

TOMASZ SZABLEWSKI, RENATA CEGIELSKA-RADZIEJEWSKA, ANNA KACZMAREK,  
JACEK KIJOWSKI, JAN ZABIELSKI

Katedra Zarządzania Jakością Żywności  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

## PROGNOZOWANIE BEZPIECZNEGO OKRESU TRWAŁOŚCI FARSZU DO PRODUKCJI PASZTETU

**Streszczenie.** Celem pracy było szacowanie bezpiecznego okresu trwałości surowego farszu do produkcji sterylizowanych pasztetów drobiowych. Badania modelowe przeprowadzono w zakładzie mięsnym w rzeczywistych warunkach produkcji. Badano surowy farsz bezpośrednio po procesie kutowania. W ciągu 20 h po przygotowaniu farszu oceniano jego zapach i pH. Jednocześnie oznaczano ogólną liczbę bakterii mezofilnych i zawartość NaCl. Prognozy wybranych patogenów, tj.: *Escherichia coli* O157:H7, *Clostridium botulinum* i *Staphylococcus aureus*, wykonano z uwzględnieniem wyników przeprowadzonych oznaczeń. Szacowano czas trwania lagfazy, czas wzrostu jednej generacji i czas, po którym wybrane patogeny osiągają stacjonarną fazę wzrostu, przy założonym poziomie skażenia początkowego 1 jtk/g. Przygotowany farsz cechował się znacznym początkowym zanieczyszczeniem mikrobiologicznym: ponad  $5 \times 10^6$  jtk/g farszu przy pH 6,06. Pierwsze zmiany wskazujące na zepsucie zaobserwowano po 7 h przechowywania (pH 4,87), natomiast istotne zróżnicowanie pH pojawiło się już w 6. godzinie po produkcji przy pH 5,26, gdzie oznaczono  $2,9 \times 10^9$  jtk/g farszu. W badanym surowcu oznaczono średnio 1,54% NaCl. W wyniku przeprowadzonej symulacji wzrostu badanych patogenów, biorąc pod uwagę wybrane czynniki fizykochemiczne, stwierdzono, że bakterie mniej więcej po 8 h wchodziły w stacjonarną fazę wzrostu. Wykonane analizy jednoznacznie wskazują, iż badany farsz przechowywany w warunkach produkcyjnych powinien być sterylizowany najpóźniej po 6. godzinie przygotowania. W tym czasie, mimo znacznej ilości bakterii tlenowych, badane bakterie patogenne nie osiągają jeszcze stacjonarnej fazy wzrostu i nie wytwarzają termostabilnych toksyn.

**Słowa kluczowe:** farsz, pH, patogeny, prognozowanie mikrobiologiczne

### Wstęp

Pasztety należą do przetworów drobnorozdrobnionych, w których skład wchodzi głównie wątroba oraz inne surowce podrobowe, mięsne i tłuszczowe ze zwierząt rzeźnych lub też łownych, surowce uzupełniające niemięsne (np. izolaty białka sojowego,

blonniku i skrobi), przyprawy i ewentualnie dozwolone substancje dodatkowe. Niezależnie od użytych do produkcji składników, wytworzone wyroby podrobowe powinny spełniać wymagania dotyczące ich właściwości sensorycznych, składu chemicznego, a także określone wymagania mikrobiologiczne warunkujące bezpieczeństwo zdrowotne żywności (ROSIAK i KOŁOŻYŃ-KRAJEWSKA 2003, 2005).

Gwarancją wymaganej jakości pasztetów sterylizowanych jest odpowiednia jakość surowców użytych do ich produkcji oraz właściwie prowadzony proces technologiczny uwzględniający wszystkie zalecenia sanitarno-higieniczne. Trwałość i jakość mikrobiologiczna wszystkich wyrobów mięsnych zależy od bakteryjnego zanieczyszczenia surowca mięsnego, stopnia rozdrobnienia, ilości składników, higieny produkcji, warunków obróbki wstępnej: temperatury, czasu obróbki cieplnej, od aktywności wody, pH produktu, zastosowanego opakowania i sposobu przechowywania (DANYLUK i IN. 2004, CEGIELSKA-RADZIEJEWSKA i IN. 2008, PEŁCZYŃSKA i SZKUCIK 1993).

Rodzaj surowca wykorzystywanego do produkcji pasztetu, jego znaczne rozdrobnienie oraz wysoka temperatura w czasie kutrowania farszu sprzyjają rozwojowi mikroorganizmów, w tym bakterii patogennych, m.in. *Escherichia coli* O157:H7, *Clostridium botulinum* i *Staphylococcus aureus* (MICHALSKI i IN. 1993).

*Escherichia coli* jest częstą przyczyną biegunek. Enterotoksyczne szczepy tej bakterii wytwarzają dwie odmienne enterotoksyny: termostabilną (ST) i termolabilną (LT). Termostabilna enterotoksyna jest odporna na ogrzewanie w temperaturze 100°C przez 15 min, a termolabilna ulega denaturacji już w temperaturze 60°C. Większość szczepów enterotoksycznych wytwarza obie toksyny. Enterotoksyna, działając na śluzówkę jelit, w połączeniu z endotoksyną powoduje zapalenie jelit i objawy zatrucia. Toksyna wchłonięta do organizmu z przewodu pokarmowego może być przyczyną wystąpienia objawów ze strony układu nerwowego (RUSSEL i IN. 2000, CHEN i FRANKEL 2005).

Toksyna botulinowa jest jedną z najsilniejszych trucizn wytwarzanych przez przetrwalnikującą laseczki *C. botulinum*. Może być obecna w nieprawidłowo przetwarzanej, konserwowanej, lekko kwaśnej i słabo solonej żywności przetrzymywanej poza urządzeniami chłodniczymi, szczególnie w hermetycznych opakowaniach. Egzotoksyna syntetyzowana jest wewnątrz komórek, a dopiero po ich śmierci i autolizie uwalniana w kompleksie z hemaglutyniną (LALITHA i GAPAKUMAR 2001, JUNEJA i MARMER 1998).

Gronkowce niewytwarzające przetrwalników łatwo giną przy ogrzewaniu, natomiast enterotoksyna wytwarzana przez *Staphylococcus aureus* powodująca zatrucia pokarmowe jest odporna na ogrzewanie i nie jest niszczona ani w czasie gotowania, ani nawet w czasie pieczenia uprzednio zakażonych produktów. Enterotoksyna obecna w produkcie spożywczym nie zmienia zwykle jego smaku ani zapachu, jak również nie powoduje bombażu konserw. Enterotoksyny wytwarzane przez gronkowce A, B, C1, C2, D, E, F powodują najczęściej zatrucia pokarmowe jak również tzw. zespół wstrząsu toksycznego (MIWA i IN. 2001, SANDEL i MCKILLIP 2004).

Duża wartość pH pasztetu (> 4,6), w połączeniu ze stosunkowo dużą zawartością wody zmusza producentów do szybkiej sterylizacji farszu po procesie kutrowania, gdyż stosunkowo wysoka temperatura w przetwórni (ok. 20°C) sprzyja rozwojowi drobnoustrojów powodujących psucie, jak również rozwój bakterii patogennych. Pomimo że podczas sterylizacji drobnoustroje ulegają inaktywacji, toksyny bakteryjne produkowane przez niektóre bakterie mogą znosić warunki 121°C i podwyższonego ciśnienia i w ten sposób sprzyjać występowaniu zatruc pokarmowych.

Na potrzeby mikrobiologii prognostycznej opracowano wiele modeli i programów komputerowych opisujących wzrost mikroorganizmów patogennych w funkcji pH, zawartości NaCl oraz temperatury (KOŁOŻYŃ-KRAJEWSKA i JAROSIŃSKA-PIEŃKOWSKA 1999, McDONALD i SUN 1999). Dane literaturowe potwierdzają ich przydatność w określaniu ryzyka rozwoju mikroorganizmów w żywności (FUJIKAWA i KOKUBO 2000, GIFFEL i ZWIETERING 1999, McCLURE i IN. 1997, WALLS i SCOTT 1996, 1997). Dane dotyczące czasu, temperatury, pH, zawartości soli zbierane na bieżąco podczas produkcji w połączeniu z zastosowaniem metod mikrobiologii prognostycznej umożliwiają oszacowanie bezpiecznego okresu trwałości farszu przetrzymywanego w warunkach produkcyjnych nie poddanego procesowi sterylizacji.

## Material i metody

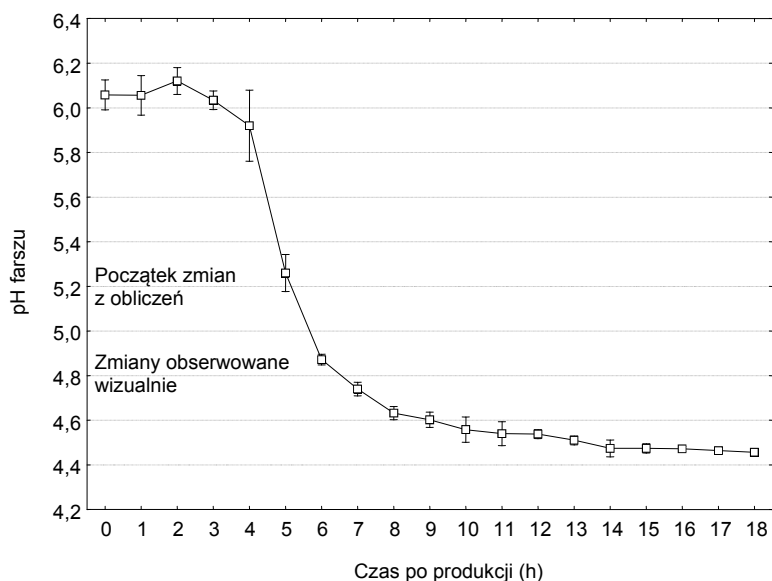
Badania modelowe prowadzono w rzeczywistych warunkach działania zakładu mięsnego na terenie Wielkopolski, w trakcie produkcji pasztetu sterylizowanego. Materiał badany stanowił surowy farsz o składzie zgodnym z PN-A-82007:1996 bezpośrednio po procesie kutowania, przetrzymywany w warunkach produkcyjnych. W ciągu 20 h od momentu przygotowania farszu w odstępach 1 h oceniano jego zapach i pH. Jednocześnie oznaczono ogólną liczbę bakterii mezofilnych klasyczną metodą zalewową agarem odżywczym (BTL) oraz zawartość NaCl metodą Mohra. Prognozowanie dla patogenów, tj.: *E. coli* O157:H7, *C. botulinum* i *S. aureus* z uwzględnieniem wyników przeprowadzonych oznaczeń przeprowadzono za pomocą programu Pathogen Modeling Program 6.1. Oszacowano czas trwania lagfazy, czas wzrostu jednej generacji i czas, po którym wybrane patogeny osiągnęły stacjonarną fazę wzrostu, przy założonym poziomie skażenia początkowego 1 jtk/g. Wszystkie wyniki badań poddano podstawowej analizie statystycznej, wykorzystując programy Statistica 6.0 i Microsoft Excel 2000.

## Wyniki i dyskusja

Wyraźne zmiany zapachu farszu wykazano po 7. godzinie przechowywania. Stwierdzono typowo kwaśny zapach, świadczący o rozpoczęciu psucia się farszu, związany prawdopodobnie z rozwojem bakterii kwasu mlekowego i produkcją przez nie lotnych metabolitów (HAMASAKI i IN. 2003, METAXOPOULOS i IN. 2002, NOWAK i KRYSIAK 2005). Należy jednak podkreślić, że zmiany świadczące o zepsuciu pojawiły się już wcześniej. Stwierdzono statystycznie istotny wpływ czasu przetrzymywania farszu po produkcji na jego pH (rys. 1).

Analiza danych pomiarowych pH farszu wskazuje, że istotny spadek pH nastąpił już po 6. godzinie przechowywania (tab. 1).

Obserwowane zmniejszenie się wartości pH świadczy o inicjacji procesów psucia się farszu wywołanych intensywnym wzrostem bakterii. Już po 5. godzinie przechowywania farszu liczba bakterii tlenowych kształtowała się na poziomie  $10^9$  jtk/g (rys. 2). Tak duża koncentracja bakterii spowodowała wydzielanie przez nie dużej ilości metabolitów zakwaszających środowisko, których efekt jest istotny dopiero po 6. godzinie przechowywania farszu.



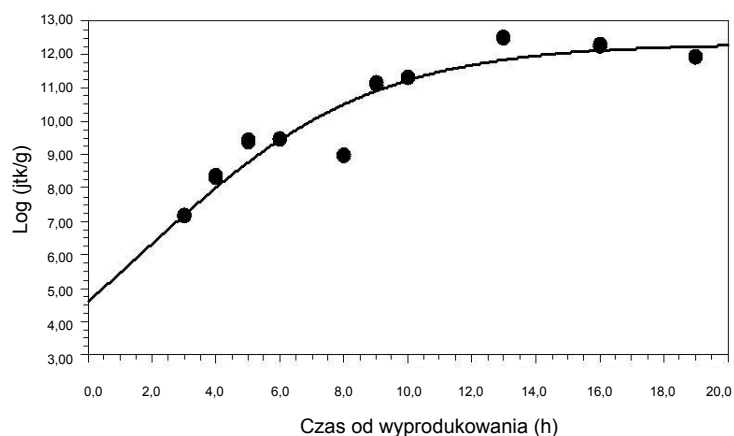
Rys. 1. Zmiany pH farszu w funkcji czasu (wartości średnie  $\pm$  przedziały ufności)  
 Fig. 1. Batter pH changes in time function (means  $\pm$  confidence intervals)

Tabela 1. Wyniki testu Scheffego istotności różnicowania średnich  
 Table 1. Significant differences between means based on Scheffe test

Czas po produkcji (h)	Średnia wartość pH	Odchylenie standardowe	Grupy nie różniące się istotnie statystycznie dla $p < 0,05$
1	2	3	4
0	6,06	0,05	AB
1	6,12	0,08	A
2	6,06	0,07	AB
3	6,12	0,05	A
4	6,03	0,03	AB
5	5,92	0,13	B
6	5,26	0,07	C
7	4,87	0,02	D
8	4,74	0,02	D
9	4,63	0,02	DE
10	4,60	0,03	DEF
11	4,56	0,05	EF
12	4,54	0,04	EF

Tabela 1 – cd. / Table 1 – cont.

1	2	3	4
13	4,54	0,02	EF
14	4,51	0,02	EF
15	4,47	0,03	EF
16	4,47	0,02	EF
17	4,47	0,01	EF
18	4,46	0,01	EF
19	4,46	0,01	F



Rys. 2. Zmiany ogólnej liczby bakterii w funkcji czasu  
 Fig. 2. Changes in the total count mesophilic bacteria in time function

Oznaczona liczba bakterii mezofilnych wskazuje na bardzo duże skażenie początkowe farszu: ponad 6,6 log (jtk/g), co świadczy o znacznym zanieczyszczeniu początkowym surowca wykorzystywanego do produkcji pasztetu (WYSŁOUCH i CEGIELSKA-RADZIEJEWSKA 2004). Okres lagfazy dla oznaczonych drobnoustrojów był bardzo krótki – nie dłuższy niż 1,3 h, natomiast po okresie lagfazy skażenie podwajało się średnio co 36 min. W najbardziej dynamicznej fazie wykładniczej szybkość wzrostu wyniosła 0,49 log (cfu/g) na godzinę (tab. 2).

Oszacowano również dynamikę wzrostu wybranych bakterii patogennych: *E. coli* O157:H7, *C. botulinum* i *S. aureus*. Prognozowanie wzrostu wykonano, biorąc pod uwagę optymalną temperaturę wzrostu bakterii 37°C, początkowe pH 6,1 i procentową zawartość NaCl w badanym farszu 1,54%. Wyznaczono czas trwania lagfazy (h), czas wzrostu jednej generacji (h) i czas, po którym bakterie osiągnęły stacjonarną fazę wzrostu (h).

Tabela 2. Parametry logistycznej krzywej wzrostu bakterii w funkcji czasu po produkcji  
 Table 2. The logistic curve bacterial growth parameters in time function after production

Parametr modelu	Model logistyczny wzrostu $\log jtk/g = A + C/(1 + \exp(-B(t - M)))$
A =	5,83072 +/- 0,613713
C =	6,58516 +/- 0,688595
B =	0,339971 +/- 0,049813
M =	5,73526 +/- 0,620758
t =	Czas po produkcji
	Szybkość wzrostu w fazie wykładniczej (1/h), 0,495301 +/- 0,067917
	<b>Lagfaza(h), 1,31809 +/- 0,861327</b>
	Maks. populacji (log jtk/ml) 12,4159 +/- 0,195759
	Czas jednej generacji (h), 0,607772 +/- 0,0300011
	$\log jtk/g = 5,83 + 6,58/(1 + \exp(-0,34(t - 5,73)))$
	Dopasowanie modelu: $R^2 = 0,9200$

W wyniku przeprowadzonej symulacji wzrostu badanych patogenów, biorąc pod uwagę wybrane czynniki fizyczno-chemiczne, stwierdzono, że najkrótszą spośród badanych patogenów lagfazę wykazuje *S. aureus*, a najkrótszym czasem generacji cechuje się *C. botulinum* (tab. 3). Wykazano, że do momentu zepsucia się farszu analizowane drobnoustroje nie osiągną fazy stacjonarnej wzrostu, dlatego niewielkie jest ryzyko tworzenia przez nie termostabilnych toksyn.

Tabela 3. Szacowanie parametrów wzrostu *Escherichia coli* O157:H7, *Clostridium botulinum* i *Staphylococcus aureus* w farszu

Table 3. Predicting of the growth parameter of *Escherichia coli* O157:H7, *Clostridium botulinum* and *Staphylococcus aureus* in batter

Patogen	Lagfaza (h)	Czas generacji (h)
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	2,1	0,4
<i>Clostridium botulinum</i>	2,2	0,2
<i>Staphylococcus aureus</i>	1,3	0,4

## Podsumowanie

Wykonane analizy jednoznacznie wskazują, iż w badanych warunkach modelowych farsz powinien być poddany sterylizacji najpóźniej po 6. godzinie od przygotowania.

## Literatura

- CEGIELSKA-RADZIEJEWSKA R., TYCNER B., KIJOWSKI J., ZABIELSKI J., SZABLEWSKI T., 2008. Quality and shelf life of chilled, pretreated map poultry meat products. *Bull. Vet. Inst. Puławy* 52, 4: 603-610.
- CHEN H., FRANKEL G., 2005. Enteropathogenic *Escherichia coli*: unravelling pathogenesis. *Microbiol. Rev.* 29: 83-98.
- DANYLUK B., GAJEWSKA-SZCZERBAL H., PYRCZ J., KOWALSKI R., 2004. Trwałość mikrobiologiczna wędlin pakowanych próżniowo. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 3, 2: 37-44.
- FUJIKAWA H., KOKUBO Y., 2000. Practical application of predictive microbiology software programs to HACCP plans. *J. Food Hyg. Soc. Japan* 42: 252-256.
- GIFFEL M.C., ZWIETERING M.H., 1999. Validation of predictive models describing the growth of *Listeria monocytogenes*. *Int. J. Food Microbiol.* 46: 135-149.
- HAMASAKI Y., AYAKI M., FUCHU H., SUGIYAMA M., MORITA H., 2003. Behavior of psychrotrophic lactic acid bacteria isolated from spoiling cooked meat products. *Appl. Environ. Microbiol.* 69, 6: 3668-3671.
- JUNEJA V.K., MARMER B.S., 1998. Thermal inactivation of *Clostridium perfringens* vegetative cells in ground beef and turkey as affected by sodium pyrophosphate. *Food Microbiol.* 15: 281-287.
- KOŁOŻYN-KRAJEWSKA D., JAROSIŃSKA-PIEŃKOWSKA M., 1999. Założenia, zasady i przyszłość prognozowania mikrobiologicznego. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 4, 21: 22-23.
- LALITHA K.V., GOPAKUMAR K., 2001. Growth and toxin production by *Clostridium botulinum* in fish (*Mugil cephalus*) and shrimp (*Penaeus indicus*) tissue homogenates stored under vacuum. *Food Microbiol.* 18: 651-657.
- MCCLURE P.J., BEAUMONT A.L., SHUTHERLAND J.P., ROBERTS T.A., 1997. Predictive modeling of growth of *Listeria monocytogenes*. The effects on growth of NaCl, pH, storage temperature and NaNO<sub>2</sub>. *Int. J. Food Microbiol.* 34: 221-232.
- MCDONALD K., SUN D., 1999. Predictive food microbiology for the meat industry: a review. *Int. J. Food Microbiol.* 52: 1-27.
- METAXOPOULOS J., MATARAGAS M., DROSINOS E.H., 2002. Microbial interaction in cooked cured meat products under vacuum or modified atmosphere at 4°C. *J. Appl. Microbiol.* 93: 363-373.
- MICHALSKI M., WOJTOŃ B., WOJCIECHOWSKI J., 1993. *Bacillus subtilis* oraz enterokoki jako mikroflora konserw mięsnych. *Med. Wet.* 49: 89-90.
- MIWA N., KAWAMURA A., MASUDA T., AKIJAMA M., 2001. An outbreak of food poisoning due to egg yolk reaction-negative *Staphylococcus aureus*. *Food Microbiol.* 64: 361-366.
- NOWAK A., KRYSIAK E., 2005. Predominant microflora of vacuum-packed frankfurters. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 14, 55: 91-94.
- PELCZYŃSKA E., SZKUCIK K., 1993. Zmienność zanieczyszczenia bakteryjnego w produkcji kiełbas. *Med. Wet.* 49: 214-215.
- PN-A-82007:1996. Przetwory mięsne. Wędliny. PKN, Warszawa.
- ROSIAK E., KOŁOŻYN-KRAJEWSKA D., 2003. Zastosowanie metod prognozowania mikrobiologicznego do określania rozwoju mikroflory saprofitycznej w produktach mięsnych utrwalonych lizozymem w formie monomeru. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 3, 36: 5-20.
- ROSIAK E., KOŁOŻYN-KRAJEWSKA D., 2005. Modele wzrostu bakterii *Pseudomonas* w produktach gotowych do spożycia. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 3, 44, Supl.: 191-206.
- RUSSEL J.B., DIEZ-GONZALEZ F., JARVIS G.N., 2000. Potential effect of cattle diets on the transmission of pathogenic *Escherichia coli* to humans. *Microb. Inf.* 2: 45-53.
- SANDEL M.K., MCKILLIP J.L., 2004. Virulence and recovery of *Staphylococcus aureus* relevant to the food industry using improvements on traditional approaches. *Food Control* 15: 5-10.
- WALLS I., SCOTT V.N., 1996. Validation of predictive mathematical models describing growth of *Escherichia coli* O157:H7 in raw ground beef. *J. Food Prot.* 59: 1331-1335.
- WALLS I., SCOTT V.N., 1997. Validation of predictive mathematical models describing the growth of *Listeria monocytogenes*. *J. Food Prot.* 60: 1142-1145.

WYSŁOUCH W., CEGIELSKA-RADZIEJEWSKA R., 2004. Zasady sanitarne i weterynaryjne w produkcji mięsa i przetworów drobiowych. W: *Mięso i przetwory drobiowe. Technologia, higiena, jakość.* Red. T. Grabowski, J. Kijowski. WN-T, Warszawa: 507-535.

## THE APPLICATION OF PREDICTION TO DETERMINE STABILITY OF BATTER FOR THE PRODUCTION OF LIVER PATE

**Summary.** The aim of the study was to estimate the safe period of stability for raw batter for the production of sterilized poultry liver pate. Analyses were conducted in a selected meat processing plant, under current production conditions. The tested material consisted of raw batter immediately after the chopping process, stored under production conditions. Within 20 h after batter preparation its aroma and pH were evaluated. At the same time total count of mesophilous bacteria was determined using the classical flooding method according to Koch and the content of NaCl was determined according to Mohr. Predictions of selected pathogens, i.e. *Escherichia coli* O157:H7, *Clostridium botulinum* and *Staphylococcus aureus*, taking into consideration results of determinations, were calculated using the Pathogen Modeling Program 6.1. The duration of lag phase, growth time of one generation as well as the time after which selected pathogens reached the stationary growth phase were estimated at the assumed level of initial contamination of 1 cfu/g. Prepared batter was characterized by a high initial microbiological contamination of over  $5 \times 10^6$  cfu/g of batter at pH 6.06. First symptoms of decay were observed after 7 h of storage (pH 4.87), while a significant variation in pH occurred as early as 6 h after production at pH 5.26, where  $2.9 \times 10^9$  cfu/g of batter was recorded. In the analysed material on average 1.54% NaCl was detected. As a result of the conducted simulation of growth of the analysed pathogens, in view of the selected physico-chemical parameters it was found that bacteria reached the stationary growth phase on average after 8 h. Conducted analyses clearly show that the analysed batter stored under production conditions should be sterilized not later than after 6 h of storage. In that time, despite the considerable amounts of aerobic bacteria, the analysed pathogenic bacteria did not reach the stationary growth phase, thus there is no threat that the bacteria could produce thermostable toxins.

**Key words:** liver pate, pH, pathogens, predictive microbiology

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

Tomasz Szablewski, Katedra Zarządzania Jakością Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 31/33, 60-624 Poznań, Poland, e-mail: [tszablew@up.poznan.pl](mailto:tszablew@up.poznan.pl)

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print:*  
29.09.2009

*Do cytowania – For citation:*

Szablewski T., Cegielska-Radziejewska R., Kaczmarek A., Kijowski J., Zabielski J., 2009. Prognozowanie bezpiecznego okresu trwałości farszu do produkcji pasztetu. *Nauka Przyr. Technol.* 3, 4, #124.