

IZABELA STEINKA

WPŁYW JAKOŚCI MIKROBIOLOGICZNEJ TWAROGÓW NA FAZĘ WODNĄ W WARUNKACH PAKOWANIA HERMETYCZNEGO

INFLUENCE OF MICROBIOLOGICAL QUALITY OF LACTIC ACID CHEESE ON WATER PHASE IN CONDITIONS OF HERMETIC PACKING

Katedra Towaroznawstwa i Ładunkoznawstwa
Akademia Morska Gdynia
81-225 Gdynia, ul. Morska 83
Kierownik: prof. dr hab. inż. P. Przybyłowski

Celem badań była ocena wpływu mikroflory twarogów na fluktuacje fazy wodnej między powierzchnią produktów a opakowaniami. Wyniki badań wykazały, że zmiany zawartości wody można było wyrazić za pomocą równania wielomianowego stopnia trzeciego. Z równań korelacji liniowej opisujących zależności między poziomem mikroflory w twarogach a zawartością wody wynikało, że drobnoustroje wpływają na fluktuację fazy wodnej w produktach. Wartości wyznaczonych współczynników determinacji sugerowały, że istotny wpływ na zmiany zawartości wody w twarogach wody między produktem a opakowaniem wykazywały drożdże, enterokoki i gronkowce.

Słowa kluczowe: jakość mikrobiologiczna, mikroorganizmy, opakowanie, twaróg
Key words: microbiological quality, microorganisms, packaging, lactic acid cheese

WSTĘP

W ostatnich latach pojawiły się obok tradycyjnych nowe metody pakowania serów twarogowych, do których zaliczyć można: pakowanie systemem próżniowym w opakowania PA/PE, obkurczanie laminatu Cryovac na produkcie oraz technikę podwójnego pakowania w pergamin i laminat PA/PE.

W kraju prowadzono niewiele badań związanych z wpływem systemu pakowania na jakość twarogów pakowanych różnymi systemami [3, 4, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]. Wpływ modyfikacji atmosfery stosowanej do pakowania na jakość tych serów znajduje odzwierciedlenie w piśmiennictwie zagranicznym jedynie w odniesieniu do *cottage cheese* [1]. Jednakże technologia wytwarzania *cottage cheese* stanowi o tym, że ich trwałość oraz cechy fizyko-chemiczne są odmienne od tych jakie charakteryzują kwasowe sery twarogowe. Niewielka ilość piśmiennictwa na tematy związane z jakością a zwłaszcza cechami mikrobiologicznymi twarogów w powiązaniu z systemem ich pakowaniem i stanem opakowań w procesie przechowywania twarogów skłaniają do podjęcia tej tematyki.

Celem niniejszej pracy była ocena wpływu czynników mikrobiologicznych na zachowanie wody wewnątrz hermetycznego opakowania twarogów przechowywanych w warunkach niskich temperatur.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań pochodził z zakładu mleczarskiego z Północnej Polski, w którym nie wdrożono systemu HACCP. Badaniom poddano 8 warów twarogów pakowanych próżniowo w laminaty PA/PE. Każdą partię twarogów dzielono na 9 części z których, pierwszą poddawano analizie przed przechowywaniem, a po dwie kostki po 2, 4, 7 i 14 dniach przechowywania w temperaturze $6 \pm 2^\circ\text{C}$. W twarogach oznaczano zawartość wody i liczebność populacji mikroflory stanowiącej zanieczyszczenie produktów. W celu oceny stanu mikrobiologicznego twarogów w czasie przechowywania oznaczono liczebność populacji takich jak: pałeczki *Escherichia coli*, *Enterococcus sp.*, *Staphylococcus aureus*, grzyby i mikroorganizmy psychrotrofowe. Próbki do badań mikrobiologicznych przygotowywano i poddawano analizie zgodnie z Polskimi Normami [5, 6] oraz w modyfikacji własnej dotyczącej żywności do oceny *Escherichia coli* i *Enterococcus sp.* Oznaczenia liczebności populacji mikroorganizmów dokonano stosując następujące podłoża hodowlane: *Staphylococcus aureus* – Baird Parker RPF, *Escherichia coli*- Coli ID, *Enterococcus sp.* – D-coccosel, psychrotrofy – agar odżywczy, grzyby strzępkowe i drożdże – podłoże YGC z chloramfenikolem

Zawartość wody oznaczano metodą techniczną poprzez suszenie 3 g twarogu z 30 g piasku w temperaturze $130^\circ \pm 2^\circ\text{C}$ przez 30 min. Oznaczeń dokonywano z dokładnością do 0,01 g [7]. Oznaczeń barierowości i chłonności wody próbek laminatów PA/PE dokonano według zaleceń Polskiej Normy [7, 8].

Wyniki badań poddano analizie statystycznej za pomocą pakietu STATISTICA Version 5 oraz Renglinp z programu EXCEL. Wyznaczano parametry funkcji regresji, miary dopasowania (współczynniki determinacji, średni błąd szacunku) oraz wartości współczynników korelacji pomiędzy liczbą mikroorganizmów a zawartością wody w produktach.

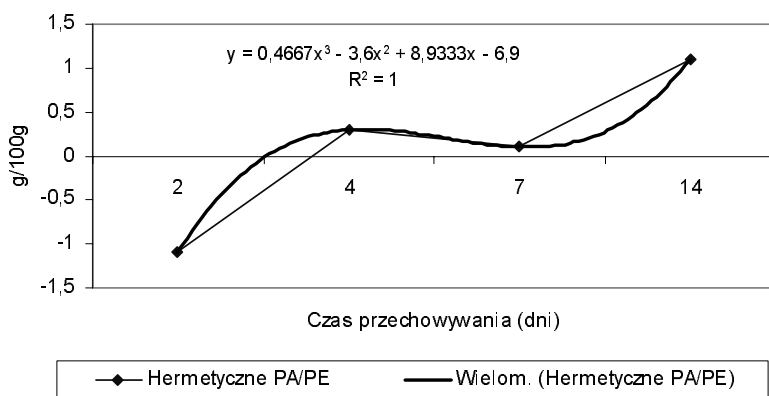
WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

W czasie 14 dniowego przechowywania twarogów pakowanych systemem próżniowym obserwowano fluktuację fazy wodnej w produktach.

Po 2 dniach stwierdzono obniżenie zawartości wody o 1,1% a następnie po 4, 7 i 14 dniach odpowiednio wzrost średnio o 0,3%, 0,4% g oraz 1,1% w stosunku do wartości oznaczonej w twarogach przed przechowywaniem.

Na rycinie 1 zaprezentowano linie trendów obserwowanych zmian zawartości wody w czasie przechowywania twarogów. Trend zmian najlepiej opisywało równanie wielomianowe stopnia trzeciego aczkolwiek liniowy trend obserwowanych zmian również charakteryzował się wysokim współczynnikiem determinacji $R^2 = 0,8258$ (Ryc. 1). Uzyskane dane wykazały istnienie przeciętnej korelacji liniowej między początkową zawartością wody w twarogach a jej poziomem po 14 dniach (Tabela 1).

Analiza wartości błędu estymacji i współczynnika korelacji wskazała, że zmiany zawartości wody w ciągu 14 dniowego procesu przechowywania twarogów powinny być wyrażone za pomocą funkcji logarytmicznej lub wielomianowej. Błędy estymacji były dla tych równań mniejsze niż dla funkcji wykładniczej, liniowej i potęgowej a współczynniki korelacji najwyższe (Tabela 1). W czasie przechowywania twarogów stwierdzono wzrost stopnia spęcznienia laminatów PA/PE o 0,36% po 7 dniach. Znaczne obniżenie chłonności wody



Ryc. 1. Różnice zawartości wody w twarogach w czasie przechowywania w próżniowych opakowaniach w laminacie PA/PE
Differences in water content in lactic acid cheese during storage in vacuum laminates PA/PE

przez te opakowania stwierdzono po 14 dniach przechowywania produktów.

Zmiany stopnia spęcznienia opisano za pomocą równania kwadratowego (Tabela I).

Również obserwowane zmiany przepuszczalności laminatów PA/PE względem pary wodnej można było opisać za pomocą równania kwadratowego o postaci:

$$Y = ax^2 - bx + c \quad [1]$$

Wyznaczone równanie liniowe opisujące trendy zmian barierowości charakteryzował także wysoki współczynnik determinacji R^2 równy 0,7808.

W czasie przechowywania twarogów oznaczono zmiany liczby bakterii względnie bez-tlenowych, grzybów oraz psychrotrofów (Tabela II). Obserwowano wzrost liczby enterokoków i gronkowców koagulazo-ujemnych w czasie całego okresu przechowywania. W tym czasie liczba organizmów psychrotrofowych pozostawały na niezmiennym poziomie. W okresie 14 dniowego przechowywania stwierdzono obniżenie liczebności gronkowców koagulazo-dodatnich i pałeczek *Escherichia coli* (Tab. 2).

Równania korelacji liniowej między zawartością wody w produkcie a poziomem określonego gatunku drobnoustrojów wskazywały na istnienie słabych korelacji liniowych między tymi parametrami (Tabela III). Dotyczyło to zależności związanych z rozwojem populacji enterokoków gronkowców i drożdży. Ujemne wartości współczynników korelacji mogły sugerowały, że wzrost wielkości populacji wyżej wymienionych drobnoustrojów wpływał na obniżenie zawartości wody w przechowywanych twarogach. Stwierdzono ponadto brak korelacji liniowej między wielkościami populacji *Escherichia coli* i grzybów strzępkowych a poziomem wody w twarogach w czasie ich przechowywania (Tabela III). Parametry równania korelacji liniowej między grzybami strzępkowymi a fazą wodną produktów mogły sugerować bardziej skomplikowane zależności o charakterze nieliniowym.

Dane uzyskane przez Śmietanę i wsp. [14] wykazały stabilność fazy wodnej w twarogach pakowanych w folię barierową, pakowanych systemem próżniowym. Jednakże prezentowane przez autorów wyniki dotyczyły produktów o wysokiej czystości mikrobiologicznej, w których nie wykazano obecności gronkowców i pałeczek *Escherichia coli* a licz-

Tabela I. Parametry i równania charakteryzujące zmiany fazy wodnej w twarogach oraz właściwości laminatu PA/PE w czasie przechowywania produktów
Parameters and equations describing water phase fluctuation in lactic acid cheese and PA/PE properties during this products storage

Oznaczany parametr Parameters	Twarogi pakowane próżniowo Vacuum packed lactic acid cheese				
	Czas przechowywania (dni) Time of storage (days)				
	0	2	4	7	14
Zawartość wody g/100g (średnia) Water content (average)	73,0	71,9	71,6	71,7	72,8
Zakres zawartości wody Range	72,1-74,2	70,3-74,2	70,1-73,9	68,5-75,0	70,7-74,8
Stopień spęcznienia lamiantu PA/PE (%) PAPE swelling degree Równanie regresji dla laminatów PA/PE Regression equation for PA/PE	0	nie badano	nie badano	0,36	-0,81
Zmiany barierowości względem pary wodnej (cm ³ /m ² /24h/atm) Permeability changes for water vapor (cm ³ /m ² /24h/atm) Równanie regresji dla laminatów PA/PE Regression equation for PA/PE	11,14	nie badano	nie badano	9,82	9,89
Równania korelacji liniowej zmian zawartości wody w zależności od ilości przed przechowywaniem Linear correlation equation between water phase after storage and it's content before storage	$Y_{14}=67,651+0,0707 \cdot x_0$ $R=0,4320$				
Funkcja liniowa Linear equation	$\Gamma = 0,89 \quad R(x) = 0,46$				
Funkcja logarytmiczna Logarithmic equation	$\gamma = 0,84 \quad R(x) = 0,54$				
Funkcja wielomianowa Polynomial equation	$\gamma = 0,86 \quad R(x) = 0,52$				
Funkcja wykładnicza Exponential equation	$\Gamma = 0,89 \quad R(x) = 0,46$				
Funkcja potęgowa Power equation	$\Gamma = 0,84 \quad R(x) = 0,54$				

W – zawartość wody, p – opakowania próżniowe, 0,2,4,7,14 – czas przechowywania twarogów,
r – współczynnik korelacji liniowej, γ – błąd szacunku, R(x) – współczynnik korelacji

Tabela II. Zmiany liczebności populacji mikroorganizmów w twarogach
Changes of the amount microorganisms populations in lactic acid cheese

Rodzaj mikroorganizmów Kind of micro-organisms	Liczebność populacji drobnoustrojów Log jtk* g ⁻¹ Count of the micro-organisms Log CFU*g ⁻¹		
	Czas przechowywania twarogów (dni) Time of storage (days)		
	0	7	14
<i>Escherichia coli</i>	3,3	2,24	1,32
<i>Enterococcus sp.</i>	3,78	5,6	5,78
<i>Staphylococcus aureus koagulazo dodatni</i>	2,82	3,08	2,75
<i>Staphylococcus aureus koagulazo-ujemny</i>	3,44	3,68	4,43
Grzyby strzępkowe Mould	4,05	2,91	4,19
Drożdże Yeast	5,68	6,16	6,11
Psychrotrofy Psychrotrophs	5,90	5,89	5,73

Tabela III. Ocena korelacji liniowej między wzrostem populacji mikroflory twarogów a fluktuacją wody w produktach.
Assessment of the correlation between growth lactic acid cheese microorganisms and water fluctuation in this products

Rodzaj mikroorganizmów Kind of micro-organisms	Równanie korelacji liniowej Linear correlation equation	Współczynnik korelacji liniowej r Correlation factors r
<i>Escherichia coli</i>	$Y=4643-53,95*W$	0,0260
<i>Enterococcus sp.</i>	$Y=11003E-148E3*W$	-0,2684
<i>Staphylococcus aureus koagulazo dodatni</i>	$Y=4057,3-44,47*W$	0,0978
<i>Staphylococcus aureus koagulazo-ujemny</i>	$Y=-0,301E3+4325,2*W$	0,1562
Grzyby strzępkowe Mould	$Y=-0,409E2+694,03*W$	0,037
Drożdże Yeast	$Y=8593E3-104E3*W$	-0,2446
Psychrotrofy Psychrotrophs	$Y=1157E4-150E3*W$	-0,1851

W – woda, Y – liczba mikroorganizmów

ba grzybów nie przekraczała wymagań Polskich Norm obowiązujących w tym okresie. Śmietana obserwował, że po 10 i 20 dniach przechowywania zawartość wody w przechowywanych twarogach pozostawała na poziomie $75,0 \pm 0,2\%$. Dotyczyło to produktów wytwarzanych nową zmodyfikowaną technologią obejmującą etapy formowania i prasowania twarogów co w znacznym stopniu mogło wpływać na stabilność fazy wodnej.

Przedstawione w niniejszej pracy wyniki wskazują na fakt, że zmiany fazy wodnej w przechowywanych twarogach są wynikiem wielorakich oddziaływań między opakowaniem a powierzchnią produktów. Barirowość opakowań względem pary wodnej jest ściśle określona dla laminatów stosowanych do pakowania serów. Jednakże wzrost stopnia spęcznienia materiału opakowaniowego obserwowany po 7 dniach przechowywania produktów wskazuje na istnienie znacznej objętości pary wodnej, która nie wydostaje się na zewnątrz. W tym czasie obserwowano również spadek barirowości laminatów względem pary wodnej. Zmniejszenie stopnia spęcznienia, przy jednoczesnym spadku barirowości, sugerował krążenie wody między powierzchnią produktu a opakowaniem. Wzrost populacji drożdży, enterokoków i gronkowców w czasie 14 dni może więc stanowić czynnik biologiczny odpowiedzialny za zmiany wody wewnątrz opakowania. Różnica w ilości wody, która może być wydzielana na zewnątrz a ilością wody pobraną przez mikroorganizmy w procesach odżywiania jest zależna od wielu czynników: ciśnienia osmotycznego panującego w środowisku, wymagań drobnoustrojów odnośnie wody dostępnej oraz potencjału oksydoredukcyjnego. W pierwszym okresie przechowywania twarogów istniejące wewnątrz opakowania warunki mikroaerofilne, mogły sprzyjać procesom utleniania substratów przez takie bakterie jak np. gronkowce. Zapotrzebowanie wody przez drobnoustroje istnieje również wówczas, kiedy odbywają się procesy hydrolizy białek twarogów. Protezy mikroorganizmów rozkładają polipeptydy z jednoczesnym przyłączeniem cząsteczki wody [2]. Ciśnienie osmotyczne panujące w komórkach jest wynikiem zawartości wody, która w komórki bakterii waha się od 73% do 79%. Zawartość wody w twarogach wynosiła średnio od 71,6% do 73%, co stosunku do ilości wody obecnej w komórkach mikroorganizmów mogło wpływać na kierunek krążenia wody. Powyższe procesy były zatem powodem zmian zawartości wody obserwowanych w twarogach pakowanych hermetycznie w czasie przechowywania tych produktów.

WNIOSKI

1. Zmiany fazy wodnej obserwowane w twarogach o wysokiej jakości mikrobiologicznej różniły się istotnie od stwierdzonych w produktach, charakteryzujących się znacznym zanieczyszczeniem mikrobiologicznym.

2. Twarogi wykazujące obecność drożdży, enterokoków i gronkowców nie powinny być przechowywane w opakowaniach hermetycznych PA/PE dłużej niż 7 dni.

I. Steinka

INFLUENCE OF MICROBIOLOGICAL QUALITY OF LACTIC ACID CHEESE ON WATER PHASE IN CONDITIONS OF HERMETIC PACKING

Summary

Aim of research was to assess the influence of lactic acid cheese micro-flora on water phase fluctuation between surface of products and the packaging. Results of research showed that changes of water content could be expressed with the help of polynomial cubic equation. From linear correlation equations describing level of micro-flora in lactic acid cheese and water content it resulted micro-organisms had a significant influence on the water phase fluctuation. Values of determined coefficients of determination suggested that yeast, enterococci and staphylococci had a significant influence on water fluctuation between product and the packaging.

PIŚMIENNICTWO

1. Fedio W. M., Macleod A., Ozimek L., : The Effect of Modified Atmosphere Packing on the Growth of Microorganisms in Cottage Cheese, *Milchwissenschaft*. 1994, 49, 11, 622-629.
2. Kunicki- Goldfinger W.H., *Zycie bakterii*, PZWL Warszawa 1998, 136.
3. Panfil-Kuncewicz H., Kuncewicz A., Szpendowski J.: Pakowanie twarogów w atmosferze dwutlenku węgla, *Materiały VI Sesji Naukowej Olsztyn 1997a*, 294.
4. Panfil-Kuncewicz H., Kuncewicz A., Bohdziewicz K., Kornacki K., Kłębukowska L.: Trwałość przechowalnicza twarogów pakowanych w próżni i w modyfikowanej atmosferze, *Materiały XXVI Sesji KTiChŻ PAN 1997b*, 85.
5. PN-93 A-86034: 02, 03, 04, 06, 07, 10, 13. Mleko i przetwory mleczarskie. Badania mikrobiologiczne.
6. PN 73/A-86232 Mleko i przetwory mleczarskie – sery. Metody badań.
7. PN-82/0-79122. Opakowania badanie szczelności na przenikanie pary wodnej.
8. PN-81/C89032 Tworzywa sztuczne. Oznaczanie chłonności wody.
9. Steinka I., Przybyłowski P.: *Jakość mikrobiologiczna kwasowych serów twarogowych a metody pakowania*, *Przem. Spoż.* 1998, 11, 47- 49.
10. Steinka I., Stankiewicz J.: *System pakowania twarogów – aspekty higieniczne*, *Żywność*. 1999, 21, 4, 106-116.
11. Steinka I., Stankiewicz J.: *Influence of Vacuum Packing and Low Temperatures on the Level of Pathogenic Psychrotrophes in Cottage Cheese*, *Joint Proceedings WSM Gdynia, Hochschule Bremerhaven*. 1999, 21, 63-67.
12. Steinka I., Kurlenda J.: *Ocena zagrożeń mikrobiologicznych związanych z systemem i hermetyką pakowania twarogów*, *Medycyna Weterynaryjna*. 2001, 57, (10), 757-761.
13. Steinka I., Kukulowicz A.: Jakość i bezpieczeństwo twarogów związane ze sposobem pakowania produktów, *Żywnienie Człowieka i Metabolizm*. 2003, 30, 3/4, 888-892.
14. Śmietana Z., Świegoń J., Szpendowski J., Bohdziewicz K.: Propozycja techniczno-technologiczna produkcji tradycyjnych serów twarogowych, *Materiały VI Sesji Naukowej Olsztyn*. 1998, 198.
15. Ziółkowski T., Panfil-Kuncewicz H., Staniewska K., Szpendowski J.: Porównanie trwałości serów twarogowych pakowanych różnymi metodami *Materiały IX Międzynarodowej Sesji Naukowej*. Olsztyn 2004, 219.

Otrzymano: 2005.01.28