bakterii z grupy coli oraz liczbę drożdży i pleśni. Wykazano, że w całym okresie przechowywania zawartość tlenu w AP i MAP była bardzo mała i wahała się od 0,00 % w opakowaniach z absorberem tlenu do 0,76 % w opakowaniach MAP. Pochłaniacze tlenu skutecznie obniżały zawartość tlenu w opakowaniach serów twarogowych do ilości śladowych. Wyniki analizy mikrobiologicznej serów kwasowych jednoznacznie wskazują, że pakowanie w atmosferze 100 % CO<sub>2</sub> najskuteczniej hamowało rozwój badanych grup drobnoustrojów, przedłużając ich trwałość do 21 dni. Pakowanie aktywne pozwoliło na utrzymanie w normie liczby drobnoustrojów jedynie do 14. dnia. Podobne zależności zaobserwowano w ocenie cech sensorycznych twarogów metodą stopniowania.

**Słowa kluczowe:** sery twarogowe, trwałość, modyfikowana atmosfera, pakowanie aktywne, absorbery tlenu

### Wprowadzenie

Sery twarogowe należą do grupy wyrobów mleczarskich charakteryzujących się krótką trwałością z uwagi na: skład chemiczny, obecność aktywnej mikroflory kwaszającej oraz wysoką aktywność wody [19]. Trwałość serów może ulec zmniejszeniu na skutek rozwoju mikroflory zanieczyszczającej pochodzącej z surowca lub reinfekcji [4, 13]. Jakość przechowalniczą serów twarogowych można wydłużyć przez zachowanie

---

*Prof. dr hab. H. Panfil-Kuncewicz, mgr inż. A. Lis, mgr inż. M. Majewska, Katedra Mleczarstwa i Zarządzania Jakością, Wydz. Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. Ocza-powskiego 7, 10-719 Olsztyn. Kontakt: panfil@uwmedu.pl*

higienicznych warunków podczas procesu produkcji, dobór odpowiednich opakowań oraz chłodnicze warunki przechowywania [28].

Jednym z ważniejszych czynników ograniczających trwałość twarogów jest obecność tlenu w opakowaniach tych produktów. Gaz ten stymuluje rozwój drobnoustrojów tlenowych w twarogach, powoduje utlenianie jego składników, a przez to zmienia cechy sensoryczne oraz wartość odżywczą. Usunięcie tlenu z opakowań jest jednym z nadrzędnych celów nowoczesnego pakowania żywności, w tym również twarogów [19, 29]. Można to osiągnąć w pakowaniu próżniowym i pakowaniu w modyfikowanej atmosferze. Obie metody są stosowane z powodzeniem do pakowania serów dojrzewających i twarogowych [16, 17, 19].

Innowacyjnym sposobem modyfikacji atmosfery jest pakowanie aktywne (AP), które obejmuje interakcje pomiędzy składnikami elementu aktywnego (np. z substancją aktywną zamkniętą w saszetkach) i wewnętrzną atmosferą gazową opakowania, modyfikując ją w korzystnym dla produktu kierunku. W krajach zachodnich metody te wdrażane są do pakowania produktów mleczarskich [5, 10, 14].

Całkowite usunięcie tlenu z opakowań nie jest praktycznie możliwe. Celowi temu służą absorbery tlenu, których działanie polega na utlenieniu takich substancji, jak: żelazo, kwas askorbinowy, pirokatechina, nienasycone kwasy tłuszczowe lub zastosowanie enzymatycznych katalizatorów utleniania. Absorbery powinny pochłaniać tlen z opakowania do wartości poniżej 0,01 % i utrzymać ten poziom podczas dystrybucji oraz przechowywania produktów. W efekcie okres trwałości tak zapakowanych produktów może być dłuższy [5, 29].

W niektórych produktach spożywczych usunięcie tlenu wydaje się wystarczające do przedłużenia ich trwałości i w takich przypadkach możliwe jest samodzielne zastosowanie absorberów tlenu bez uprzedniej modyfikacji atmosfery w opakowaniach (np. wprowadzenie działającego bakteriostatycznie i bakteriobójczo ditlenku węgla).

Celem pracy była ocena wpływu zastosowanych absorberów tlenu do pakowania serów twarogowych i określenie ich trwałości.

### **Material i metody badań**

Material doświadczalny stanowiły sery twarogowe kwasowe, półtłuste, pochodzące od losowo wybranego producenta, zakupione w terminie jednego do dwóch dni od daty produkcji. Po dostarczeniu do laboratorium Katedry Mleczarstwa i Zarządzania Jakością w Olsztynie sery dzielono na porcje ok.  $(150 \pm 20)$  g i pakowano trzema różnymi metodami: w atmosferze powietrza (próba kontrolna); aktywnie (w atmosferze powietrza modyfikowanej za pomocą absorberów tlenu FT 210 w formie saszetek, firmy ATCO) – AP; w atmosferze modyfikowanej tradycyjnie (100 % CO<sub>2</sub>) – MAP. Do pakowania serów wymienionymi sposobami używano woreczków z folii barierowej PA//PA//PE/PE-EVA o grubości 70 µm i pojemności ok. 500 cm<sup>3</sup>, a zamknięcia

dokonywano za pomocą pakowarki jednokomorowej Multivac C300. Zapakowany ser twarogowy przechowywano w warunkach chłodniczych ( $6 \pm 0,5$  °C) przez 21 dni. Analizom poddawano próbki sera świeżego oraz po 7, 14 i 21 dniach przechowywania. Łącznie przebadano 3 partie produkcyjne wyrobu z ogólną liczbą 90 kostek sera twarogowego. Wyniki poszczególnych analiz przedstawiono jako wartość średnią z trzech partii sera. Zarówno w serach świeżych, jak i przechowywanych oznaczano zawartość gazów w opakowaniu oraz przeprowadzono analizę mikrobiologiczną i ocenę sensoryczną.

#### *Zawartość gazów w opakowaniu [%]*

W opakowaniach różnych wariantów sera kwasowego każdorazowo oznaczano zawartość atmosfery w opakowaniach (% O<sub>2</sub> i % CO<sub>2</sub>, ilość azotu wyliczano z różnicy) za pomocą analizatora gazów CheckMate3 firmy PBI-Dansensor. Tok postępowania był zgodny z instrukcją aparatu. Oznaczenie składu gazów [%] w opakowaniach twarogów wykonywano w trzech powtórzeniach.

#### *Analiza mikrobiologiczna*

Badania mikrobiologiczne obejmowały oznaczenia liczby bakterii z grupy coli na podłożu pożywki agarowej z fioletem krystalicznym, czerwienią obojętną, solami żółci i laktozą (VRBL – Merck) oraz liczby żywych jednostek tworzących kolonie [jtk] drożdży i pleśni na podłożu selektywnym z ekstraktem drożdżowym, glukozą i chloramfenikolem (YGC – Merck) metodą płytkową. Przygotowanie próbek, w tym posiewy i warunki inkubacji, wykonywano zgodnie z normami: PN-93/A-86034/08 [22] oraz PN-ISO 6611:2007 [25].

#### *Ocena sensoryczna*

Sery twarogowe oceniano sensorycznie z zastosowaniem 5-punktowej skali ocen. Kryteria ocen i wyróżniki ustalano w wyniku dyskusji oraz weryfikacji [3, 23, 24] i przedstawiono w tab. 1. Do analitycznej charakterystyki badanego produktu zastosowano metodę stopniowania, w której uwzględniono 5 jednostkowych wyróżników jakościowych, w tym wyróżniki barwy, wyglądu zewnętrznego/przekroju, struktury i konsystencji, zapachu oraz smaku zgodnie z zasadami ww. metody. Oceny próbek zakodowanych dokonywał pięcioosobowy zespół oceniający przeszkolony i doświadczony w wykonywaniu analiz sensorycznych metodą stopniowania w odniesieniu do oceny serów twarogowych.

#### *Analiza statystyczna*

Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej za pomocą arkusza kalkulacyjnego Excel 2007. Uzyskane wyniki oszacowano z zastosowaniem dwuczynnikowej analizy wariancji z powtórzeniami (ANOVA) na poziomie istotności  $p \leq 0,05$ .

Tabela 1. Wyróżniki jakości sera i przypisane im współczynniki ważkości (metoda stopniowania).

Table 1. Parameters of tvorog cheese quality and weight coefficients ascribed to them (grading method).

Wyróżniki jakości Quality parameters	Współczynniki ważkości $W_w$ Coefficient of significance	Ocena [pkt] / Assessment [scores]				
		5	4	3	2	1
Barwa Colour	0,15	Biała do lekko kremowej, jednolita w całej masie	Biała do lekko kremowej z niewielkimi przebarwieniami	Kremowa z niewielkimi przebarwieniami	Kremowa z odcieniem żółtego, z przebarwieniami	Żółta z licznymi przebarwieniami
Wygląd zewnętrzny przekroju External Appearance of cross-section	0,15	Dopuszczalne niewielkie, nieliczne szczeliny	Wyraźne szczeliny międzyziarnowe	Wyraźne szczeliny międzyziarnowe małe nieliczne pęknięcia	Duże nieliczne szczeliny i liczne niewielkie pęknięcia	Bardzo duże, liczne szczeliny i pęknięcia
Struktura i konsystencja Structure and consistency	0,25	Jednolita, zwarta, brak ziarnistości	Jednolita, zwarta, lekko ziarnista	Jednolita, mało zwarta, lekko krucha i lekko ziarnista	Jednolita, krucha lub lekko mazista, ziarnista	Niejednolita mazista lub bardzo krucha, rozpadająca się
Zapach Smell	0,20	Czysty, aromatyczny, łagodny, lekko kwaśny	Czysty, mało aromatyczny, łagodny, lekko kwaśny, bez obcych zapachów	Nieznaczne odchylenia od typowego zapachu, kwaśny	Wyczuwalny obcy zapach	Nieczysty, nieprzyjemny (sfermentowany), silnie wyczuwalny obcy zapach
Smak Taste	0,25	Czysty, łagodny, aromatyczny, lekko kwaśny, posmak pasteryzacji	Czysty, mało aromatyczny, łagodny, lekko kwaśny, lekki posmak pasteryzacji, bez obcych posmaków	Nieznaczne odchylenia od typowego smaku, kwaśny	Nieczysty, z obcym posmakiem	Nieczysty, nieprzyjemny (sfermentowany), gorzki, silnie wyczuwalny obcy posmak
Ogółem Total	$\Sigma = 1$					

### Wyniki i dyskusja

Skład atmosfery w opakowaniach badanych serów był zróżnicowany zależnie od metody pakowania i czasu przechowywania (tab. 2). Najwięcej tlenu po 24 h od zapakowania stwierdzono w próbkach kontrolnych – średnio 18,37 %. W miarę upływu czasu przechowywania ilość tlenu w opakowaniach próbek kontrolnych zmniejszała się i po 7, 14 i 21 dniach wynosiła odpowiednio [%]: 14,45, 8,16 i 4,84.

Tabela 2. Skład atmosfery w opakowaniach serów twarogowych zależnie od metody pakowania i czasu przechowywania  
Table 2. Composition of inner atmosphere in packages of tvorog cheeses depending on packaging method and storage period.

Metoda pakowania Method of packaging	Zawartość gazów [%] / Content of gases [%] ( $\bar{x} \pm s / SD$ )											
	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
	1 dzień			7 dni			14 dni			21 dni		
Próba kontrolna Control sample	18,37 ± 0,39	9,71 ± 1,37	71,78 ± 0,97	14,45 ± 1,15	16,25 ± 2,30	69,30 ± 1,78	8,16 ± 3,44	23,25 ± 3,93	68,59 ± 2,03	4,84 ± 4,54	28,15 ± 6,66	67,01 ± 3,56
AP Active Packaging	0,07 ± 0,04	3,89 ± 0,92	96,04 ± 0,94	0,00 ± 0,00	1,85 ± 0,94	98,15 ± 0,94	0,01 ± 0,02	0,88 ± 0,48	99,11 ± 0,47	0,00 ± 0,00	1,83 ± 0,92	98,17 ± 0,92
MAP Modified Atmosphere Packaging	0,28 ± 0,13	98,14 ± 0,96	1,58 ± 0,89	0,42 ± 0,26	95,95 ± 2,38	3,63 ± 2,13	0,76 ± 0,54	93,42 ± 3,15	5,82 ± 2,78	0,43 ± 0,30	96,25 ± 2,73	3,32 ± 2,44
Wyniki statystyczne / Statistical results												
Rodzaj gazu Type of gas		Metoda pakowania Method of packaging					Czas przechowywania Storage period					
Tlen / Oxygen		*					*					
Ditlenek węgla Carbon dioxide		*					*					
Azot Nitrogen		*					*					

Objaśnienia: / Explanatory notes:

$\bar{x} \pm s / SD$  – wartość średnia ± odchylenie standardowe/ mean value ± standard deviation;

\* – różnice statystycznie istotne na poziomie  $p \leq 0,05$  / statistically significant differences at  $p \leq 0.05$ .

Wraz ze zmniejszaniem zawartości tlenu wzrastała ilość ditlenku węgla w atmosferze opakowań od 9,71 % po 24 h do 16,25, 23,25 i 28,15 % odpowiednio po: 7, 14

i 21 dniach. Zmiany zawartości azotu były niewielkie: od 71,78 % po jednym dniu do 67,01 % po 21 dniach przechowywania.

W atmosferze próbek pakowanych z absorberem tlenu ilości tego gazu były śladowe – od 0,00 do 0,07 %. Zawartość ditlenku węgla po 24 h przechowywania wzrosła (w porównaniu z jego zawartością w powietrzu) do 3,89 %, a następnie wahała się od 0,88 % po 14 dniach do 1,85 % po 7 dniach. Zawartość azotu mieściła się w przedziale od 96,40 % po 24 h do 99,11 % po 14 dniach, praktycznie więc próbki twarogów pakowane były w atmosferze azotu.

Zawartość tlenu w opakowaniach z modyfikowaną atmosferą wahała się od 0,28 do 0,76 %, ilość ditlenku węgla – od 93,42 do 98,14 %, a zawartość azotu – od 1,58 do 5,82 %.

Analiza statystyczna uzyskanych wyników potwierdziła zależność pomiędzy metodą pakowania i czasem przechowywania a zawartością poszczególnych gazów w opakowaniach (tab. 2).

Tabela 3. Liczba bakterii z grupy coli w serach twarogowych zależnie od sposobu pakowania i czasu przechowywania.

Table 3. Count of bacteria from coliform group in tvorog cheeses depending on packaging method and storage period.

Metoda pakowania Method of packaging	Bakterie z grupy coli [log jtk/g] Bacteria from coliform group [log cfu/g]			
	0	7	14	21
Próba kontrolna Control sample	< 1	< 1	< 1	< 1
AP Active Packaging	< 1	< 1	< 1	< 1
MAP Modified Atmosphere Packaging	< 1	< 1	< 1	< 1
Wyniki statystyczne / Statistical results				
Parametr / Parameter	Metoda pakowania Method of packaging		Czas przechowywania Storage period	
Bakterie z grupy coli Bacteria from coliform group	NS		NS	
Drożdże / Yeast	*		NS	
Pleśnie / Moulds	*		*	

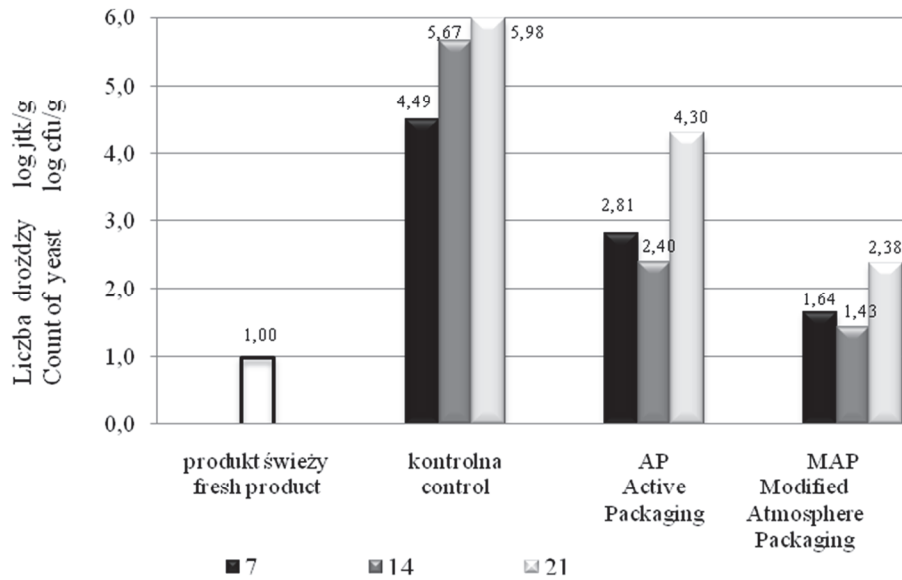
NS – brak statystycznie istotnych różnic na poziomie  $p \leq 0,05$  / no statistically significant differences at  $p \leq 0.05$ . Pozostałe objaśnienia jak w tab. 2. / Other explanatory notes as in Tab. 2.

Oceny trwałości pakowanych twarogów dokonano na podstawie oznaczenia bakterii z grupy coli oraz drożdży i pleśni. Obecność bakterii coli jest miarą jakości higienicznej serów twarogowych, a drożdże i pleśnie są najczęstszą przyczyną psucia się mikrobiologicznego twarogów. Zarówno w serach świeżych, jak i przechowywanych oznaczono pojedyncze komórki bakterii z grupy coli, co świadczy o wysokiej jakości higienicznej badanych serów (tab. 3). Dobrą jakość twarogów przeznaczonych do badań potwierdziło również ich małe zanieczyszczenie drożdżami i pleśniami. Liczba drożdży w produktach świeżych wynosiła średnio 1,00 log jtk/g (rys. 1). Podczas przechowywania, w próbkach kontrolnych pakowanych w atmosferze powietrza, nastąpił dość istotny przyrost liczby tych drobnoustrojów. Po 7, 14 i 21 dniach przeciętna liczba drożdży w twarogach wyniosła kolejno [log jtk/g]: 4,49, 5,67 i 5,98. W próbkach twarogów pakowanych z absorberem tlenu przyrost liczby drożdży był wolniejszy i w analogicznych przedziałach czasowych liczba komórek była równa średnio [log jtk/g]: 2,81, 2,40 i 4,30. W próbkach tych wymagania normy odnośnie do liczby drożdży przekroczone zostały po 21 dniach przechowywania. Pakowanie twarogów w atmosferze 100-procentowego CO<sub>2</sub> najskuteczniej hamowało rozwój drożdży w twarogach. Po 21 dniach przechowywania liczba komórek drożdży w tych serach wynosiła przeciętnie 2,38 log jtk/g. Atmosfera ditlenku węgla również hamująco oddziaływała na rozwój pleśni. Do 14 dni przechowywania liczba pleśni w próbkach (100 % CO<sub>2</sub>) była taka, jak w twarogach świeżych – (0,82 i 1,12) log jtk/g po 7 i 14 dniach (rys. 2). Po 21 dniach uległa ona tylko nieznacznemu zwiększeniu do 1,64 log jtk/g. Pakowanie aktywne, podobnie jak w przypadku drożdży, hamowało przyrost pleśni do 14 dni przechowywania. Po 21 dniach liczba pleśni w próbkach pakowanych z absorberem tlenu znacznie przekroczyła wymagania normy i wynosiła 3,70 log jtk/g.

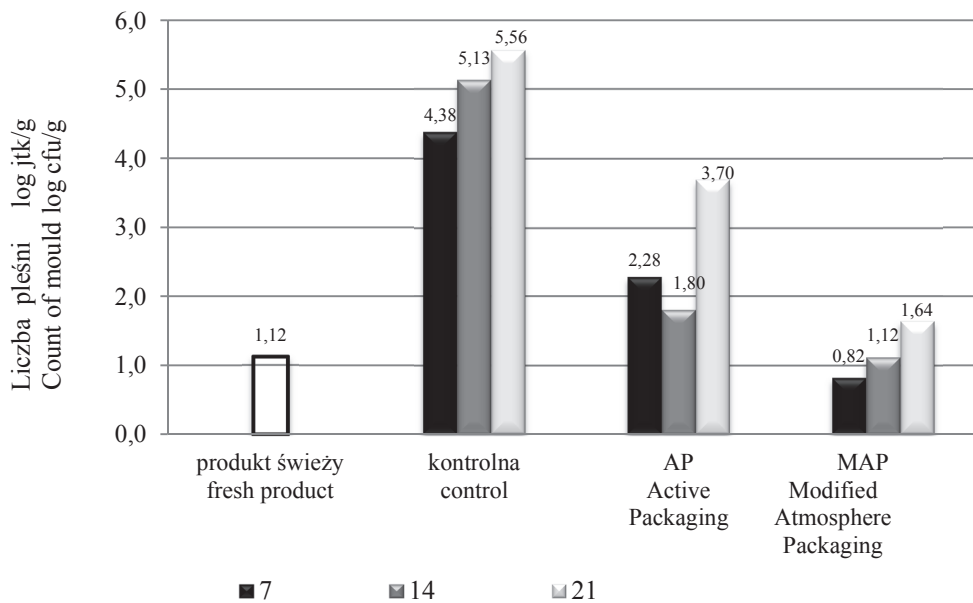
Największe przyrosty liczby pleśni stwierdzono w próbkach kontrolnych, w których bardzo wysoką i niezgodną z normą liczbę komórek tych drobnoustrojów stwierdzono już po 7 dniach przechowywania – 4,38 log jtk/g (rys. 2).

Na poziomie istotności  $p \leq 0,05$  nie wykazano statystycznie istotnych zależności pomiędzy metodą pakowania i czasem przechowywania a liczbą bakterii z grupy coli (tab. 3). Metoda pakowania miała statystycznie istotny wpływ na liczbę drożdży. W przypadku pleśni stwierdzono natomiast statystycznie istotny wpływ zarówno metody pakowania, jak i czasu przechowywania na liczbę tych komórek w twarogach (tab. 3).

Konsekwencją zróżnicowania składu atmosfery i wywołanych tym zmian liczby drobnoustrojów w twarogach podczas przechowywania były zmiany cech sensorycznych tych produktów. Świeżym serom twarogowym przypisano wysoką ocenę ogólną, wynoszącą średnio 4,58 pkt (w skali od 1 - 5 pkt), dzięki czemu zakwalifikowano je, według ustalonych norm jakości [21], do klasy I (tab. 4).



Rys. 1. Liczba drożdży w twarogach zależnie od metody pakowania i czasu przechowywania.  
 Fig. 1. The count of yeast in tvorog cheese depending on packaging method and storage time.



Rys. 2. Liczba pleśni w twarogach zależnie od metody pakowania i czasu przechowywania.  
 Fig. 2. Count of moulds in tvorog cheeses depending on packaging method and storage period.



Tabela 4. Wyniki oceny sensorycznej sera twarogowego zależnie od metody pakowania i czasu przechowywania.

Table 4. Results of sensory analysis of tvorog cheeses depending on packaging method and storage period.

Wyróżniki jakości Quality parameters	Produkt świeży Fresh product	Próba kontrolna Control sample			AP Active Packaging			MAP Modified Atmosphere Packaging		
	0	7	14	21	7	14	21	7	14	21
	Miara statystyczna / Statistical measure ( $\bar{X} \pm s / SD$ )									
Barwa Colour	5,00 $\pm 0,00$	5,00 $\pm 0,00$	5,00 $\pm 0,00$	5,00 $\pm 0,00$	5,00 $\pm 0,00$	5,00 $\pm 0,00$	5,00 $\pm 0,00$	5,00 $\pm 0,00$	5,00 $\pm 0,00$	5,00 $\pm 0,00$
Wygląd zewn. przekroju External appearance of cross-section	4,53 $\pm 0,50$	5,00 $\pm 0,00$	4,87 $\pm 0,34$	4,60 $\pm 0,49$	4,87 $\pm 0,34$	4,67 $\pm 0,47$	4,67 $\pm 0,47$	4,87 $\pm 0,34$	4,73 $\pm 0,44$	4,67 $\pm 0,47$
Struktura i konsystencja Structure and consistency	4,20 $\pm 0,40$	3,27 $\pm 0,85$	4,20 $\pm 0,44$	3,33 $\pm 0,47$	3,33 $\pm 0,79$	3,73 $\pm 0,44$	3,53 $\pm 0,50$	3,27 $\pm 0,68$	4,00 $\pm 0,63$	3,47 $\pm 0,72$
Zapach Smell	4,67 $\pm 0,47$	4,73 $\pm 0,44$	4,20 $\pm 0,75$	2,87 $\pm 0,62$	4,73 $\pm 0,44$	4,60 $\pm 0,49$	3,80 $\pm 0,40$	4,80 $\pm 0,40$	4,53 $\pm 0,50$	4,00 $\pm 0,63$
Smak Taste	4,67 $\pm 0,47$	4,20 $\pm 0,40$	3,87 $\pm 0,72$	2,67 $\pm 0,47$	4,27 $\pm 0,44$	3,93 $\pm 0,57$	3,33 $\pm 0,47$	4,27 $\pm 0,40$	4,07 $\pm 0,68$	3,80 $\pm 0,54$
Ocena ogólna Overall assessment	4,58	4,31	4,34	3,51	4,33	4,29	3,93	4,33	4,38	4,07
Wyniki statystyczne / Statistical results										
Czynnik Factor	Parametr / Parameter									
	Barwa Colour	Wygląd zewn. przekroju External appearance of cross-section	Struktura i konsystencja Structure and consistency	Zapach Smell	Smak Taste					
Metoda pakowania Method of packaging	NS	NS	NS	*	*					
Czas przechowywania Storage period	NS	*	*	*	*					

Objaśnienia jak pod tab. 3. / Explanatory notes as in Tab. 3.

Ogólna jakość sensoryczna serów obniżała się w miarę upływu czasu ich przechowywania. Do 14 dni przechowywania ocena punktowa wszystkich produktów pakowanych różnymi metodami była podobna. Pod koniec okresu przechowywania (po 21 dniach) próbki pakowane w MAP metodą „tradycyjną” oceniono najwyżej – ocena ogólna: 4,07 pkt, pakowane aktywnie: 3,93 pkt, a najniżej oceniono próbki pakowane w atmosferze powietrza – 3,51 pkt (tab. 4).

Wykazano, że zarówno metoda pakowania, jak i czas przechowywania nie miały wpływu na barwę twarogu, która przez cały czas składowania próbek była biała z odcieniem kremowym i jednolita w całej masie. Czas przechowywania wywierał statystycznie istotny wpływ na wygląd twarogu oraz strukturę i konsystencję badanych produktów. W przypadku oceny zapachu i smaku badanych próbek analiza statystyczna wykazała istnienie interakcji, czyli istotny wpływ dwóch czynników (tj. metody pakowania i czasu przechowywania) na badane zmienne zależne w analizie wariancji (tab. 4). Wysoka aktywność niepożądanego mikroflory w próbkach sera pakowanego w powietrzu przyczyniła się do znacznego pogorszenia smaku i zapachu tych produktów. Pod koniec przechowywania wyczuwalny był obcy, nieczysty zapach oraz znaczne odchylenia od typowego smaku – obcy, kwaśny posmak. Porównując między sobą sposoby modyfikacji atmosfery w opakowaniach, zaobserwowano podobne zmiany zapachu do 14 dni przechowywania. Istotne różnice na korzyść próbek pakowanych w MAP wystąpiły po 21 dniach przechowywania (smak czysty, łagodny, lekko kwaśny, bez obcych posmaków).

Na podstawie uzyskanych wyników można powiedzieć, że decydujący wpływ na trwałość twarogów wywierał skład atmosfery w opakowaniach. Najefektywniejsze w hamowaniu mikroflory zanieczyszczającej (liczby coli, drożdży i pleśni) w twarogach okazało się wykorzystanie w pakowaniu atmosfery modyfikowanej metodą tradycyjną (usunięcie powietrza i wprowadzenie gazu obojętnego, w tym przypadku 100-procentowego CO<sub>2</sub>). Uważa się, że w przypadku pakowania żywności próżniowo i w modyfikowanej atmosferze najważniejsze jest wyeliminowanie tlenu z opakowań. Na podstawie wyników badań wykazano, że w przypadku serów twarogowych taki zabieg nie był wystarczający do przedłużenia trwałości tych produktów. Zastosowane absorbery tlenu skutecznie usuwały ten gaz z opakowań podczas całego okresu przechowywania. Nie hamowało to jednak całkowicie rozwoju drożdży i pleśni w tych opakowaniach. Okazało się, że do istotnego zahamowania rozwoju drobnoustrojów ważna jest obecność w atmosferze opakowania ditlenku węgla, który wykazuje bakteriostatyczne i grzybobójcze działanie, m.in. w stosunku do tych drobnoustrojów.

Na takie działanie ditlenku węgla zwraca uwagę wielu autorów. Alves i wsp. [1] przy zastosowaniu ditlenku węgla powyżej 50 % w atmosferze zaobserwowali bakteriobójczy wpływ tego gazu, przy czym rozwój drożdży i pleśni był hamowany w atmosferze 100-procentowego CO<sub>2</sub>. Elliot i wsp. [9] zastosowali stężenia CO<sub>2</sub> powyżej

50 % do pakowania tartego sera mozzarella, dzięki czemu obniżyli liczbę drożdży w produkcie poniżej 1 log jtk/g. Hamujący wpływ tego związku na rozwój drożdży i pleśni w twarogach autorzy niniejszej pracy wykazali we wcześniejszych badaniach [16, 17, 18]. Podobne rezultaty przy zastosowaniu wyższych stężeń CO<sub>2</sub> (powyżej 50 %) uzyskali inni autorzy w przypadku różnych rodzajów sera, w tym: Cameros [11], Requeijao [26, 27], Anthotyros [20]. Dermiki i wsp. [6] również zaobserwowali hamujący efekt ditlenku węgla na mikroflorę tlenową pakowanego sera „Myzithra Kalathaki”. Ser ten, podobnie jak twaróg, jest podatny na mikrobiologiczne psucie się ze względu na m.in. dużą aktywność wody, niskie stężenie soli oraz pH bliskie 6.

Atmosfera (40 % CO<sub>2</sub>, 60 % N<sub>2</sub>) oraz (60 % CO<sub>2</sub>, 40 % N<sub>2</sub>) całkowicie hamowała wzrost liczby drożdży i pleśni przez 45 dni przechowywania oraz efektywnie hamowała wzrost psychrotrofów aerobowych do 33. dnia przy udziale 40 % CO<sub>2</sub> oraz do 40. dnia w atmosferze 60 % CO<sub>2</sub> [6]. Podobnie w serach Anthotyros oraz Cameron pakowanych w MAP przy koncentracji CO<sub>2</sub> powyżej 60 % obserwowano zmniejszenie liczby *E. coli* podczas przechowywania [2, 11, 20].

Trwałość twarogów dotyczy nie tylko zmian mikrobiologicznych w tych produktach. Podczas przechowywania w twarogu następują zmiany fizykochemiczne, których w niniejszej pracy jednak nie badano. Wynikiem jednych i drugich są zmiany jakości sensorycznej twarogów. Atmosfera ditlenku węgla pozwoliła na zachowanie niezmiennych cech sensorycznych twarogów podczas całego okresu ich przechowywania. Podobne wyniki uzyskali Maniar i wsp. [12], którzy wykazali, że 100-procentowa atmosfera CO<sub>2</sub> była najbardziej skuteczna w utrzymaniu pożądanych właściwości sensorycznych serka cottage przechowywanego przez 28 dni w temperaturze chłodniczej. Gonzalez-Fandos i wsp. [11] oraz Olarte i wsp. [15], badali ser Cameros i wykazali, że zawartości ditlenku węgla (40 i 50 % CO<sub>2</sub>) w atmosferze były wystarczające do zapewnienia dobrych cech sensorycznych pakowanych serów. Autorzy podają, że wysokie stężenie CO<sub>2</sub> (100 %) miało negatywny wpływ na jakość sensoryczną sera, przy czym Olarte i wsp. [15] twierdzą, że 100-procentowa atmosfera CO<sub>2</sub> negatywnie wpływa jedynie na smak i teksturę sera, a nie wpływa na barwę i zapach. Jest to zgodne z wynikami, jakie uzyskali Alves i wsp. [1], którzy pakując plasterkowany ser mozzarella zauważyli korzystny wpływ obecności CO<sub>2</sub> na smak sera. Dermiki i wsp. [6] podczas badań smaku i zapachu zapakowanego sera Myzithra, przechowywanego przez 45 dni, zaobserwowali, że próbki pakowane w powietrzu po 15 dniach przechowywania zostały zdyskwalifikowane, natomiast odpowiednie właściwości sensoryczne wykazywały sery pakowane w atmosferze: (20 % CO<sub>2</sub>, 80 % N<sub>2</sub>) – do 20. dnia, (40 % CO<sub>2</sub>, 60 % N<sub>2</sub>) do – 26. dnia oraz (60 % CO<sub>2</sub>, 20 % N<sub>2</sub>) – do 30. dnia przechowywania.

W niniejszych badaniach, niezależnie od sposobu pakowania, barwa serów twarogowych była niezmienna przez cały okres przechowywania. Identyczne spostrzeżenia odnośnie barwy uzyskali autorzy badający ser cottage i sery twarogowe [7, 8, 30].

Śmietana i wsp.[30] oraz Dmytrów i wsp. [7, 8] uważają, że twarogi charakteryzują się wysoką stabilnością cech sensorycznych podczas przechowywania. Zdaniem tych autorów wygląd zewnętrzny sera nie ulega zmianie podczas przechowywania, natomiast zmienia się smak oraz zapach.

W badaniach przeprowadzonych w niniejszej pracy do modyfikacji atmosfery wewnątrz opakowania wykorzystano absorbery tlenu, które bardzo szybko i skutecznie usuwały ten gaz z opakowań. Absorbery tlenu polecane są do usuwania resztek tlenu z opakowań z modyfikowaną atmosferą. Wyniki badań tej pracy wykazały, że mogą one być również wykorzystane samodzielnie do modyfikacji atmosfery w opakowaniach. Jak wskazują bowiem uzyskane wyniki, hamowały one rozwój drożdży i pleśni w twarogach przez 14 dni. Wymaga to jednak dalszych poszerzonych badań wpływu atmosfery z blisko 100-procentową zawartością azotu na rozwój innych grup drobnoustrojów obecnych w twarogach. Wydaje się, że pochłaniacze tlenu będą mogły być stosowane do modyfikacji atmosfery produktów szczególnie czułych na utlenianie lub też wspólnie z emiterami, do hamowania procesów utleniania i do równoczesnego hamowania rozwoju drobnoustrojów w serach i w wielu innych produktach spożywczych.

## Wnioski

1. Metody pakowania serów twarogowych wpłynęły na zróżnicowanie składu atmosfery w tych opakowaniach.
2. Skład atmosfery w opakowaniach determinował trwałość serów twarogowych.
3. Największą trwałością wyróżniały się twarogi pakowane w 100-procentowy CO<sub>2</sub>, najmniejszą – pakowane w atmosferze powietrza.
4. Absorbery tlenu skutecznie usuwały ten gaz z opakowań twarogów, nie było to jednak równoznaczne z wyraźnym hamowaniem rozwoju badanych drobnoustrojów w serach.

*Praca wykonana w ramach projektu badawczego nr NN 312 202539 finansowanego przez MNiSzW.*

## Literatura

- [1] Alves R.M.V., Sarantopoulos C.I.G.L., van Dender A.G.F., Faria J.A.F.: Stability of sliced mozzarella cheese in modified-atmosphere packaging. *J. Food Protection*, 1996, **59**, 838-844.
- [2] Arvanitoyannis I.S., Kargaki G.K., Hadjichristodoulou Ch.: Effect of three MAP compositions on the physical and microbiological properties of a low fat Greek cheese known as "Anthotyros". *Anaerobe*, 2011, **17(6)**, 295-297.
- [3] Baryłko-Pikielna N., Matuszewska I.: *Sensoryczne badania żywności. Podstawy – metody- zastosowania*. Wyd. Nauk. PTTŻ, Kraków 2009.

- [4] Conte A., Gammariello D., Di Giulio S., Attanasio M., Del Nobile M.A.: Active coating and modified-atmosphere packaging to extend the shelf life of Fior di Latte cheese. *J. Dairy Sci.*, 2009, **92** (3), 887-894.
- [5] Dainelli D., Gontard N., Spyropoulos D., Zondervan-van den Beuken E., Tobback P.: Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns. *Trends Food Sci. Technol.*, 2008, **19**, 103-112.
- [6] Dermiki M., Ntzimani A., Badeka A., Savvaidis I.N., Kontominas M.G.: Shelf-life extension and quality attributes of the whey cheese "Myzithra Kalathaki" using modified atmosphere packaging. *LWT-Food Sci. Technol.*, 2008, **41** (2), 284-294.
- [7] Dmytrów I., Mituniewicz-Małek A., Dmytrów K.: Ocena wybranych wyróżników jakości serków twarogowych kwasowo-podpuszczkowych dostępnych w handlu detalicznym. *Chłodnictwo*, 2009, **1** (2), 66-73.
- [8] Dmytrów I., Mituniewicz-Małek A., Dmytrów K.: Fizykochemiczne i sensoryczne cechy sera twarogowego kwasowego wyprodukowanego z mleka koziego oraz mieszaniny mleka koziego i krowiego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, **2** (69), 46-61.
- [9] Eliot S.C., Vuilleumard J.C., Emond J.P.: Stability of shredded mozzarella cheese under modified atmospheres. *J. Food Sci.*, 1998, **63** (6), 1075-1080.
- [10] Floros J.D., Nielsen P.V., Farkas J.K.: Advances in modified atmosphere and active packaging with applications in the dairy industry. *Bull. Int. Dairy Fed.*, 2000, **346**, 22-28.
- [11] Gonzalez-Fandos E., Sanz S., Olarte C.: Microbiological, physicochemical and sensory characteristic of Cameros cheese packaged under modified atmospheres. *Food Microbiology*, 2000, **17**, 407-414.
- [12] Maniar A.B., Marcy J.E., Bishop J.R., Duncan S.E.: Modified atmosphere packaging to maintain direct-set cottage cheese quality. *J. Food Sci.*, 1994, **59** (6), 1305-1308.
- [13] Mannheim C.H., Soffer T.: Shelf-life extension of cottage cheese by Modified Atmosphere Packaging. *LWT - Food Sci. Technol.*, 1996, **29** (8), 767-771.
- [14] Muizniece-Brasava S., Dukalska L., Murniece I., Sarvi S., Dabina-Bicka I., Kozlinskis E.: Influence of active packaging on the shelf life of soft cheese Kleo. *Foodbalt*, 2011, **2**, 193-198.
- [15] Olarte C., Gonzalez-Fandos E., Sanz S.: A proposed methodology to determine the sensory quality of a fresh goat's cheese (Cameros cheese): application to cheeses packaged under modified atmospheres. *Food Qual. Pref.*, 2001, **12** (3), 163-170.
- [16] Panfil-Kuncewicz H., Kuncewicz A.: Stability of curd cheese packaged in carbon dioxide atmosphere. *Natural Sci.*, 2000, **6**, 143-153.
- [17] Panfil-Kuncewicz H., Kuncewicz A.: Effect of packaging method on stability of curd cheeses. *Natural Sci.*, 2000, **6**, 153-163.
- [18] Panfil-Kuncewicz H., Łaniewska-Trokenheim Ł.: Pathogenic and contaminating microflora in fresh white cheeses packed with different methods and stored at low temperatures. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2006, **15/56**, 161-164.
- [19] Panfil-Kuncewicz H., Kuncewicz A., Juśkiewicz M.: Wybrane zagadnienia z opakownictwa żywności. Wyd. UWM w Olsztynie, Olsztyn 2012.
- [20] Papaioannou G., Chouliara I., Karatapanis A.E., Kontominas M.G., Savvaidis I.N.: Shelf-life of a Greek whey cheese under modified atmosphere packaging. *Int. Dairy J.*, 2007, **17**, 358-364.
- [21] PN-A-86300/A2:1997. Mleko i przetwory mleczarskie. Sery twarogowe niedojrzewające.
- [22] PN-93/A-86034/08. Mleko i przetwory mleczarskie. Badania mikrobiologiczne. Bakterie z grupy coli – wykrywanie obecności, oznaczanie najbardziej prawdopodobnej liczby (NPL) i oznaczanie liczby metodą płytkową.
- [23] PN-ISO 4121:1998. Analiza sensoryczna. Metodologia. Ocena produktów żywnościowych przy użyciu metod skalowania.

- [24] PN-ISO 6658:1998. Analiza sensoryczna. Metodologia. Wytyczne ogólne.
- [25] PN-ISO 6611:2007. Mleko i przetwory mleczne. Oznaczanie liczby jednostek tworzących kolonie drożdży i/lub pleśni. Metoda płytkowa w temperaturze 25 °C.
- [26] Pintado M.E., Malcata F.X.: Optimization of modified atmosphere packaging with respect to physicochemical characteristics of Requeijao. *Food Res. Int.*, 2000, **33** (10), 821-832.
- [27] Pintado M.E., Malcata F.X.: The effect of modified atmosphere packaging on the microbial ecology in Requeijao, a Portuguese whey cheese. *J. Food Proc. Preserv.*, 2000, **24** (2), 107-124.
- [28] Steinka I., Przybyłowski P.: Jakość mikrobiologiczna kwasowych serów twarogowych a metody pakowania. *Przem. Spoż.*, 1998, **11**, 47-49.
- [29] Suppakul P., Miltz J., Sonneveld K., Bigger S.W.: Active Packaging Technologies with an Emphasis on Antimicrobial Packaging and its Applications. *J. Food Sci.*, 2003, **68** (2), 408-420.
- [30] Śmietana Z., Szpendowski J., Bohdziewicz K.: Charakterystyka tradycyjnego „polskiego twarogu” otrzymanego według własnej nowoczesnej techniki i technologii. *Przeł. Mlecz.*, 2003, **4**, 126-129.

### EFFECT OF ACTIVE PACKAGING ON MICROBIOLOGICAL SHELF-LIFE AND SENSORY PARAMETERS OF TVOROG CHEESES

#### S u m m a r y

In the study, *active packaging* (AP) with oxygen absorbers was used to package tvorog cheeses. A comparative material consisted of MAP (*modified atmosphere packaging*) packaged cheeses and of control cheeses packaged using active packaging (AP). All the packaged samples were cold stored over a period of 7, 14, and 21 days. The composition of the atmosphere inside the package of fresh and stored tvorog cheeses was determined, and all the samples were microbiologically analyzed and sensory assessed. The counts of coliforms, yeast, and moulds were determined. It was proved that the content of oxygen was very low both in AP and in MAP throughout storage and ranged from 0.00 % in AP (with oxygen absorbers) to 0.76 % in MAP. The oxygen absorbers effectively reduced the content of oxygen to trace amounts in the packages of tvorog cheeses. The results of a microbiological analysis of tvorog cheeses clearly point out that the packaging in the atmosphere composed of 100 % of CO<sub>2</sub> inhibited, most effectively, the growth of the microorganism groups studied, thus, extended the shelf-life of tvorog cheeses to 21 days. The active packaging made it possible to keep the amount of microbes at a standard level only until the 14th day. Similar correlations were reported while assessing sensory attributes of tvorog cheeses using a grading approach.

**Key words:** tvorog cheeses, shelf-life, modified atmosphere, active packaging, oxygen absorbers ☒