

IZABELA STEINKA

OCENA PRZYDATNOŚCI WIELOMIANÓW W PROGNOZOWANIU JAKOŚCI HERMETYCZNIE PAKOWANYCH SERÓW TWAROGOWYCH

Streszczenie

Jakość mikrobiologiczna twarogów pakowanych hermetycznie, oferowanych na polskim rynku, wykazuje zróżnicowanie. Oceniając korelacje między liczebnością populacji mikroorganizmów obecnych w twarogach a czasem przechowywania tych serów w warunkach chłodniczych stwierdzono brak istnienia zależności o charakterze liniowym.

Próby zastosowania modeli płaszczyzny odpowiedzi nie pozwoliły na uwzględnienie wszystkich zależności, jakie wynikały z przechowywania twarogów w hermetycznym opakowaniu, rodzaju użytego opakowania, systemu pakowania i początkowego zanieczyszczenia mikrobiologicznego produktów. Najbardziej przydatne do opisu zmienności populacji w twarogach były wielomiany pierwszego stopnia z wieloma niewiadomymi. Oceniono możliwość zastosowania wielomianu opisującego hiperpłaszczyznę w m-wymiarowej przestrzeni do konstrukcji prognostycznego modelu komputerowego. Uzyskany trzeciorzędowy model prognostyczny umożliwił ocenę zmian jakości twarogów w czasie przechowywania.

Sprawdzenie funkcjonowania wielomianu wykazało, że dynamiczny w czasie model oceny jakości mikrobiologicznej hermetycznie pakowanych twarogów, o nazwie JMPHT, może znaleźć zastosowanie w praktyce prognozowania trwałości produktów.

Słowa kluczowe: wielomian, model, mikroflora, twarogi, program komputerowy, prognozowanie

Wprowadzenie

Hermetyczne pakowanie kwasowych serów twarogowych jest utrudnione ze względu na delikatną strukturę tych produktów. W Polsce stosowane są trzy techniki hermetycznego pakowania twarogów z użyciem tworzyw sztucznych i pergaminu, a mianowicie: pakowanie próżniowe z zastosowaniem folii PA/PE, obkurczanie laminatu typu Cryovac na produkcie oraz podwójne pakowanie w pergamin i opakowanie PA/PE.

Z prowadzonych dotychczas badań własnych wynika, że próżniowe pakowanie twarogów o niskiej jakości mikrobiologicznej niekorzystnie zmienia cechy

sensoryczne i sprzyja nadmiernemu wzrostowi drożdży w przechowywanych produktach [15].

Istnieje niewiele modeli matematycznych opisujących zmiany mikroflory w produktach mleczarskich [2, 6, 7] i określają one jedynie wpływ czynników środowiskowych na przeżywalność określonych rodzajów lub gatunków drobnoustrojów. Udowodniono, że wśród czynników mających znaczenie w konstruowaniu modeli matematycznych należy uwzględnić współzawodnictwo mikroorganizmów występujących w badanym produkcie [8].

Wobec możliwości występowania wielogatunkowej populacji zasiedlającej powierzchnię twarogów oraz braku modeli prognostycznych dotyczących tych serów, istotną okazała się konieczność opracowania odpowiednich równań matematycznych stanowiących podstawę konstruowania dobrego modelu prognostycznego do oceny jakości przechowywanych produktów. Konstruowanie modelu do prognozowania jakości serów twarogowych powinno uwzględniać interakcje między mikroflorą obecną w przechowywanych twarogach.

Celem niniejszej pracy była ocena przydatności równań wielomianowych w prognozowaniu jakości hermetycznie pakowanych serów twarogowych.

Materiał i metody badań

Materiał doświadczalny stanowiły kwasowe sery twarogowe, pakowane systemem próżniowym z zastosowaniem technologii obkurczania oraz laminaty opakowaniowe stosowane do pakowania twarogów, tj. laminat polietylen – poliamid (PA/PE) i laminat E/VAC/PVDC/E/VAC Cryovac.

Sery twarogowe, o zawartości tłuszczu w s.m. $15 \pm 1\%$, pochodziły z wybranych zakładów mleczarskich z województw Polski północnej. Każdą partię twarogu dzielono na trzy części. Pierwsza część - twaróg świeży, przed przechowywaniem, stanowiła próbę kontrolną, pozostałe dwie przechowywano w chłodni o temp. $6 \pm 2^\circ\text{C}$ przez 7 i 14 dni.

W badanych twarogach oznaczano liczbę psychrotrofów, enterokoków, drożdży, grzybów strzępkowych, gronkowców koagulazo-ujemnych i koagulazo-dodatnich, pałeczek *Escherichia coli*. Mikroorganizmy oznaczano metodą płytkową wg PN-93/A 86034 [10].

Do oznaczania liczby mikroorganizmów obecnych na powierzchni twarogów stosowano podłoża selektywne YGC z chloramfenikolem (grzyby) oraz agar odżywczy (psychrotrofy) wg PN-93/A 86034/07 i PN-93/A 86034/06 [11, 12].

Modyfikacje własne dotyczące pożywek hodowlanych wprowadzono do metodyki oznaczania enterokoków, gronkowców i *Escherichia coli*. Do hodowli tych mikroorganizmów zastosowano odpowiednio: D-coccosel, Baird-Parker RPF i podłoże chromogenne Coli ID. Zdolność wytwarzania koagulazy przez szczepy *Staphylococcus aureus* sprawdzano testem próbówkowym wg PN-93/A 86034/13 [13].

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej z uwzględnieniem korelacji liniowej i regresji wielokrotnej przy użyciu pakietu Statistica w programie komputerowym Statistica Wersja 6,0

Do konstrukcji modeli powierzchni odpowiedzi zastosowano funkcje wielomianowe drugiego rzędu. Szacowanie parametrów modelu wielomianowego pierwszego stopnia z wieloma niewiadomymi przeprowadzono za pomocą metody najmniejszych kwadratów, poprzez minimalizację sumy kwadratów odchyleń pomiędzy wartościami empirycznymi i oszacowanymi. Opracowanie programu komputerowego do oceny zmian liczby populacji mikroorganizmów w czasie przechowywania twarogów przeprowadzono na podstawie zależności rozumianej jako zmienną w czasie hiperpłaszczyznę w m-wymiarowej przestrzeni. Program komputerowy został napisany w języku Borland Delphi 2.0. Uruchomienie programu zostało poprzedzone określeniem liczby ocenianych parametrów mikrobiologicznych związanych z rodzajem mikroflory występującej w produktach oraz wprowadzeniem danych empirycznych uzyskanych z kilku okresów (0, 7 i 14 dni) przechowywania.

Wyniki badań

Liczba mikroorganizmów obecnych w twarogach pakowanych w laminaty PA/PE i Cryovac ulegała zróżnicowanej zmianie w czasie przechowywania [18]. Początkowe zanieczyszczenie twarogów enterokokami, pałeczkami *Escherichia coli* i gronkowcami wynosiło od 2 do 3 log jtk/g, niezależnie od rodzaju opakowania. Stwierdzono znacznie wyższą liczbę grzybów strzępkowych, psychrotrofów i drożdży w twarogach pakowanych w laminaty PA/PE. W produktach świeżych, przed przechowywaniem, wielkości tych populacji wynosiły odpowiednio 4,05 i 5,9, 5,68 log jtk/g w twarogach pakowanych w PA/PE i 1,81 2,51, 3,57 log jtk/g w serach pakowanych w laminat Cryovac. W twarogach pakowanych w to tworzywo po 14 dniach przechowywania stwierdzono niższą, w porównaniu z twarogami pakowanymi w PA/PE, liczbę *Enterococcus sp.* i *Escherichia coli* średnio o 1 log jtk/g. Natomiast liczba *Staphylococcus aureus* koagulazo-ujemnych, grzybów strzępkowych i psychrotrofów była średnio o 2 cykle logarytmiczne wyższa w twarogach pakowanych w PA/PE. Poziom drożdży i gronkowców koagulazo-dodatnich w twarogach pakowanych w oba rodzaje opakowań był po przechowywaniu zbliżony.

Stosując modele regresji prostoliniowej, wyznaczone w celu oceny wpływu czasu przechowywania na dynamikę zmian populacji mikroorganizmów obecnych w twarogach pakowanych w PA/PE, obliczono (tab. 1), że zmienne zależne były objaśniane w tych równaniach przez zmienne niezależne jedynie w granicach od 1 do 19% ($R^2 = 0,01-0,19$). Również modele zmian populacji mikroflory obecnej w twarogach pakowanych w laminaty Cryovac charakteryzowały współczynniki determinacji od $R^2 = 0,02$ do $R^2 = 0,37$ (tab. 1).

Równania regresji oraz współczynniki determinacji liniowej między liczbą mikroorganizmów w twarogach a czasem ich przechowywania.

Regression equations and coefficients of linear determination between the micro-organism count in lactic acid cheeses and the cheese storage period.

Rodzaj mikroorganizmów Type of micro-organisms	Twarogi pakowane w PA/PE Lactic acid cheeses packed in PA/PE		Twarogi pakowane w laminat Cryovac Lactic acid cheeses packed in Cryovac laminates	
	Równanie / Equation	R ²	Równanie / Equation	R ²
<i>Enterococcus sp.</i>	$Y = 38473 + 43157t$	0,04	$Y = 1575e2 - 126et$	0,14
<i>Escherichia coli</i>	$Y = 1725,3 - 141,6t$	0,08	$Y = 170,42 - 14,29t$	0,08
<i>Staphylococcus aureus</i> KP Coagulase-positive <i>Staphylococcus aureus</i>	$Y = 861,67 - 6,600t$	0,00	$Y = 129,17 + 10,714t$	0,02
<i>Staphylococcus aureus</i> KN Coagulase-negative <i>Staphylococcus aureus</i>	$Y = -608,3 + 1751,3t$	0,01	$Y = 1116,9 - 33,84t$	0,01
Grzyby strzępkowe Mould	$Y = 7170,4 + 307,86t$	0,00	$y = 72,917 + 15,893t$	0,02
Drożdże Yeast	$Y = 6845e2 + 53759t$	0,19	$Y = -148e3 + 66775t$	0,37
Psychrotrofy Psychrotrophs	$Y = 8445e2 - 102e^2t$	0,00	$Y = -295,6 + 274,02t$	0,02

Objaśnienia: / Explanatory notes:

t - czas przechowywania / storage period;

R² – współczynnik determinacji / determination coefficient;

e- podstawa logarytmu / logarithm base.

Wyniki analizy statystycznej wskazywały na wpływ innych, poza czynnikiem czasowym, zmiennych determinujących wzrost populacji mikroorganizmów w twarogach pakowanych odmiennymi technologiami. W związku z tym porównano współczynniki determinacji równań liniowych (tab. 1) ze współczynnikami determinacji równań wielomianowych (tab. 2), w których uwzględniono kilka parametrów mikrobiologicznych (rodzaje mikroorganizmów) i czas przechowywania. Ocena współczynników wykazała, że równania wielomianowe stopnia pierwszego z wieloma niewiadomymi charakteryzowały wyższe współczynniki determinacji.

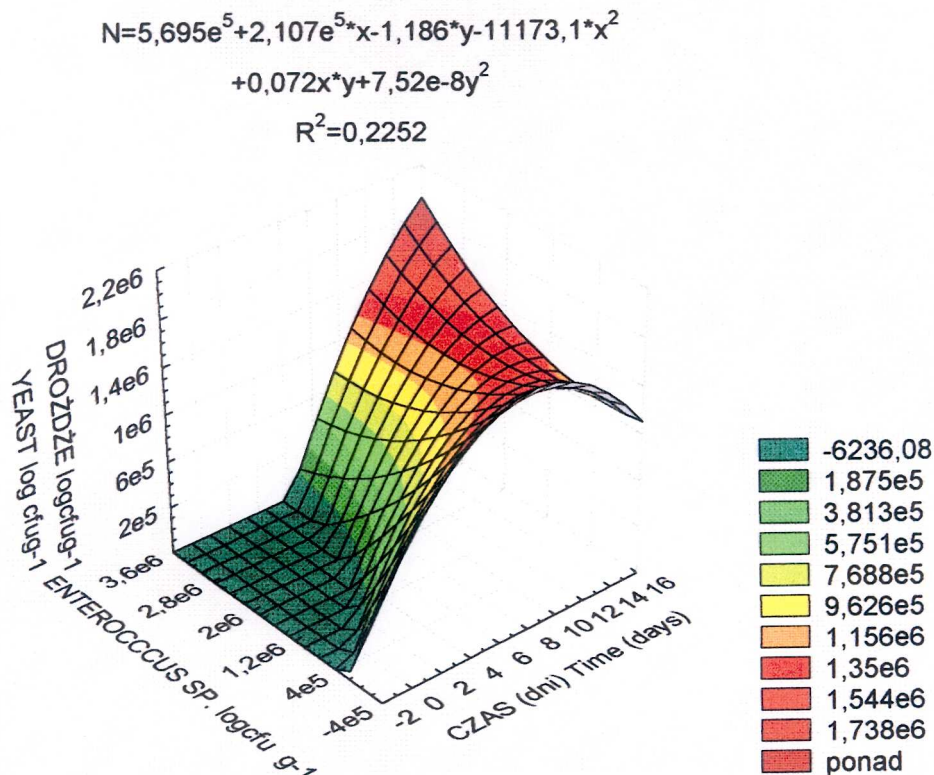
Równania wielomianowe charakteryzujące interakcje między mikroorganizmami obecnymi w twarogach.
The polynomial equations describing interactions among micro-organisms in lactic acid cheeses.

Rodzaj mikroorganizmów Type of micro-organisms	Twarogi pakowane w PA/PE Lactic acid cheeses packed in PA/PE	Twarogi pakowane w laminat Cryovac Lactic acid cheeses packed in Cryovac laminates
<i>Enterococcus sp. E</i>	$E=416070,8-51GKD-5,3G-0,3D-0,1PS+61281,7t$ $R^2=0,15$	$E=-5,4576,2+1099,4EC$ $R^2=0,84$
<i>Escherichia coli EC</i>	$EC=2290,284-0,007G-124,668t$ $R^2=0,16$	$EC=67,4979+0,00072E$ $R^2=0,84$
<i>Staphylococcus koagulazododatni GKD</i>	$GDK=516349-0,05GKU-0,0124G+0,0009D-0,002P-35,2936t-0,002E$ $R^2=0,23$	$GKD=0,1206GKU+0,0004D$ $R^2=0,35$
<i>Staphylococcus koagulazoujemny GKU</i>	$GKU=3449,269-0,227G+0,005D-0,004PS+1653,222t-0,003E-2,998GKD$ $R^2=0,29$	$GKU=-0,0009D+0,0035E+1,7097GKD$ $R^2=0,37$
Grzyby strzępkowe G Mould	$G=9790,041-0,004D+0,004PS+794,065t-0,004E-0,661EC-2,183GKD-0,066GKU$ $R^2=0,25$	$G=108,2066+0,662PS$ $R^2=0,60$
Drożdże D Yeast	$D=56806,8+59873$ $R^2=0,13$	$D=-141591-9PS+66550t-179EC+576GKD-102GKU-165G$ $R^2=0,58$
Psychrotrofy PS Psychrotrophs	$PS=578922,5-56393,1t-0,1E-85,9EC-71,6GKD-2,9GKU+10,3G+0,6D$ $R^2=0,16$	$PS=-1170,17+8,09G$ $R^2=0,61$

Objaśnienia: / Explanatory notes:

R^2 – współczynnik determinacji / R^2 - determination coefficient

Zależności między obecnymi w twarogach mikroorganizmami przedstawiono również za pomocą wielomianowych modeli powierzchni odpowiedzi. Uzyskane przykładowe równania wielomianowe drugiego stopnia (Second Order Polynomial) przedstawiono na rys. 1 i 2. Modele powierzchni odpowiedzi opisano równaniami wielomianowymi drugiego rzędu. Ten rodzaj równań charakteryzowały współczynniki determinacji $R^2 = 0,22$ w przypadku twarogów pakowanych w PA/PE (rys. 1) i $R^2 = 0,34$ odnoszący się do twarogów pochodzących z opakowań typu Cryovac (rys. 2). Tak więc uwzględnienie czasu przechowywania i interakcji między dwiema populacjami mikroorganizmów powodowało, że współczynniki determinacji tych równań były znacznie wyższe niż ich odpowiedników obliczonych na podstawie równań liniowych (rys. 1, 2; tab.1).



Objaśnienia: / Explanatory notes:

N - liczba drożdży [log jtk·g⁻¹] / count of yeast [log cfu·g⁻¹]

x - czas [dni] / period [days]

y - liczba *Enterococcus sp.* [log jtk·g⁻¹] / count of *Enterococcus sp.* [log cfu·g⁻¹]

R² - współczynnik determinacji / determination coefficient

Rys. 1. Wpływ *Enterococcus sp.* na wzrost drożdży w twarogach pakowanych w PA/PE

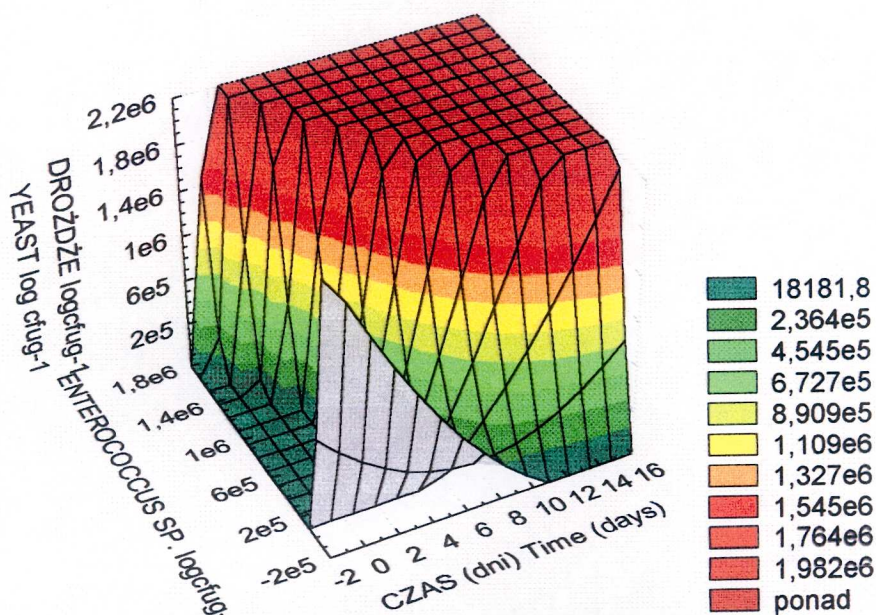
Fig. 1. Effect of *Enterococcus sp.* on the yeast growth in lactic acid cheeses packed in PA/PE

Wielomiany drugiego stopnia opisujące model powierzchni odpowiedzi uwzględniały jednak niewielką liczbę współzależności między mikroorganizmami produktu w danym czasie w porównaniu z wielomianami pierwszego stopnia zawartymi w tab. 1. i 2. Nie odzwierciedlało to wszystkich istotnych zmienności populacji mikroorganizmów obserwowanych w przechowywanych produktach. Zmienność populacji drożdży opisana za pomocą wielomianu stopnia pierwszego z wieloma niewiadomymi charakteryzował znacznie wyższy współczynnik determinacji $R^2 = 0,58$ w porównaniu ze współczynnikiem charakteryzującym model powierzchni odpowiedzi (tab. 2, rys. 1).

Stwierdzenie wpływu interakcji między drobnoustrojami na stopień dopasowania równań wielomianowych stanowiło podstawę do skonstruowania wieloparametrowego równania wielomianowego stopnia pierwszego, który uwzględniłby wszystkie zależności między mikroorganizmami występującymi w twarogu w danym czasie.

$$N = 6130,07 - 56176,8 \cdot x - 7,733 \cdot y + 8348,596 \cdot x^2 + 1,073 \cdot x \cdot y + 5,158 \cdot 10^{-6} \cdot y^2$$

$$R^2 = 0,3468$$



Objaśnienia: / Explanatory notes:

N - liczba drożdży [log jtk·g⁻¹] / count of yeast [log cfu·g⁻¹]

x - czas [dni] / period [days]

y - liczba *Enterococcus sp.* [log jtk·g⁻¹] / count of *Enterococcus sp.* [log cfu·g⁻¹]

R² - współczynnik determinacji / determination coefficient

Rys. 2. Wpływ *Enterococcus sp.* na wzrost drożdży w twarogach pakowanych w Cryovac

Fig. 2. Effect of *Enterococcus sp.* on the yeast growth in lactic acid cheeses packed with Cryovac

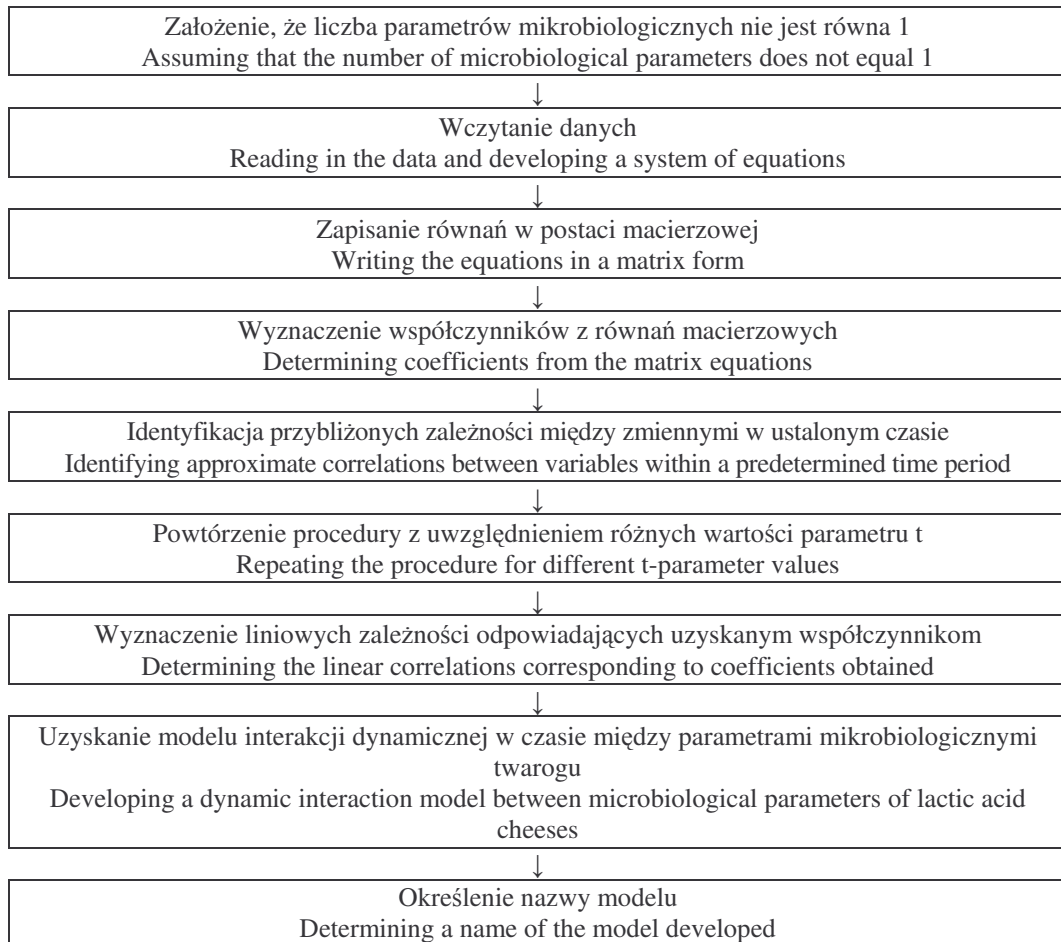
Na rys. 3. przedstawiono algorytm obliczania parametrów modelu matematycznego dynamicznej interakcji między parametrami mikrobiologicznymi twarogu. Zaproponowany algorytm umożliwił uzyskanie wielomianowego, dynamicznego w czasie t , $t \geq 0$, modelu zależności wielkości populacji jednego z parametrów $X_i(t)$, $i = 1, 2, \dots, m$, od pozostałych parametrów mikrobiologicznych (mikroorganizmów) o postaci:

$$X_i(t) = (\alpha_{i0} + \beta_{i0}t) + (\alpha_{i1} + \beta_{i1}t)X_1(t) + (\alpha_{i2} + \beta_{i2}t)X_2(t) + \Lambda + (\alpha_{ii-1} + \beta_{ii-1}t)X_{i-1}(t) + (\alpha_{ii+1} + \beta_{ii+1}t)X_{i+1}(t) + \Lambda + (\alpha_{im} + \beta_{im}t)X_m(t), \quad (1)$$

gdzie:

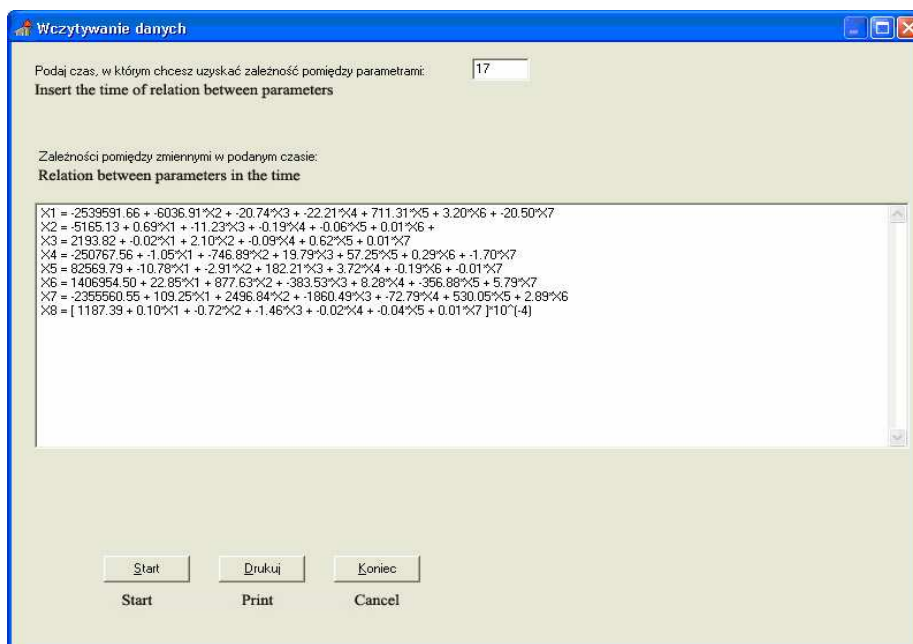
$X_i(t)$, $i = 1, 2, \dots, m$, są zmieniającymi się w czasie parametrami mikrobiologicznymi,

α_{ik} , β_{ik} , $i = 1, 2, \dots, m$, $k = 0, 1, \dots, m$, $k \neq i$ są nieznanymi współczynnikami, które wyznacza się za pomocą metody najmniejszych kwadratów.



Rys. 3. Algorytm wyznaczania parametrów modelu matematycznego dynamicznej interakcji między parametrami mikrobiologicznymi twarogu i opakowaniem.

Fig. 3. Algorithm for determining mathematical model parameters of the dynamic interaction between microbiological parameters of lactic acid cheeses and their packaging

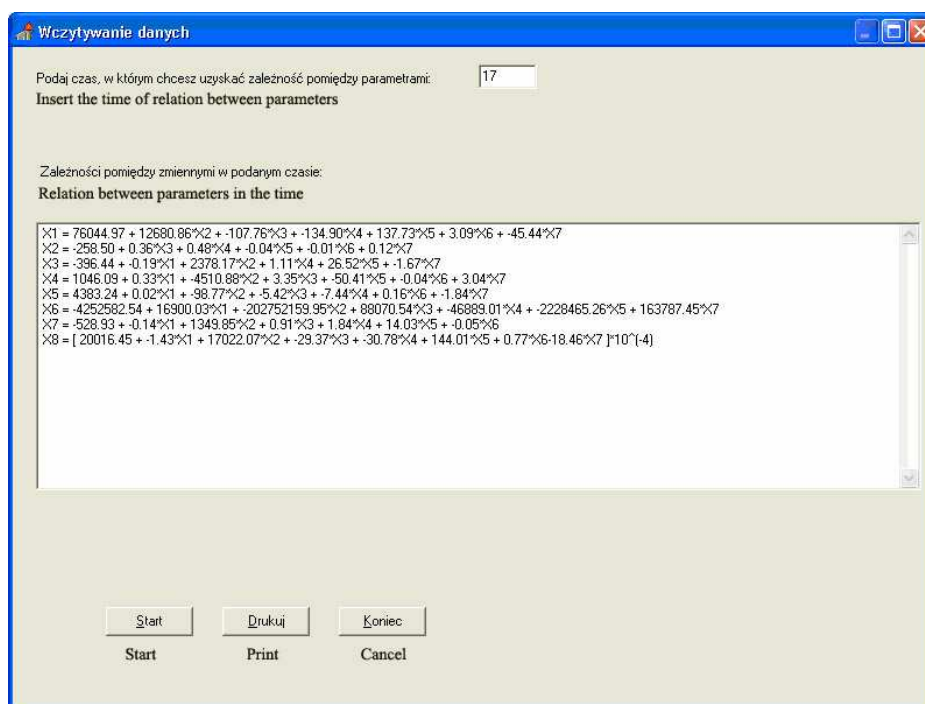


Rys. 4. Prognoza zmian mikroflory twarogów pakowanych w PA/PE po 17 dniach przechowywania.

Fig. 4. Prediction of changes of mikro-flora in packed with PA/PE lactic acid cheese after 17 days of storage.

Wielomian posłużył do skonstruowania programu komputerowego o nazwie TWAROGI JMTPH, uwzględniającego dynamiczne zmiany mikroorganizmów w czasie. Uzyskane za pomocą programu prognozy dotyczą zmienności parametrów mikrobiologicznych w czasie przechowywania chłodniczego produktów pakowanych systemem próżniowym i techniką obkurczania na produkcie. W celu sprawdzenia funkcjonowania programu na podstawie istniejących danych empirycznych przeprowadzono prognozowanie jakości mikrobiologicznej twarogów pakowanych w PA/PE i Cryovac po 17 dniach przechowywania chłodniczego (rys. 4 i 5). Stwierdzono istotne różnice między twarogami pakowanymi w PA/PE i laminat Cryovac zarówno w zakresie liczby parametrów koniecznych do oceny zmian, jak i wielości tych zmian. Uzyskane prognozy rozwoju mikroorganizmów w twarogach pakowanych w oba rodzaje opakowań różniły się w tym samym czasie między sobą wartościami wyrazów wolnych i wartościami stałych współczynników regresji, wskazującymi na odmienny przebieg procesów mikrobiologicznych. Na przykładzie oceny wielkości populacji gronkowców koagulazo-dodatnich po 17-dniowym przechowywaniu twarogów można było stwierdzić różnice między liczbą tych bakterii w twarogach w zależności od rodzaju opakowania. Liczba gronkowców w twarogach pakowanych próżniowo zmniejszyła się w tym czasie o 0,23 log jtk/g, podczas gdy liczba gronkowców w twarogach pakowanych w laminat Cryovac wzrosła o 2,95 log jtk/g w stosunku do wartości uzyskanych empirycznie po 14 dniach przechowywania. Skonstruowany na podstawie opisanego wyżej wielomianu

(równanie 1) prognostyczny program komputerowy pozwala na ocenę zmian mikrobiologicznych produktów przechowywanych chłodniczo w opakowaniach hermetycznych w dowolnym czasie.



Rys. 5. Prognoza zmian mikroflory twarogów pakowanych w Cryovac po 17 dniach przechowywania.

Fig. 5. Prediction of changes of mikro-flora in packed with Cryovac lactic acid cheese after 17 days of storage.

Wieloparametrowe modele do prognozowania jakości mikrobiologicznej produktów żywnościowych nie są powszechnie stosowane [1]. W Polsce, modele wielomianowe do oceny jakości produktów pochodzenia zwierzęcego proponowane były przez Kołożyn-Krajewską [9], Rosiak i Kołożyn-Krajewską [14] oraz Steinę [18]. Rosiak i Kołożyn-Krajewska [14] zastosowały równania wielomianowe drugiego i trzeciego stopnia do opisu modeli powierzchni odpowiedzi w celu oceny rozwoju mikroflory saprofitycznej w produktach mięsnych [14]. W prognozowaniu bezpieczeństwa produktów żywnościowych zastosowanie znajdują najczęściej modele matematyczne o niewielkiej liczbie parametrów. Jednak wadą tych modeli jest pomijanie wielu czynników środowiska odpowiedzialnych za dynamikę obserwowanych zmian. Dotychczas jednym z niewielu funkcjonujących liniowych modeli wieloparametrowych był model Reinharta i Mohaci-Farkas [9]. Wspomniany wyżej model uwzględniał wpływ czterech czynników środowiska na inaktywację bakterii chorobotwórczych.

Przedstawiona w niniejszej pracy ocena jakości twarogów pakowanych różnymi metodami dowodzi, że często pomijany w prognozowaniu element wzajemnych oddziaływań między drobnoustrojami może wywierać istotny wpływ na wynik prognozowania. Ten rodzaj współzależności dobrze opisują równania wielomianowe. Mimo ich wad mogą stanowić podstawowy opis matematyczny do konstrukcji trzeciorzędowego modelu prognostycznego. Jest to tym bardziej istotne, że w literaturze brak jest modeli związanych z prognozowaniem jakości twarogów. Jedyne modele matematyczne dotyczące serów niedojrzewających, to prognozy związane z czasem krojenia skrzepu cottage cheese [4], rozwojem populacji *Yersinia enterocolitica* w zależności od aktywności zakwasu w serach typu feta [3] oraz model zmian *Enterococcus sp.* i drożdży w twarogach [16, 17].

Opracowany program może więc stanowić uzupełnienie modeli prognostycznych związanych z oceną przeżywalności mikroorganizmów w produktach pochodzenia zwierzęcego i być przydatny w optymalizacji jakości twarogów pakowanych hermetycznie.

Wnioski

1. Równania wielomianowe pierwszego stopnia z wieloma niewiadomymi mogą być stosowane do prognozowania jakości hermetycznie pakowanych serów twarogowych.
2. Prognozowanie zmian mikrobiologicznych za pomocą opracowanego programu komputerowego może być zastosowane do oceny trwałości twarogów pakowanych hermetycznie w opakowania z tworzyw sztucznych.

Literatura

- [1] Baranyi J., Ross T., McMeekin T.A., Roberts T.A.: Effects of parametrization on the performance of empirical models used in predictive microbiology. *Food Microbiol.*, 1996, **13**, 83.
- [2] Bertola N., Bevilacqua A., Zaritzky N.: Rheological behaviour of white and cream cheese. *Int. Congress on Engineering and Food Technomic Publishing Company, Inc Lancaster* 2001, pp. 573.
- [3] Bozuskart H., Erkman O.: Predictive modeling of *Yersinia enterocolitica* inactivation in Turkish Feta during storage. *J. Food Eng.*, 2001, **47**, **2**, 81.
- [4] Crofchek C.L., Payne F.A., Nokes S.E.: Predicting the cutting of Cottage cheese using lightbackscatter measurements. *Transactions of ASAE*, 1999, **42** (4), 1039-1045.
- [5] 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.
- [6] Fu, B., Taoukis S., Labuza T.: Predictive microbiology for monitoring spoilage of dairy products with Time-Temperature Integrators. *J. Food Sci.*, 1991, **55**, 898.
- [7] Griffiths M.W., Phillips J.D.: Modelling the relation between bacterial growth and storage temperature in pasteurized milks of varying hygienic quality. *J. Sci. Dairy Technol.* 1988, **41** (4), 96-102.
- [8] Horwitz J., Normand M., Peleg M.: On modelling the irregular fluctuations in microbial counts. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 1999, **39** (6), 503-517.
- [9] Kołozyn-Krajewska D.: Higiena produkcji żywności. Wyd. SGGW. Warszawa 2003, p. 238.
- [10] PN-93/A-86034/03. Mleko i przetwory mleczarskie. Badania mikrobiologiczne. Przygotowanie próbek i rozcieńczeń.

- [11] PN-93/A-86034/07. Mleko i przetwory mleczarskie. Pleśnie i drożdże - oznaczanie liczby metodą płytkową w temperaturze 25°C.
- [12] PN-93/A-86034/06. Mleko i przetwory mleczarskie. Psychrotrofy - oznaczanie liczby metoda płytkową w temperaturze 7°C.
- [13] PN-93/A-86034/13. Mleko i przetwory mleczarskie. *Staphylococcus aureus* (gronkowce chorobotwórcze) - wykrywanie obecności, oznaczanie najbardziej prawdopodobnej liczby (NPL), oznaczanie liczby metodą płytkową.
- [14] Rosiak E., Kołożyn-Krajewska D.: Zastosowanie metod prognozowania mikrobiologicznego do modelowania wzrostu mikroflory saprofitycznej w produktach mięsnych utrwalonych lizozymem w formie dimeru. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2003, **4** (37), 5-25.
- [15] Steinka I., Stankiewicz J.: Ocena zmian mikrobiologicznych w twarogach pakowanych próżniowo w czasie ich przedłużonego przechowywania chłodniczego. *Mat. Konf. Nauk. „Zanieczyszczenia chemiczne i fizyczne żywności. Analiza ryzyka zdrowotnego”*. Warszawa 18-19 11. 1999, s. 195.
- [16] Steinka I., Kurlenda J.: Próba wyznaczenia wskaźników jakości twarogów pakowanych próżniowo i prognozowania ich zmian w czasie przechowywania. *Mat. Nauk. VIII Sesji „Postęp w technologii, technice i organizacji mleczarstwa”*. Olsztyn 21-22. 02. 2002, s. 43.
- [17] Steinka I.: Influence of the *Aloe vera* additive on the enterococci growth during lactic acid cheese, *Inter. Symp. on Enterococci in Food and Safety Aspects*. Berlin 30-31. 05. 2002, p. 77.
- [18] Steinka I.: Wpływ interakcji opakowanie-produkt na jakość mikrobiologiczną hermetycznie pakowanych serów twarogowych. *Wyd. Akademii Morskiej w Gdyni*. 2003, s. 1-135.

ASSESSING THE USEFULNESS OF POLYNOMIAL EQUATIONS FOR PREDICTING THE QUALITY OF HERMETICALLY PACKED LACTIC ACID CHEESES

S u m m a r y

The microbiological quality of hermetically packed lactic acid cheeses, found in the Polish market, often varies. Whilst assessing a correlation between the population size of micro-organisms occurring in lactic acid cheeses and their storage period under the refrigerating conditions, it was found that there was no linear correlation between those two factors.

When trying to apply models of the response surface, it was not possible to include all the correlations resulting from the hermetic storage of lactic acid cheeses, type of packaging, kind of packing system, and the initial microbiological contamination of products. The polynomial equations of the first order with many unknowns appeared the most useful to describe the changeability of populations in lactic acid cheeses. The possibility to apply a polynomial equation, describing a hyper-plane in m-dimensional space, to construct a predictive computer model was assessed. The developed predictive model of the third order allowed for assessing the changes in the quality of lactic acid cheeses during the storage period.

There was verified the way the polynomial investigated functioned, and it was found that the time-dynamic JMPHT model of assessing the microbiological quality of hermetically packed lactic acid cheeses could be practically applied to predict the stability of cheese products.

Key words: polynomial, model, micro-flora, lactic acid cheeses, computer software, predicting ☒